

**PROJETO DE GRADUAÇÃO**

**Indústria 4.0 – Implicações de um novo contexto  
da produção**

Por,  
**Patrick Mota**  
120131706

Brasília, 30 de julho de 2018.

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

## PROJETO DE GRADUAÇÃO

# **Indústria 4.0 – Implicações de um novo contexto da produção para as organizações**

Por,

**Patrick Mota**  
**120131706**

Relatório submetido como requisito parcial para  
obtenção do grau de Engenheiro de Produção

### **Banca Examinadora**

Prof. Ari Melo Mariano, Ph.D. -UnB/  
EPR(Orientador)

---

Profa. Dra. Simone Borges Simão Monteiro,  
UnB/EPR (Co Orientadora)

---

Prof. Dr. Suélio da Silva Araújo- UnB/EPR

---

Brasília, 30 de julho de 2018.

*“Não é o crítico que interessa; não é aquele que aponta onde o homem forte tropeça, ou como aquele que age poderia ter feito melhor. O crédito pertence ao homem que está de fato na arena, cujo o rosto está maltratado pela poeira, pelo suor e pelo sangue; que luta com coragem; que erra, que quase consegue de novo e de novo, porque não existe esforço sem erros e falhas; mas que realmente se esforça para realizar as obras; que alcança os grandes júbilos, as grandes devoções; que se consome em uma causa digna; que, na melhor das hipóteses, conhece por fim o triunfo das grandes realizações, e que, na pior, se fracassar, pelo menos fracassará ousando grandemente, de forma que seu lugar nunca será junto às almas frias e tímidas que não conhecem a vitória nem a derrota”.*

**Teddy Roosevelt (1910)**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais, Marta e Emerson, que ao longo desta caminhada me apoiaram nos momentos bons e ruins, sempre acreditando, incentivando e não medindo esforços para que eu pudesse realizar este sonho, e aos meus irmãos, Arthur Tatagiba e Sofia Tatagiba, por terem desfrutado deste ciclo comigo.

Um agradecimento especial para a minha avó/mãe, Dede, que me cuidou e teve o empenho de me ensinar o caminho certo a seguir. À minha namorada Allice Lyzandra, por ter sido tão companheira, forte e compreensível, sendo meu porto seguro nos momentos mais difíceis, foram 7 anos até agora de muito amor, espero que se prologuem por a toda vida. E ao meu padrasto, tio Rô, por toda paciência e atenção em ler e corrigir todos os meus trabalhos e artigos acadêmicos.

Agradeço aos meus velhos e bons amigos, Ana Pinheiro, David Moysés, Felipe Gomes, Gabriel Samsoniuk, Hannah Luisa, Larissa Ferreira, Lucas Brito, Luiz Fillipe, Victor Matias, Wesley Brito e Yasser Libaino por toda amizade. Agradeço também aos meus colegas de curso e amigos que fiz nesta caminhada, sem vocês os PSP's e as provas teriam sido bem mais "cinzas".

Não poderia esquecer de agradecer também ao meu Orientador, Professor Ari Melo Mariano, e a minha Co-orientadora, Professora Simone Borges Simão Monteiro, que confiaram no meu trabalho, me ajudando pacientemente nos momentos de dificuldade e mostrando o caminho a seguir. Muito obrigado por todo apoio, atenção e amizade.

---

## RESUMO

Compreender a Indústria 4.0 é entender os elementos que a compõe, assim como aqueles pilares para seu bom funcionamento. Mas, visto que uma vez exista as dificuldades e implicações envolvidas no processo de preparação para esse cenário 4.0, torna-se fundamental conhecer suas implicações. Com isso, este trabalho tem como objetivo propor um modelo de adoção de fatores incrementais para preparação das organizações para a Indústria 4.0. Realizou-se uma pesquisa exploratória, que foi dividida em duas partes: a primeira, consta de uma revisão profunda da literatura, efetuada por meio da metodologia TEMAC, e a segunda parte, consiste no emprego de uma entrevista semiestruturada, frente ao corpo docente do curso de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília, sobre a Indústria 4.0, que foi submetida a uma análise textual por meio da ferramenta IRaMuTeQ. Dessa forma, foi possível propor um modelo integrador da Indústria 4.0 com a Logística do Conhecimento e a Logística.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0, Logística do conhecimento, Logística, TEMAC e IRaMuTeQ.

---

## ABSTRACT

Understanding Industry 4.0 is to understand the elements that make it up, as well as those pillars for its proper functioning. But once the difficulties and implications involved in the preparation process for this scenario 4.0 become known, it becomes crucial to know the implications. Therefore, this paper aims to propose a model of adoption of incremental factors for the preparation of organizations for the Industry 4.0. An exploratory research was carried out, which was divided into two parts: the first one consists of an in-depth review of the literature, using the TEMAC methodology, and the second part consists of the use of a semi-structured interview, in front of the faculty of the Production Engineering course at the University of Brasilia, on Industry 4.0, which was submitted to a textual analysis through the IRaMuTeQ tool. In this way, it was possible to propose an integrating model of Industry 4.0 with Knowledge Logistics and Logistics.

**Keywords:** Industry 4.0, Logistics of Knowledge, Logistic, TEMAC and IRaMuTeQ.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
1.1. PROBLEMA DA PESQUISA .....	14
1.2. JUSTIFICATIVA.....	14
1.3. OBJETIVOS.....	15
1.3.1. Objetivo Geral .....	15
1.3.2. Objetivos específicos .....	15
1.4. ESTRUTURA DOS CAPÍTULOS .....	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	17
2.1. Logística.....	17
2.1.1. Fatores que influenciam no sucesso da Logística.....	19
2.1.1.1. Nível de Serviço.....	19
2.1.1.2. Sistema de Informação.....	19
2.1.1.3. Gestão de Estoques .....	19
2.1.1.4. Transporte .....	20
2.1.1.5. Localização .....	20
2.2. Logística do Conhecimento.....	21
2.2.1. Fatores que influenciam no sucesso da Logística do Conhecimento .....	25
2.2.1.1. Visão Sistêmica.....	25
2.2.1.2. Intelligent Support Systems .....	26
2.2.1.3. Orientação por processos .....	26
2.3. Indústria 4.0.....	27
2.3.1. Fatores que influenciam no sucesso da Indústria 4.0 .....	32
2.3.1.1. Sistemas Ciber-Físicos (CPS).....	32
2.3.1.2. Internet das Coisas (IoT).....	32
2.3.1.3. Big Data e Analytics .....	32
2.3.1.4. Computação em Nuvem.....	33
2.3.1.5. Segurança Digital.....	33
2.3.1.6. Robótica Avançada .....	34
2.3.1.7. Manufatura Aditiva.....	34
2.3.1.8. Simulação ou Manufatura Digital .....	35
2.3.1.9. Fábricas Inteligentes .....	35
3. METODOLOGIA .....	37
4. REVISÃO DA LITERATURA COM ENFOQUE META-ANALÍTICO .....	42
4.1. FUNDAMENTOS E AVANÇOS DO ENFOQUE META-ANALÍTICO .....	42
4.2. IMPLEMENTANDO O TEMAC .....	44
4.2.1. Preparação da pesquisa.....	44
4.2.2. TEMAC - Logística do Conhecimento.....	46

4.2.3.	TEMAC - Logística .....	53
4.2.4.	TEMAC - Indústria 4.0.....	60
4.2.5.	TEMAC – Perspectiva Integradora .....	67
5.	RESULTADOS E ANÁLISES .....	69
5.1.	Quadro integrador via TEMAC.....	69
5.2.	Entrevista Semiestruturada.....	76
5.2.1.	Estatística Textual Clássica .....	76
5.2.2.	Classificação Hierárquica Descendente (CHD) .....	77
5.2.3.	Análise Fatorial Confirmatória (AFC) .....	82
5.2.4.	Análise de Similitude .....	84
5.3.	Aplicações práticas – Modelo Proposto .....	86
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS, LIMITAÇÕES E FUTURAS LINHAS DE PESQUISA.....	90
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
	APÊNDICES .....	98
	APÊNDICE I – Transcrição das entrevistas .....	98
	ANEXOS.....	112

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Quadro conceitual de suporte à informação .....	24
Figura 2 - Evolução dos sistemas até a perspectiva da Logística do Conhecimento .....	25
Figura 3 - Linha do tempo das revoluções industriais .....	29
Figura 4 - Panorama geral da Logística, Logística do Conhecimento e Indústria 4.0 .....	36
Figura 5 - Os nove pilares da Indústria 4.0 .....	39
Figura 6 - O modelo TEMAC conforme Mariano & Rocha (2017) .....	43
Figura 7- Modelo preliminar de integração da Logística do Conhecimento, Logística e Indústria 4.0.....	44
Figura 8 - Evolução dos temas ano a ano.....	45
Figura 9 - Panorama geral da categorização dos documentos do campo da logística do conhecimento .....	47
Figura 10 - Perspectiva geral das palavras-chaves da Logística do Conhecimento.....	48
Figura 11 - Diagrama de rede representando Co-Citation do campo da Logística do Conhecimento.....	49
Figura 12 - Mapa de calor representando a Co-Citation do campo da Logística do Conhecimento.....	49
Figura 13 - Mapa de calor representando Coupling do campo da Logística do Conhecimento ..	50
Figura 14 - Mapa de calor representando as principais palavras-chave do campo da Logística do Conhecimento.....	52
Figura 15 - Diagrama de rede de palavras-chave do campo da Logística do Conhecimento .....	53
Figura 16 - Panorama geral da categorização dos documentos do campo da logística .....	54
Figura 17 - Perspectiva geral das palavras-chaves da Logística .....	55
Figura 18 - Diagrama de rede representando Co-Citation do campo da Logística .....	56
Figura 19 - Mapa de calor representando a Co-Citation do campo da Logística.....	57
Figura 20 - Mapa de calor representando Coupling do campo da Logística.....	58
Figura 21 - Diagrama de rede de palavras-chave do campo da Logística do Conhecimento .....	59
Figura 22 - Panorama geral da categorização dos documentos do campo da indústria 4.0 .....	61
Figura 23 - Perspectiva geral das palavras-chaves da indústria 4.0 .....	62
Figura 24 - Diagrama de rede representando Co-Citation da Indústria 4.0 .....	63
Figura 25 - Mapa de calor representando a Co-Citation do campo da Indústria 4.0 .....	64
Figura 26 - Mapa de calor representando Coupling do campo da Indústria 4.0 .....	64
Figura 27 - Mapa de calor representando as principais palavras-chave do campo da Indústria 4.0.....	66
Figura 28 - Diagrama de rede de palavras-chave do campo da Indústria 4.0 .....	67
Figura 29 - Análise de redes sobre as palavras-chaves do SCM, indústria 4.0 e KL .....	68
Figura 30 - Diagrama de Zipf.....	76
Figura 31 - Classes de Palavras por frequência e qui-quadrados.....	78
Figura 32 - Análise Fatorial Confirmatória.....	83
Figura 33 - Grafo de Similitude .....	85



## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Fatores que influenciam no sucesso da Indústria 4.0.....	71
---	----

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Strings de pesquisa e seus resultados .....	45
--	----

## 1. INTRODUÇÃO

Apesar dos avanços tecnológicos e da integração em rede das informações, muitas organizações ainda encontram dificuldades em avançar em seu modelo de negócio, baseado no uso da tecnologia e informação apenas como apoio. Laurindo et al., (2001) verificou que a aplicação da Tecnologia da Informação (TI) vem evoluindo dentro das organizações, saindo do básico suporte administrativo para assumir um papel estratégico. Essa nova função estratégica da TI vem se disseminando nas empresas de forma mais consolidada, começando desde o apoio a tomada de decisões em um nível mais estratégico e avançando na integração de processos e máquinas em toda organização.

Monteiro e Bezerra (2003) verificaram que as empresas que optaram pela aplicação de Sistemas de Informação (SI) em suas cadeias de suprimento tiveram uma maior integração em toda sua rede, desde o alinhamento e execução da estratégia até a automação integrada dos processos produtivos, culminando com isso, em uma maior vantagem competitiva frente a concorrência.

No momento atual, a implementação das tecnologias de informação no *Supply Chain* vem evoluindo de tal maneira que está convergindo para uma nova revolução industrial, conhecida como indústria 4.0. Segundo Vogel-Heuser e Hess (2016), a Indústria 4.0 é derivada do termo alemão: *Industrie 4.0*, e surgiu em 2011 na Feira de Hannover como sinônimo de Sistemas de Produção Ciberfísica (CPPS).

Um fator que vem sendo destaque nessa nova revolução industrial são os modelos tecnológicos de produção inovadora, conhecidos como *smart factories*, que se conectam e se associam por meio de sistemas virtuais e físicos que são articulados à redes e plataformas digitais com amplitude global, resultando assim em cadeias de alto valor, revolucionárias e inovadoras.

A indústria 4.0 está pautada basicamente em 9 pilares centrais: *Cyber-Physical Systems (CPS)*, *Internet of Things (IOT)*, *Additive Manufacturing*, *Digital Manufacture (Simulation)*, *Smart Factory*, *Big Data e Analytics*, *Cloud Computing*, *Digital Security e Advanced Robotics* (Sistemas Ciberfísico, Internet das Coisas, Manufatura Aditiva, Manufatura Digital ou Simulação, Fabricas Inteligentes, Análise de Grandes quantidades de Dados, Computação em Nuvem, Segurança Digital e Robótica Avançada). Atualmente, as organizações convivem em um cenário de conexão imediata de ambiente, máquina e ser humano, intercambiando informações em tempo real com todos os *stakeholders* envolvidos, gerando grande quantidade de dados, que são processados em nuvem e que garantem a segurança e confiabilidade das informações processadas.

Mas, embora seja crescente o uso do termo Indústria 4.0 (DELOITTE, 2015; HERMANN, 2016; DRATH e HORCH, 2014), Lasi, et al (2014), alerta que seu uso inclui uma série de

mudanças na cultura e estrutura organizacional, principalmente da TI nos sistemas de produção. Vale ressaltar que essas mudanças não têm apenas implicações organizacionais técnicas, mas também múltiplas, inclusive no que tange ao campo da gestão do conhecimento em toda a organização.

Um dos aspectos de maior mudança está relacionado a Logística, visto que a “Logística é a parte dos processos da cadeia de suprimentos que planeja, implementa e controla o fluxo e estocagem de bens, serviços e informações correlatas, desde o ponto de origem até o ponto de consumo” (PIRES, 2004, p. 58). E segundo Novaes (2016) é objetivo da logística tornar disponíveis produtos e serviços no local e no momento que são demandados, de forma que atingir um bom nível logístico significa satisfazer o cliente pelo menor custo total possível. Mas, devido ao surgimento da internet, e com ele o *e-commerce*, a distribuição dos produtos e serviços se tornou mais complexa e dinâmica, principalmente no tocante da comunicação e integração dos elos da cadeia de suprimentos.

Outro fator importante, segundo Fischer (2001), é o papel da gestão do conhecimento nos processos organizacionais. Fleury e Fleury (1995) explicam que é por meio do processo de aprendizagem e de gestão do conhecimento que as organizações podem desenvolver as competências necessárias para a realização de sua estratégia competitiva.

Deste modo, o processo de avance organizacional para o que se chama de Indústria 4.0, implica em uma série de ações prévias que garanta que a empresa esteja preparada para seu uso. Smirnov et al. (2003), explica que o intercâmbio intensivo de conhecimento entre os participantes do ambiente de informação global, juntamente com uma grande quantidade de fontes de informação distribuídas em uma infinidade de banco de dados e nos mais variados formatos, culminou no surgimento de uma nova direção no gerenciamento do conhecimento, chamada de logística do conhecimento.

Com isso, pode-se dizer que a gestão do conhecimento juntamente com as tecnologias da informação, são responsáveis em possibilitar a integração dos processos e a fluidez da informação por toda organização, impactando intrinsecamente na evolução sistemática dos dados em conhecimento e gerando otimização do emprego dos recursos em toda cadeia. Assim pode-se perceber que falar de Indústria 4.0, é envolver uma série de temas, com uma atenção especial para a Logística, Wu et al. (2013), Hofmann e Rüsç (2016) e Hompel (2016), e a Logística do Conhecimento, Smirnov et al. (2003) e Dustdar (2004).

## 1.1. PROBLEMA DA PESQUISA

Entender a Indústria 4.0 é assimilar os elementos que a compõe, de sobremodo, alcançar os pilares mais elementares, que antecedem estes elementos, garantirá o sucesso das organizações neste novo paradigma industrial. Embora, a era 4.0 possa parecer distante para algumas organizações, existem impactos já na preparação, afetando indústrias em etapas anteriores. Assim, torna-se importantes conhecer estes efeitos. Deste modo, esta pesquisa visa responder:

- Quais as implicações da Indústria 4.0 para o contexto da Produção?

## 1.2. JUSTIFICATIVA

Dado o alto nível de complexidade do atual cenário de uma nova revolução industrial, em que todas as coisas estão conectadas ao mesmo tempo, as organizações estão buscando cada vez mais por metodologias, tecnologias e ferramentas capazes de manter a integridade da informação e seu acesso imediato. No mundo inteiro, um dos temas mais comentados do momento é a indústria 4.0, conhecida também como: *Internet of things* – IOT (Internet das Coisas), Quarta Revolução Industrial, Manufatura Avançada e ou Segunda Era das Maquinas. Esse novo conceito vem impactando fortemente as economias do globo, e não somente em termos financeiros, mas também na forma como se interage com o mundo. Segundo Schwab (2016), inicia-se uma revolução que alterará profundamente a maneira como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos.

Schwab (2016), adicionalmente, afirma que o conhecimento compartilhado passa a ser especialmente decisivo para se moldar um futuro coletivo que reflita valores e objetivos comuns. Dessa maneira, visto a importância do assunto, esse trabalho se faz de extrema relevância ao tratar o tema dentro de uma perspectiva de gestão do conhecimento e de competências no âmbito do *Supply Chain* nessa nova transição para quarta revolução industrial.

Nessa mesma linha, é visto que será de grande valia para a área de engenharia de produção considerando que far-se-á necessário compreender de forma mais abrangente a velocidade e amplitude dessa nova revolução já que ela afeta todos os *stakeholders* da sociedade global – governos, empresas, universidades e sociedade civil – onde estes devem trabalhar juntos para melhor entender as tendências emergentes.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. Objetivo Geral**

Sugerir um modelo de adoção de fatores incrementais para preparação das organizações para a Indústria 4.0.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

A fim de alcançar o objetivo geral, foi necessário dividi-lo em objetivos menores ou específicos:

- Realizar um levantamento bibliográfico da literatura sobre: Logística do Conhecimento, Logística Tradicional e Indústria 4.0;
- Analisar como estes três conceitos se correlacionam;
- Encontrar os fatores que influenciam na alta performance e as abordagens teóricas proeminentes nessas três perspectivas;
- Levantar a percepção dos professores pesquisadores do curso de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília sobre a Indústria 4.0;
- Comparar as contribuições da Literatura com a Percepção dos professores pesquisadores do curso de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília;
- Propor um modelo integrador da Indústria 4.0 estruturado no levantamento sistêmico da literatura juntamente com a percepção dos professores pesquisadores do curso de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília;

## **1.4. ESTRUTURA DOS CAPÍTULOS**

Este capítulo teve o intuito de introduzir a temática abordada e apontar a problemática, justificativa e os objetivos de pesquisa. O próximo capítulo, que é o capítulo 2, consiste no referencial teórico sobre: Logística do Conhecimento, Logística e Indústria 4.0 e os fatores que influenciam no sucesso de cada um destes campos. E em seguida, no capítulo 3, é apresentado a metodologia empregada no trabalho, de forma que vale ressaltar que ele foi dividido em duas etapas, a primeira foi a de empenhar o TEMAC, que serviu para alimentar a segunda parte, que consistiu em uma entrevista semiestruturada frente ao corpo docente do departamento de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília, visando confirmar e aprofundar as informações levantadas pela primeira etapa, por meio de uma análise de dados textuais utilizando o software IRaMuTeQ. No capítulo 4 é apresentado a Teoria do Enfoque Meta Analítico

Consolidado -TEMAC. E o capítulo 5 apresenta os resultados encontrados pelo TEMAC, a análise textual realizada sobre as entrevistas semiestruturadas, por meio do IRaMuTeQ, e o modelo integrador proposto. E por fim, no capítulo 6, são realizadas as considerações finais e levantadas algumas possíveis linhas de pesquisa para o futuro.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Logística

“Logística é a parte dos processos da cadeia de suprimentos que planeja, implementa e controla o fluxo e estocagem de bens, serviços e informações correlatas, desde o ponto de origem até o ponto de consumo” (PIRES, 2004, p. 58). Segundo Novaes (2016) é objetivo da logística tornar disponíveis produtos e serviços no local e no momento que são demandados, de forma que atingir um bom nível logístico significa satisfazer o cliente pelo menor custo total possível.

Nessa mesma linha Ballou (2009) afirma que a logística é a parte mais tangível da rede de suprimentos, nela visualizam-se inúmeros processos capazes de otimizar resultados e criar vantagens competitivas, eliminando o gap entre a produção e a demanda.

Vale ressaltar que uma perspectiva de cadeia de suprimento significa “definir a operação no contexto de todas as outras operações com as quais interage, algumas das quais são seus fornecedores e outras, seus clientes” (SLACK, CHAMBERS e JOHNSON, 2009, p.145). E a orientação para a cadeia de suprimentos ocorre quando uma empresa nota as vantagens em manter um relacionamento mais profundo com outros integrantes da cadeia de suprimentos e foca seu esforço nessa estratégia de forma a gerar melhorias nos resultados da empresa, (MIGUEL e BRITO, 2009). E que o aumento do colaborativismo e a integração em rede no mundo, levaram as empresas uma noção de pertencimento às cadeias de suprimentos em rede. (CHEN e PAULRAJ, 2004).

Atualmente é perceptível que as condições de mercado estão mais complexas e dinâmicas. Segundo Hvolby e Trienekens (2002), com as exigências dos clientes para um menor tempo de entrega e produtos contendo mais informações e personalização as empresas estão buscando se adaptar com mais flexibilidade e originalidade, formando mais alianças com seus fornecedores e parceiros, de forma a efetivar o sucesso de oferecer produtos diferenciados no menor tempo, ao menor custo e com a melhor qualidade possível.

Nessa perspectiva e com base nos estudos de Bowersox (2001), Ballou (2009) e Novaes (2016), pode se afirmar que são evidentes as grandes mudanças sofridas no enfoque da logística nas organizações. A visão tradicional da logística, que antes era tida somente como operacional, onde se detinham grandes estoques, *lead time* longo, foco nos custos e uma concorrência baixa, evoluiu para um nível estratégico, com estoques mínimos, *lead time* curto, visão integrada da cadeia de suprimentos e foco nos níveis de serviços frente ao cliente.

Beamon (1998) já afirmava que a cadeia de suprimentos pode ser definida como o processo integrado em que os fornecedores, fabricantes e varejistas, entidades empresariais, fazem de forma conjunta um esforço para obter a matéria-prima, transformar em algum produto específico e

fornecer os produtos aos varejistas e distribuidores. Nessa mesma linha, Novaes (2016) afirma que a gestão da cadeia de suprimentos busca gerir a interconexão de todos os agentes com as quais existe interação, de maneira a ir além das fronteiras da corporação, e partir para a integração dos processos e do alinhamento dos procedimentos, buscando o bem comum ao aumentar o nível de serviço frente ao consumidor final e com isso a efetivação do lucro para toda cadeia.

Para Wanga, Huangb e Dismukes (2003), a finalidade das organizações é atender efetivamente as necessidades do cliente. Com isso, o objetivo principal da gestão da cadeia de suprimentos é desenvolver uma rede de relacionamentos colaborativa entre os membros da cadeia, de forma que o cliente final tenha sua expectativa atendida, além do aumento da qualidade, de atendimento consistente e da diminuição de custos, (MIGUEL e BRITO, 2009).

Embora a cadeia de suprimentos esteja composta por uma série de componentes de negócios, a própria cadeia é vista como uma única entidade, (BEAMON, 1998). E conforme Ballou (2009), a atuação do gestor logístico deve incluir decisões táticas frente aos meios de transporte a serem utilizados, *lead time* dos processos, entregas de materiais, níveis de estoque, rotas internas e externas. O planejamento, organização e controle efetivo das atividades de movimentação, seja ela de recebimento, movimentação interna ou expedição, são atividades essenciais que visam facilitar o fluxo de produtos e de informações em toda cadeia de suprimentos. Portanto, para que uma cadeia de suprimentos tenha sucesso no seu funcionamento, é necessário desenvolver uma estratégia efetiva (FISHER, 1997).

O Supply Chain Management (SCM) tem sido um componente importante da estratégia competitiva para melhorar a produtividade e a lucratividade organizacional (GUNASEKARAN, PATEL e MCGAUGHEY, 2004). Lee e Billington (1992) reconhecem que para maximizar a eficiência, todos da rede precisam desejar o mesmo objetivo de forma conjunta e alinhada. Gunasekarana, Patel e Mcgaugheyc (2004) constaram que todos os membros que fazem parte da cadeia de suprimentos devem se comprometer com as metas, com a satisfação do cliente e com a competitividade.

Mas com o advento do *Supply Chain*, a complexidade da gestão da informação aumentou, necessitando assim de sistema de informação mais robustos, visto que este se mostra como fator preponderante para interligação, integração e comunicação entre todos os agentes envolvidos na cadeia, desde de os fornecedores primários até o cliente final. Com isso o tópico 2.2 objetiva tratar de como a logística juntamente com a necessidade de gestão da informação e da tecnologia da informação evoluíram até chegar a logística do conhecimento, mas antes disso é importante pontuar os fatores preponderantes da logística, tema tratado a seguir.

## **2.1.1. Fatores que influenciam no sucesso da Logística**

### **2.1.1.1. Nível de Serviço**

Serviço, ou serviço ao cliente, é um termo de grande alcance, incluindo elementos que vão desde a disponibilidade do produto/mercadoria até a manutenção pós-venda. “Na ótica da logística, serviço ao cliente é o resultado de todas as atividades logísticas ou dos processos da cadeia de suprimentos” (BALLOU, 2009, p. 93). Com isso, as operações do ambiente logístico definem o nível de serviço oferecido ao cliente. Ainda segundo Ballou (2009), estabelecer um bom nível dos serviços é indispensável para o cumprimento da rentabilidade da empresa.

De acordo com o trabalho de Prater e Whitehead (2013, apud NOVAES, 2016, p. 108) as métricas adequadas para estabelecer o nível de serviço voltado ao cliente são: Confiabilidade (que consiste na correção no faturamento do serviço ou/e na elaboração do pedido, o cumprimento dos prazos e o respeito ao prometido); Qualidade da resposta (que se estrutura nos compromissos devidamente respeitados, no retorno dos contatos dentro do prazo acordado e na confirmação dos pedidos no prazo combinado); Imagem (que é definido pelo preparo adequado, treinamento, honestidade e ética dos empregados, além da reputação da empresa); Empatia (que seria a customização e individualização dos serviços, a interface pessoal entre funcionário e cliente e as respostas corretas aos clientes); Tangíveis (seria a aparência dos empregados, das instalações e dos equipamentos e instrumentos utilizados).

### **2.1.1.2. Sistema de Informação**

Segundo Nazário (1999), o fluxo de informações é um elemento de grande importância nas operações logísticas. E Gunasekarana, Patel e Mcgaugheyc (2004) afirmam que o emprego de um adequado sistema de gerenciamento da cadeia de suprimentos resultará no aperfeiçoamento de uma cadeia de suprimentos integrada e mais completa, onde a troca de informações com os fornecedores pode criar oportunidades de otimização no processo, ajudando a diminuir o tempo de espera e melhorando o desempenho (LEE, KWON e SEVERANCE, 2007). “Em que o SCM utiliza a tecnologia da informação para apoiar e controlar as relações entre alguns dos principais processos empresariais de uma empresa e de seus fornecedores, clientes e parceiros comerciais” (O'BRIEN e MARAKAS, 2013, p. 274).

### **2.1.1.3. Gestão de Estoques**

“Estoques são acumulações de matérias-primas, suprimentos, componentes, materiais em processo e produtos acabados que surgem em numerosos pontos do canal de produção e logística

das empresas” (BALLOU, 2009, p. 271). O custo de manutenção dos estoques pode representar de 20 a 40% do seu valor por ano. Por este motivo, gerenciar efetivamente os níveis de estoque é o mais sensato, economicamente, a se fazer. E apesar de muitas críticas sobre estoque, ele se faz indispensável na prática, visto que ele é de fundamental importância para mitigação dos riscos envolvidos, tanto no suprimento quanto na distribuição, tendo como função principal manter o nível de serviço e a fluidez dos processos, não somente na produção, mas em toda cadeia de suprimentos.

#### **2.1.1.4. Transporte**

De acordo com Ballou (2009), o transporte é o elemento mais notável em termos de custos logísticos para inúmeras empresas. Dentre as atividades logísticas, a que absorve o maior percentual dos custos é o transporte. Com isso, “um sistema de transportes eficiente e barato contribuiu para intensificar a competitividade no mercado, aumentar as economias de escala na produção e reduzir os preços dos produtos em geral” (BALLOU, 2009, p. 150). Ballou (2009) ainda aponta que a variedade dos serviços de transporte é quase limitada, girando em torno de cinco modais básicos (hidroviário, ferroviário, rodoviário, aeroviário e dutoviário) que podem ser usados em combinação para um melhor equilíbrio entre qualidade e custo. Além da questão da escolha dos modais, a roteirização e programação dos veículos é outro fator preponderante na tomada de decisão dentro do âmbito do transporte, já que estes dois campos tratam da busca por aumentar a eficiência por meio da otimização do emprego dos recursos, tanto de pessoal quanto de equipamento e combustível, diminuindo com isso os custos logísticos.

#### **2.1.1.5. Localização**

Localizar instalações fixas ao longo da rede da cadeia de suprimentos é um importante problema de decisão que dá forma, estrutura e contornos ao conjunto completo dessa cadeia. Essa formulação define as alternativas, juntamente com os custos e níveis de investimento a elas associados, usadas para operar o sistema (BALLOU, 2009). Ainda de acordo com Ballou (2009) as decisões sobre localização rodeiam a definição da quantidade, local e proporções das instalações a serem usadas. Como os investimentos com instalações são muito altos e seus retornos tendem a ser a longo prazo, a tomada de decisão para a definição de localização das instalações se torna um dos fatores mais impactantes para o sucesso efetivo das estratégias logísticas.

## 2.2. Logística do Conhecimento

De acordo com Novaes (2016) atualmente percebe-se uma dinâmica, até então, nunca observada na oferta de produtos. Se por um lado, os produtos vêm sendo aprimorados ao longo do tempo, introduzindo novos componentes e tecnologias, numa urgência cada vez maior, por outro, um mesmo tipo de produto geralmente traz um grande leque de variações, como sabor, tamanho, componentes, qualidade e preço. Fisher, (1997) já afirmava que é preciso levar em conta a capacidade de determinar a natureza da demanda dos produtos, além do ciclo de vida, a variedade dos produtos e a padronização dos prazos e serviços.

Nessa perspectiva, Franceschini (2016) ressalta que é crucial a logística acompanhar a inteligência da fábrica, para que não existam falhas no processo produtivo, e que essa inteligência se estenda para o mercado, pois a indústria e a logística estão trocando informações sobre produção e abastecimento conforme a variação da demanda. Ainda segundo Novaes (2016) esse dinamismo, que vai se intensificando ao longo do tempo, causa uma intensa necessidade de informações em toda a cadeia. Com isso, a logística tem um papel crucial no processo de disseminação da informação em toda *Supply Chain*, sendo este um fator crucial para maior integração estratégica dos elos da cadeia, de forma a aumentar a competitividade e o nível de serviço frente ao cliente.

Segundo Nepomuceno (2016), toda essa integração logística, desde os processos produtivos, exposição do produto ao cliente, até a maneira de como o produto será entregue, se tornou uma necessidade para acompanhar os players do mercado, devido aos processos logísticos cada vez mais rápidos com a inserção das compras digitais, e clientes mais exigentes. Isso mostra a necessidade de uma maior integração e comunicação para troca de informação, não apenas entre os departamentos, mas agora em todas as partes envolvidas, desde os fornecedores até o cliente final.

Senge (1990) já apontava que à medida que o mundo se torna mais interligado e os negócios mais complexos e dinâmicos, as atividades precisam se firmar em profundidade com à informação. Mas, pela primeira vez na história, a humanidade tem alcançado a capacidade de criar muito mais informação do que o homem pode analisar, de gerar uma interdependência muito maior do que o homem pode gerenciar e de acelerar as mudanças com uma velocidade muito maior do que o homem pode acompanhar. Ainda de acordo com Senge (1990), os gerentes atualmente não se deparam mais com a falta de informação, agora o grande problema é o excesso dela, de maneira que precisamos encontrar maneiras de distinguir o que é relevante do que não é, identificando as variáveis nas quais deve-se focar e desempenhar recursos.

Por este ângulo, Provost e Fawcett (2013) retratam que com grandes quantidades de dados

disponíveis, as empresas em quase todos os setores estão focadas em explorá-los para obter vantagem competitiva. E Turban *et. al* (2009) afirmam que a tomada de decisão melhor, mais rápida e informada é uma obrigação competitiva, em que os gerentes precisam das informações certas na hora certa e no lugar certo. Entretanto, vale salientar que:

No passado, as empresas podiam contratar equipes de estatísticos, modeladores e analistas para explorar manualmente os conjuntos de dados, mas seu volume e variedade superaram muito a capacidade da análise manual. Ao mesmo tempo, os computadores se tornaram muito mais poderosos, a comunicação em rede é onipresente, e foram desenvolvidos algoritmos que podem conectar conjuntos de dados para permitir análises muito mais amplas e profundas do que antes (PROVOST e FAWCETT, 2013, p.1).

Com isso, ainda segundo Provost e Fawcett (2013), os últimos anos foi marcado por grandes investimentos em infraestrutura de tecnologia da informação que objetivam melhorar a capacidade de coletar e analisar dados em toda a empresa. Nesta ocasião, praticamente todos as vertentes dos negócios estão abertas para a coleta de dados, e muitas vezes até instrumentados para isso. Além do mais, eles afirmam ainda que a informação também está amplamente disponível em eventos externos, como tendências de mercado, notícias industriais e os movimentos dos concorrentes. Essa vasta disponibilidade de dados ocasionou o aumento do interesse das organizações por métodos de extração de informação útil e de conhecimento a partir dos dados.

No entanto, conforme O'Brien e Marakas (2013), o sucesso do processo de transformar dados em informação requer o alinhamento com as necessidades da gestão da cadeia de suprimentos (SCM), onde, fundamentalmente, de acordo com Ballou (2009), a logística ajuda as organizações a terem o produto certo, no lugar certo e na hora certa, além de ter a quantidade adequada por um custo aceitável. Então, “o objetivo do SCM é o de administrar esse processo de forma eficiente por previsão de demanda, controle de estoque, aprimoramento da rede de relacionamentos da empresa com clientes, fornecedores, distribuidores e outros, e receber *feedback* sobre o status de cada elo da cadeia de suprimentos” (O'BRIEN e MARAKAS, 2013, p. 274).

Como visto no tópico 2.1.1.2. Os Sistema de Informação, e ressaltando que a utilização de um bom sistema de gerenciamento da cadeia de suprimentos proporcionará melhorias no planejamento, no controle interno e externo, e de forma geral, resultará em uma cadeia de suprimentos mais integrada e dinâmica, com um maior nível competitivo (GUNASEKARANA, PATEL e MCGAUGHEYC, 2004), e que a troca de informações com os fornecedores pode criar oportunidades de otimização no processo, ajudando a diminuir o tempo de espera e melhorando o desempenho (LEE, KWON e SEVERANCE, 2007), é cada mais evidente a importância da gestão da informação, ainda mais no nível de conhecimento, juntamente com a tecnologia da informação

para o sucesso da logística como todo.

O'Brien e Marakas (2013) afirma que muitas empresas estão atualmente se voltando para as tecnologias de informação com o intuito de alavancar a eficiência de seus processos, em toda cadeia logística, tomada de decisão e fluxos de informação. Em que a oportunidade de fusão de cada sistema interno da organização com os dos fornecedores, parceiros e clientes, força uma maior integração dos processos da cadeia de suprimentos entre as empresas, melhorando com isso o desempenho tanto da produção quanto da distribuição. Os autores definem que:

A gestão da cadeia de suprimentos (SCM) é interempresarial e interfuncional, e utiliza a tecnologia da informação para apoiar e controlar as relações entre alguns dos principais processos empresariais de uma empresa e de seus fornecedores, clientes e parceiros comerciais. Sua finalidade é criar uma rede de baixo custo, ágil e eficiente de relações empresárias, ou de cadeia de suprimentos, envolvendo os produtos de uma companhia desde a concepção de algum item até sua colocação no mercado. (O'BRIEN e MARAKAS, 2013, p. 274)

O sistema de intercâmbio eletrônico de dados (*electronic data interchange* – EDI), segundo O'Brien e Marakas (2013), foi um dos primeiros recursos de tecnologia da informação utilizados na gestão da cadeia de suprimentos e envolve documentos de transações comerciais, pela internet e outras redes, entre todos os *stakeholder* envolvidos na cadeia – organizações, seus clientes e fornecedores, de forma a gerar documentos padronizados, facilitando os trâmites burocráticos, fomentando a automatização dos processos e o fluxo de troca de informações e de conhecimento em toda cadeia de suprimentos.

Mas Smirnov et al. (2003), explica que o intercâmbio intensivo de conhecimento entre os participantes do ambiente de informação global, juntamente com uma grande quantidade de fontes de informação distribuídas em uma infinidade de banco de dados nos mais variados formatos, culminou no surgimento de uma nova direção no gerenciamento do conhecimento, chamada de logística do conhecimento.

Para Smirnov et al. (2003) a logística do conhecimento está baseada em requisitos individuais do usuário, fontes de conhecimento disponíveis (*Available Knowledge Sources* - KSS) e análise de situação no ambiente da informação. Assim, sistemas de suporte inteligentes (*Intelligent Support Systems*), ou sistemas de apoio à decisão, que operam neste contexto, devem reagir dinamicamente às necessidades e mudanças imprevistas, suportando as rápidas operações e gerando entregas efetivas de informações aos usuários, sempre de maneira personalizada. Mas, ainda de acordo com Smirnov et al. (2003), para que isso seja possível, é necessária uma abordagem eficiente e robusta para a construção destes sistemas de apoio à decisão. A Figura 1 apresenta as etapas do processo de transformação da informação.



Figura 1 - Quadro conceitual de suporte à informação  
Fonte: Adaptado de Smirnov (2003).

Para Davenport e Prusak (1998, apud CARBONE et. al, 2009, p.80) o conhecimento é decorrente da informação, que por sua vez, deriva de um conjunto de dados. Segundo estes autores, os dados são series de fatos ou eventos isolados, são registros sem significado inerente, que se transformam em informações ao adquirirem significado. Já as informações são dados que, percebidos pelos tomadores de decisão, têm relevância, propósito e causam impacto em seu julgamento ou comportamento. Conforme Carbone (2009), o conhecimento pode ser visto como um conjunto de informações reconhecidas e integradas pelas pessoas dentro de uma organização. Já o entendimento pleno, ou sabedoria, segundo Smirnov et al. (2003), seria a fusão dos conhecimentos adquiridos, que consistiria no ciclo de a partir de vários conhecimentos gerar novos conhecimentos de forma holística e sistemática.

A sistematização do *know-how* de uma corporação em um Sistema Inteligente (SI) torna-se mais ágil e efetivo o processo de tomada de decisão de uma empresa, fazendo assim que ela responda com rapidez e alto padrão de qualidade às demandas do mercado. Além de dinamizar o fluxo de trabalho da empresa, SIs também asseguram a preservação e padronização dos processos de decisão envolvidos no negócio, uma vez que as razões pelas quais as decisões foram e são tomadas ficam formalmente documentadas em suas Bases de Conhecimento. (REZENDE, 2003)

Então, como pilar de apoio para a logística do conhecimento a orientação por processos se faz necessária para a mitigação dos riscos e incertezas gerados nesse cenário cada vez mais conectado e dinâmico. Segundo Baldam, Valle e Rozenfeld (2014) a atmosfera global de atuação das organizações exige integração, dinâmica, flexibilidade e inovação em todos os envolvidos no *Supply Chain*, e os processos se apresentam como um elemento central para suportar as tensões

impostas pelo ambiente competitivo.

Dessa forma, a Figura 2 representa um panorama geral da evolução dos sistemas de informação relacionados com as etapas de transformação dos dados até chegar na Logística do Conhecimento, onde é destacado a importância da visão sistêmica e da orientação por processos para a sustentação da Logística do Conhecimento, de maneira que estes fatores serão melhor abordados no tópico seguinte.

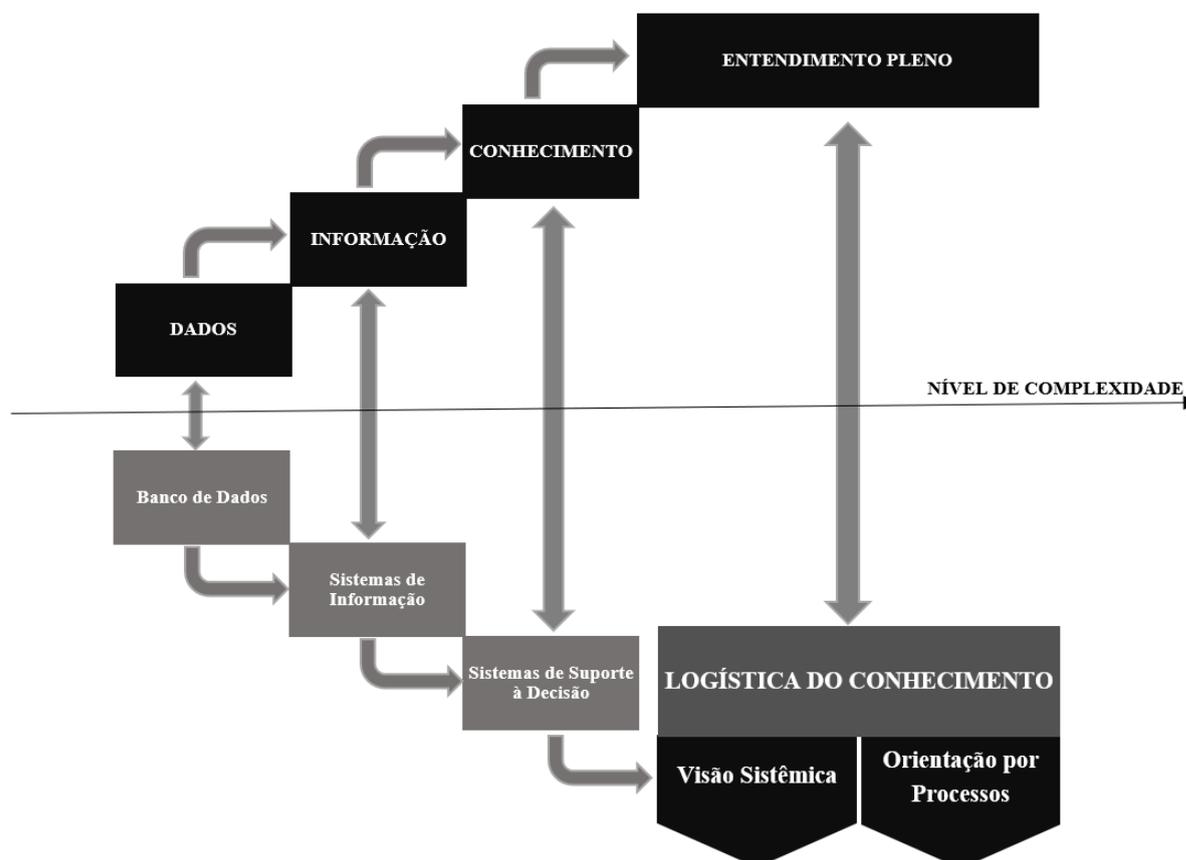


Figura 2 - Evolução dos sistemas até a perspectiva da Logística do Conhecimento  
Fonte: Autoria própria.

## 2.2.1. Fatores que influenciam no sucesso da Logística do Conhecimento

### 2.2.1.1. Visão Sistêmica

Este é o pilar que trata da perspectiva de gestão sistêmica do conhecimento, no seu elo mais fundamental do entendimento pleno, que segundo Senge (1990), seria uma disciplina para ver o todo. É um quadro referencial para ver o inter-relacionamentos, ao invés de apenas eventos ou dados, para ver os padrões de mudança, a causa raiz dos problemas ou das oportunidades. “O pensamento sistêmico é mais necessário do que nunca, pois nos tornamos cada vez mais desamparados diante de tanta complexidade” (SENGE, 1990, p. 99).

### **2.2.1.2. Intelligent Support Systems**

Os Sistemas Inteligentes apresentam-se como uma alternativa para tornar explícito e disponível o conhecimento de um domínio proporcionando um diferencial competitivo a quem possuí-lo (REZENDE, 2003, p. 51). Ainda de acordo com Rezende (2003) os sistemas inteligentes de apoio à decisão são bem diferentes dos sistemas tradicionais, por serem capazes de manipular variáveis bem próximas da realidade, de maneira a trabalhar efetivamente com o conhecimento. Um Sistema Baseado em Conhecimento (SBC) é um SI com foco no processo simbólico, isto é, existe um modelo simbólico racional capaz de gerar explicações sobre a linha de raciocínio por trás de cada uma de suas decisões. O desenvolvimento de Sistemas Inteligentes utiliza as principais técnicas de Inteligência Artificial, como: Aquisição de Conhecimento, Aprendizagem de Máquinas, Redes Neurais, Lógica *Fuzzy*, Computação Evolutiva, Agentes Bayesianas e Algoritmos Genéticos.

### **2.2.1.3. Orientação por processos**

A orientação por processos faz com que a organização trabalhe com todas as dimensões do empreendimento, empenhando esforços para obter vantagens competitivas. Ao adotar esta estratégia, as organizações devem empreender recursos para melhoria e otimização contínua dos processos de negócio da empresa (BALDAM, VALLE e ROZENFELD, 2014). Conforme o Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (PMBOK), o gerenciamento de processos é um conceito que foca na otimização dos resultados das organizações por meio da melhoria dos processos usuais exercidos pela empresa em questão. E de acordo com o BPM CBOK (2009), a Gestão de Processos é uma abordagem disciplinada para identificar, projetar, executar, medir, monitorar e controlar processos de negócios para alcançar resultados alinhados aos objetivos estratégicos da organização, envolvendo formas de agregar valor, melhorias e inovações, levando a uma melhoria do desempenho e dos resultados do negócio. Com isso, a orientação por processos é um dos pilares fundamentais para a logística do conhecimento.

Portanto, a evolução da Logística para o *Supply Chain* aumentou o grau de complexidade na gestão da informação e no uso da tecnologia da informação, cominando assim para advento da Logística do Conhecimento. Porém, a evolução dos conceitos de gestão de cadeia de suprimentos ainda continua intensamente, com base na adaptação das cadeias as novas tendências e inovações tecnológicas, principalmente no âmbito da informação e automação, e com o uso extensivo e intensivo das tecnologias habilitadoras. De maneira que estamos presenciando o que muitos estudiosos e governos estão chamando de uma 4ª revolução industrial, em que o mundo produtivo

caminha para um estágio avançado de desenvolvimento organizacional e administração da cadeia de valor, quebrando paradigmas entre a forma centralizada e descentralizada da produção e revertendo a lógica do processo produtivo, tema este que será abordado no tópico 2.3, visto a seguir.

### 2.3. Indústria 4.0

Nos primórdios de nossa civilização, a produção era predominantemente artesã, de maneira que o operário detinha um conhecimento altamente especializado e domínio de todas as ferramentas necessárias para execução de suas atividades, onde todo *know-how* era passado de geração a geração. Mas dado ao desenvolvimento natural de nossa sociedade, que desencadeou no aumento expressivo da demanda por produtos e o surgimento de novos concorrentes, forçou os artesões a compartilharem suas oficinas, insumos, conhecimento e competências com o intuito de aumentar sua capacidade de produção e manter sua participação de mercado. Além disso:

O produtor artesanal lança mão de trabalhadores altamente qualificados e ferramentas simples, mas flexíveis, para produzir exatamente o que o consumidor deseja: um item de cada vez. Móveis sob encomenda, trabalhos de arte decorativa e alguns poucos e exóticos carros esportivos constituem exemplos atuais. Todos nós adoramos a ideia da produção artesanal, mas seu problema é óbvio: bens produzidos pelo método artesanal [...] custam caro demais para a maioria de nós. (WOMACK, 2004, p. 7)

Schwab (2016) define a palavra “revolução” como mudança abrupta e radical. As revoluções têm ocorrido quando novas tecnologias e novas formas de compreender o ambiente ao nosso redor provocam uma transformação intensa nas estruturas sociais e nos sistemas econômicos.

A primeira revolução industrial se constituiu em um conjunto de mudança que ocorreram nos séculos XVIII e XIX, com o início da utilização do carvão como força motriz, substituindo as produções artesanais pelos processos produtivos mecanizados. De acordo com Schwab (2016) um dos principais fatores para o surgimento da primeira revolução industrial se deu pela construção das ferrovias e pela invenção da máquina a vapor.

A segunda revolução industrial surgiu entre o final do século XIX e início do século XX, advindo da eletricidade e da linha de montagem, que convergiram para o método de produção em massa, que segundo Womack:

O produtor em massa utiliza profissionais excessivamente especializados para projetar produtos manufaturados por trabalhadores semi ou não-qualificados, utilizando máquinas dispendiosas e especializadas em uma única tarefa. Essas "cospem" produtos padronizados em altíssimos volumes. Por ser a maquinaria tão cara e pouco versátil, o produtor em massa adiciona várias folgas - suprimentos adicionais, trabalhadores extras e espaço extra - para assegurar a continuidade da produção. Por ser a mudança para um novo produto tão dispendiosa, o produtor em massa mantém os modelos padrão em produção o

maior tempo possível. O resultado: o consumidor obtém preços mais baixos, mas à custa da variedade, e com métodos de trabalho que muitos trabalhadores julgam monótonos e sem sentido. (WOMACK, 2004, p. 8)

Já terceira revolução começou em meados da década de 60, e é conhecida como a revolução digital ou da informação, pois foi impulsionada, segundo Schwab (2016), pelo desenvolvimento dos semicondutores, da computação em *mainframe* - em 1960, da computação pessoal - em 1970/1980 e do uso intensificado da internet no início da década de 90. Outro fator de destaque, de acordo com Womack (2004), foi a utilização do sistema Toyota de produção na manufatura, que ficou conhecido como produção enxuta, manufatura enxuta ou *lean manufacture*.

Mas o desenvolvimento acelerado das tecnologias digitais, como: a internet que está mais ubíqua e móvel, os sensores que estão menores, mais potentes e baratos e o surgimento da inteligência artificial e aprendizagem de máquinas, estão causando rupturas à terceira revolução industrial, que de acordo com Brynjolfsson e McAfee (2014), estas tecnologias estão se tornando mais sofisticadas e integradas e, conseqüentemente, transformando a sociedade e a economia global. Eles afirmam ainda que o mundo está em um ponto de inflexão em que o efeito dessas tecnologias irá se manifestar com “força total” por meio da automação e de “coisas sem precedentes”. Evidenciando o surgimento de uma nova revolução industrial.

Schwab (2016), afirma que a quarta revolução industrial transforma basicamente os três pilares - físico, digital e biológico - tendo impacto na economia, negócios, sociedade, indivíduo e governo. E diferentemente das revoluções industriais que ocorreram ao longo da história e que foram diagnosticadas anos após seu acontecimento, a quarta revolução industrial é a primeira em que seus conceitos, impactos e resultados são mensurados ao mesmo tempo em que ela ocorre, sendo prevista como tendência para um modelo de produção industrial (HERMANN, 2016).

E da mesma maneira que a mecanização, eletrificação e informatização marcaram as três últimas revoluções industriais, respectivamente, a digitalização, é a palavra chave que define a quarta revolução industrial. Maslarić, Nikoličić e Mirčetić (2016) evidenciaram a digitalização como a palavra do século, onde ela está presente em todos os segmentos da sociedade atual, desde a produção até as relações sociais. Azevedo (2017) afirma que a transformação digital é parte de um grande processo tecnológico e está intrinsecamente ligado à aplicação da tecnologia digital em todos os aspectos sociais.

Mas, ao se tratar de transformação digital é importante destacar, que segundo Khan (2016), não existe até então uma definição clara e amplamente aceita na literatura, resultando em uma grande confusão entre os conceitos digital, digitalização e transformação digital. O termo digital está ligado ao processo de conversão de informação analógica para o formato digital, em que o exemplo disto seria converter uma foto em papel para o meio digital. A digitalização está vinculada ao empenho de tecnologias específicas para a transformação dos processos físicos em

virtuais. Então, ainda segundo Khan (2016), a transformação digital seria o resultado da digitalização, em que não só consistiria em inovações tecnológicas, mas também em novas formas de tornar os negócios mais eficientes e competitivos.

Logo, a aderência da digitalização à indústria resultou na manufatura avançada, e como consequência do maquinário interconectado em rede e junção do mundo físico e virtual, que é caracterizada pela integração e pelo controle dos processos de produção em toda a cadeia logística. A Figura 3 apresenta um panorama geral das revoluções industriais ocorridas até o momento.

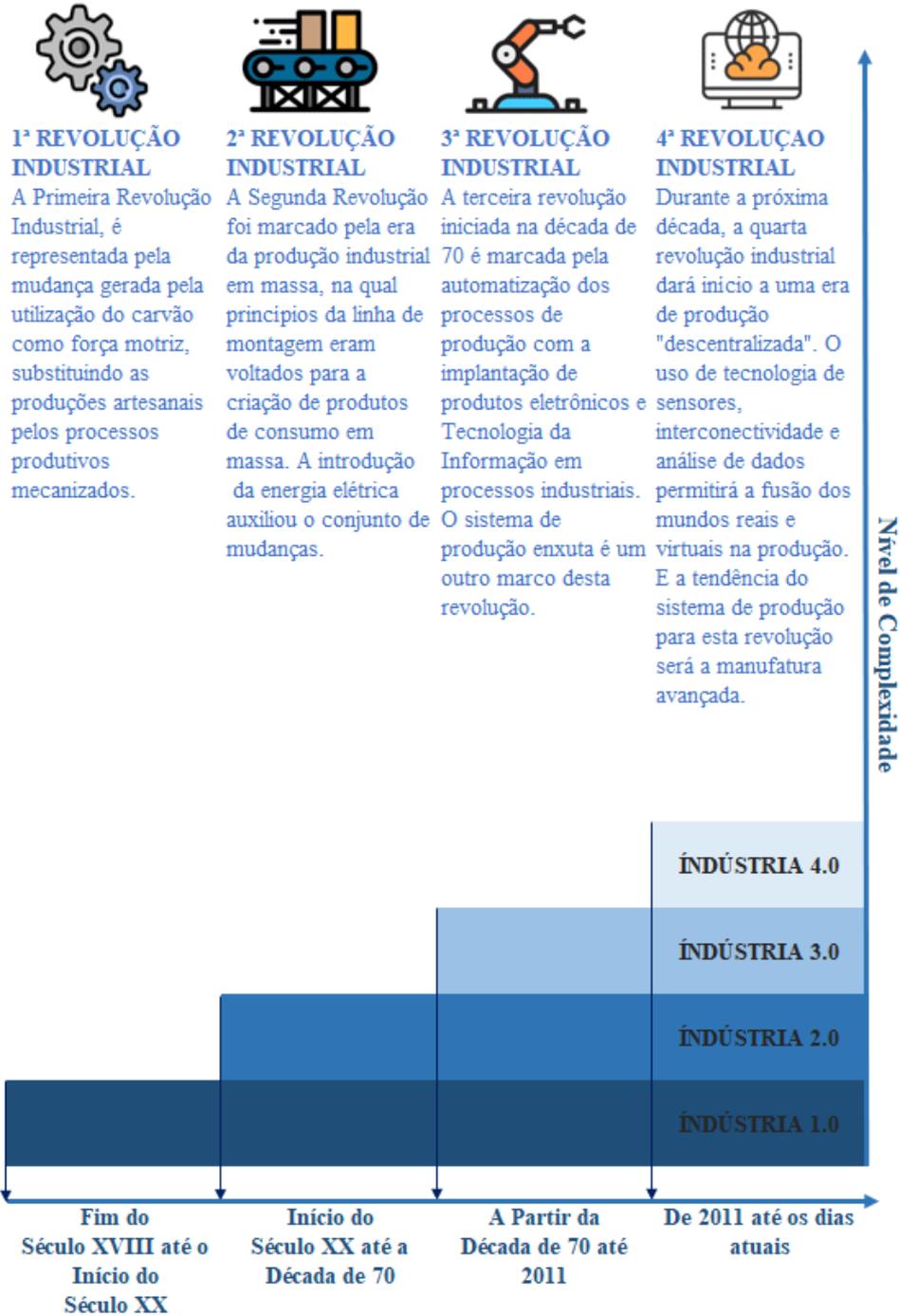


Figura 3 - Linha do tempo das revoluções industriais  
 Fonte: Autoria própria.

Vale salientar que a indústria 4.0 é uma expressão que surgiu em 2011 na Feira de Hannover, na Alemanha, que se propagou rapidamente por toda Europa, e que vem tendo grande notoriedade e aceite por todo o mundo como sendo a quarta revolução industrial. De acordo com Kagernann *et. al* (2013) seus fundamentos estão intrinsecamente ligados aos sistemas *cyber-físicos*. Além disso, segundo os trabalhos dos autores Kang (2016), Shrouf (2014) e Zawadzki e Zywicki (2016) a indústria 4.0 vem sendo atrelado também aos conceitos de *smart factory*, *Internet of Things*, *Additive Manufacturing* e *Rapid Prototyping/Hybrid Prototyping*. Diante disso, observa-se que:

A quarta revolução industrial foi descoberta pelo governo alemão, que introduziu o termo Indústria 4.0. Ela descreve o processo de fabricação computadorizada, onde a tecnologia está se fundindo com o mundo físico e digital. As máquinas e produtos serão interligadas e capazes de se comunicar sem interferência humana. Prevê-se que até 2020, 50 bilhões de dispositivos estarão conectados à Internet, o que mostra a importância e o progresso da quarta revolução. (HEBER, 2014, p. 19).

De acordo com Monostori *et.al* (2016), essencialmente, a indústria 4.0, é fundamentada pelo uso e integração sinérgica das tecnologias de informação, comunicação e automação industrial. Diferente da terceira revolução industrial, essa nova revolução não se estrutura na conexão unilateral, mas busca criar uma rede integrada e dinâmica de máquinas, propriedades, ativos e sistemas de informações em toda a cadeia de valor e em todo ciclo de vida do produto. Mas, e ainda de acordo Monostori *et.al* (2016), o sucesso dessa conexão sistêmica e integrativa só se dará se houver a implementação efetiva de sistemas *cyber-físicos* por toda a indústria. Lee *et. al* (2014) afirma que as inovações de fabricação e os serviços baseados em sistemas *cyber-físicos* são duas tendências, com inevitáveis desafios, para as organizações alcançarem o sucesso no atual ambiente competitivo.

Nos sistemas *cyber-físicos*, a utilização de sensores e sistemas de controle proporcionam a interconexão entre as máquinas, plantas, redes, transportadores e seres humanos de forma dinâmica e em tempo real, e o maquinário não apenas processa a matéria-prima e a transforma em produtos, mas também tem a capacidade de se comunicar com todo o ecossistema que está envolvido, analisando dados, tomando decisões e se adaptando rapidamente as alterações de demanda em tempo real. Dentro das fábricas do futuro, também consideradas fábricas inteligentes, a *Cyber-Physical-Systems* (CPS) irá permitir a comunicação entre os seres humanos, máquinas e produtos parecidos. (EINSIEDLER, 2013).

Nessa perspectiva, Silveira (2016) aponta que a quarta revolução industrial projetada pelo governo alemão perfaz um processo de fabricação computadorizado, onde os mundos físicos e digitais estão se mesclando, e com isso, possibilitando que as máquinas sejam capazes de se comunicar sem o intermédio humano. E de acordo com Maslarić, Nikolić e Mirčetić (2016) a

concepção da indústria 4.0 está vinculada ao aumento da informatização nos meios de produção, de forma que as estruturas físicas estão gradativamente se fundindo com as redes de informação digital, proporcionando a integração de muitos sistemas em todos os níveis de produção, sendo possível encontrar soluções com a menor quantidade de operações nas atividades.

Mas a integração de muitos sistemas em todos os níveis de produção vem gerando uma quantidade imensa de dados, metadados e informações, que de acordo com Lee *et. al* (2014), as organizações estão tendo dificuldade em lidar com essa grande quantidade de dados para a tomada rápida de decisão. O novo modelo incorporado pela fábrica do futuro produz uma quantidade grande de informações para o operador, e com as ferramentas tradicionais disponíveis, o gerenciamento das informações torna-se um trabalho pouco efetivo para tomada de decisão. (FIASCHETTI; PIETRABISSA; PRISCOLI, 2015).

Nessa linha, Lee *et. al* (2014) enfatizam que muitos dos sistemas de manufatura não estão aptos a gerenciar “grandes dados”, do inglês *Big Data*, devido à falta de implementação de ferramentas analíticas inteligentes, e que o caminho para resolver essa lacuna seria o de adicionar aos sistemas *cyber*-físicos softwares e algoritmos de inteligência artificial, tornando todo o ambiente industrial mais inteligente e autônomo, com máquinas com alto grau de consciência e autodidatas.

O principal objetivo da indústria 4.0, de acordo com Blanchet (2014), é a proposta de um meio de produção inteligente e dinâmico, gerado pela capacidade das máquinas em utilizar uma rede de dados, como a internet, e de transformar esses dados em informação para tomada de decisões em tempo real, sem que haja a intervenção do homem.

A capacidade de autogerenciamento que a Indústria 4.0 vai introduzir no mercado, tem como maior diferencial a possibilidade de se antecipar aos eventos que estão por vir, desde manutenções necessárias até variações na demanda, sendo assim capaz de operar de maneira ininterrupta. (FISCHER, 2016). Nessa mesma perspectiva o CNI (2016) aponta que:

Um dos maiores impactos da implantação da digitalização é o aumento da eficiência ou da produtividade nos processos de produção. A capacidade de monitorar toda a cadeia de processo possibilita que a empresa consiga alocar de maneira eficiente suas máquinas conforme surjam necessidades, identificar problemas e gargalos rapidamente, otimizar processos, diminuir o índice de defeitos na produção e até mesmo ser capaz de evitar problemas antes de construir uma planta ou produzir protótipos de produtos, além de conseguir utilizar de maneira mais eficiente o consumo de insumo, reduzindo dessa forma os custos de produção.

Ainda de acordo com Blanchet *et. al* (2014), essa nova perspectiva de indústria 4.0 se fundamenta na produção inteligente e flexível, que através da conectividade da internet é estruturada em uma rede de máquinas “inteligentes” e sistemas de manufatura avançado, que vai desde a implementação de tecnologias inovadoras, como robôs industriais controlados em tempo

real, até o incremento de *big data* e de algoritmos de inteligência artificial para a análise preditivas, resultando em uma maior conectividade entre os seres humanos, as máquinas e os sistemas digitais, e até o incremento da eficiência energética.

### **2.3.1. Fatores que influenciam no sucesso da Indústria 4.0**

#### **2.3.1.1. Sistemas Ciber-Físicos (CPS)**

Um componente indispensável da indústria 4.0 é a fusão do mundo físico com o virtual (KAGERMANN, 2014, p.603, apud HERMANN *et. al*, 2016, p. 8). Essa fusão só será possível dado à implementação dos sistemas *Cyber-físicos*. Lee *et. al* (2014) define o CPS como sendo a integração da computação com os processos físicos, em que as redes de computadores incorporados gerenciam e controlam os processos físicos, com o apoio de “loops de feedback”, em que os processos físicos interagem com os processos digitais e vice-versa. De acordo com Lee (2008), conforme citado por Azevedo (2017), o CPS é um ambiente de sistemas integrados com sensores inteligentes que podem se auto ajustar ou configurar automaticamente os processos de produção de forma descentralizada e em conformidade com os dados coletados e analisados em tempo real, gerando a integração do mundo virtual com o físico.

#### **2.3.1.2. Internet das Coisas (IoT)**

Através da recomendação ITU-T Y.2060, em 2012, o termo *Internet of Things* foi definido como uma infraestrutura global para a sociedade da informação, permitindo que serviços avançados fossem fornecidos através da interligação de coisas (físicas e virtuais) com base na já existente tecnologia de informação e comunicação, bem como em sua evolução. Segundo Smit, Kreutzer e *et. al* (2016) a Internet das Coisas refere-se à implantação de sistemas de tecnologia da informação (TI) que objetivam conectar todos os subsistemas, processos e objetos - internos e externos, redes de fornecedores e de clientes, de forma a gerar comunicação e cooperação dinâmica e em tempo real entre todos as “coisas” envolvidas, se mostrando muito presente o campo da logística do conhecimento aqui. Nessa perspectiva, Giusto, Lera, Morabito *et. al* (2010, p.5, apud HERMANN *et. al*, 2016, p. 9) a IoT permite que "coisas" e "Objetos", tais como RFID, sensores, celulares, por meio de esquemas de endereçamento, interajam entre si e cooperam com seus componentes vizinhos "inteligentes", para alcançar objetivos comuns.

#### **2.3.1.3. Big Data e Analytics**

Nist (2015) define o termo *big data* como um enorme conjunto de dados, em que a grande

massa de dados não é estruturada, mas necessita de análise em tempo real. Para Azevedo (2017) o termo *big data* trata da incapacidade das tradicionais arquiteturas de dados em manipular, armazenar, e analisar os dados, onde é utilizado uma arquitetura escalável para realizar essas atividades de forma efetiva. As características do *big data* implicam em uma nova arquitetura conhecida como os 5s do *Big Data*, que são: Volume - tamanho do conjunto de dados, Variedade - dados gerados por uma variedade de fontes; Velocidade - taxa do fluxo de dados, Variabilidade - coerência no conjunto de dados e, por fim, Valor - agregação de valor.

O termo *analytics* é a descoberta, interpretação e comunicação dos padrões significativos nos dados, tendo valor significativo nas mais diversas áreas do conhecimento, pois pode-se aplicar à análise de dados no negócio a fim de se prever, melhorar o desempenho, gerenciar as decisões, análise de risco, aprimoramento de recursos, dentre outros (KOHAVI; ROTHLENDER; SIMOUDIS, 2002). Nessa mesma linha, Chiaburu (2015), afirma que no horizonte da indústria, a implementação do *analytics* e de modelos matemáticos podem cominar no planejamento efetivo e integrado aos sistemas *cyber-físicos*.

#### **2.3.1.4. Computação em Nuvem**

*Cloud computing* pode ser definido como um paradigma de computação distribuída que é impulsionado pelas economias de escala, na qual um conjunto gerenciável de poder computacional, de armazenamento e plataformas consideradas abstratas, virtualizadas e dinamicamente escaláveis são entregues sob demanda para clientes externos através da Internet (FOSTER et al., 2008, apud CAMARGO JUNIOR, PIRES e SOUZA, 2010). Já a definição de computação em nuvem dada pelo Nist (2011), citado por Azevedo (2017), é a de um modelo que permite o acesso ubíquo, conveniente e sob demanda aos recursos compartilhados e configuráveis, que podem ser rapidamente provisionados e liberados com mínimo esforço de gerenciamento. É composto por cinco características essenciais - Sob demanda e Autoserviço, Acesso Amplo à Rede, Conjunto de Recursos, Rápida Elasticidade e Serviço de Medição; Três modelos de serviço - Software como Serviço (SaaS), Plataforma como Serviço (PaaS) e Infraestrutura como Serviço (IaaS); Quatro modelos de implementação - Nuvem Privada, Nuvem Comunitária, Nuvem Pública e Nuvem Híbrida.

#### **2.3.1.5. Segurança Digital**

A segurança digital está vinculada a proteção dos sistemas, transações e locais de armazenagem dos dados e informações, objetivando preservar a integridade dos indivíduos e das organizações, públicas ou privadas, impedido o extravio e ou adulteração durante a comunicação

dos agentes, seja pessoas ou máquinas, atrelados no sistema. Segundo o modelo de McCumber (1991), a segurança depende de múltiplos fatores para acompanhar com efetividade essa diversidade e dinâmica dos dados e informações, que estão sendo produzidos e armazenados em uma variedade de locais e em tempo real. Esses fatores de segurança seriam divididos em três panoramas, que são eles: a Propriedade da Segurança da Informação, que é constituído pela Confidencialidade, Integridade e Disponibilidade do dado; a Medida de Segurança, que está pautada em Tecnologias, Conscientização e Políticas e Procedimentos; e os Estados da Informação, que seriam a Transmissão, o Armazenamento e o Processamento dos dados.

#### **2.3.1.6. Robótica Avançada**

A robótica é considerada uma forma de automação industrial que utiliza tecnologia de robôs na produção e controle do chão-de-fábrica (REDEL e HOUNSELL, 2004). Onde a robótica é uma ciência da engenharia aplicada que é tida como uma combinação da tecnologia de máquinas operatrizes e ciência da computação (GROOVER, 1989, apud REDEL e HOUNSELL, 2004). Assim, o principal instrumento utilizado na robótica é o robô, só que dentro da perspectiva de indústria 4.0 ele agora é mais autônomo e inteligente, dado a junção do robô e da inteligência artificial. Este conceito apresenta algumas vantagens quando comparado com os sistemas tradicionais de automação como modularidade, eficiência e, principalmente, flexibilidade (SANTOS e BARBOSA, 2015). E com isso, pode-se dizer que os benefícios potenciais da robótica são o aumento na quantidade e na qualidade dos produtos, além da melhoria na gestão dos recursos, mediante o uso eficiente dos insumos em toda cadeia produtiva.

#### **2.3.1.7. Manufatura Aditiva**

Em geral, “todas as tecnologias de manufatura aditiva têm como princípio básico de funcionamento, a geração de objetos tridimensionais (3D) através de processos de adição de material camada por camada” (CUNICO, 2015, p.2). Cunico (2015) ainda enfatiza que a manufatura aditiva está estruturada basicamente em cinco etapas, que são elas: modelagem computacional, geração de modelo de malha STL (STereoLithography), geração de objeto camada-por-camada e pós-processamento e acabamento.

Segundo os autores, Zawadzki e Żywicki (2016), Schmick, Lüders e Wollnack (2016) e Durão et al. (2017), na indústria 4.0 os métodos de prototipagem rápida, como as impressoras 3D, não serão usadas apenas para criação de protótipos e ou produção de componentes individuais, mas serão empenhados na produção de pequenos lotes de produtos personalizados (customização em massa), alavancando as vantagens competitivas e o aumento no nível de serviço frente ao

cliente, visto que possibilitará a construção de peças e componentes com arquiteturas complexas com matérias mais leves, resistentes e com baixo desperdícios de fabricação. Além gerar sistemas de fabricação aditiva descentralizadas e mais próximos dos clientes, impactando na diminuição dos custos de movimentação e transporte e redução dos níveis de estoque.

#### **2.3.1.8. Simulação ou Manufatura Digital**

Segundo De Prado (2004) a simulação é uma técnica que, usando um computador, procura montar um modelo que melhor representa o sistema em estudo, de forma a permitir a imitação do funcionamento de um sistema real, onde os poderosos softwares conseguem construir modelos nos quais é possível visualizar na tela o funcionamento do sistema em estudo, tal como em um filme. O modelamento computacional de uma linha de produção através da simulação a eventos discretos contribui significativamente para o projeto do processo de manufatura por permitir aos engenheiros um maior entendimento das particularidades do sistema (SANTOS e BARBOSA, 2015). “Dessa forma, antes de se efetuar alterações em uma fábrica real, pode-se interagir por meio de uma fábrica virtual” (DO PRADO, 2004, p.20).

De acordo com Rowe (2006), a Manufatura Digital estabelece a conexão entre o projeto do produto, o planejamento da produção, os recursos produtivos e a programação das atividades produtivas. Os produtos, processos e recursos são modelados a partir de dados reais, em uma fábrica virtual. Com base nesses modelos, os processos de desenvolvimento do produto e de planejamento das atividades de produção são aprimorados até que sejam totalmente desenvolvidos, extensivamente testados e livres de erros para, então, serem utilizados na fábrica real (DE CARLI e DELAMARO, 2010).

#### **2.3.1.9. Fábricas Inteligentes**

Conforme Kagermann *et. al* (2013), citado por Hermann, Pentek e Otto (2016), as fabricas inteligentes constituem uma característica fundamental da indústria 4.0. O *Smart Factory* é definido como uma fábrica que auxilia o contexto integrativo das pessoas e máquinas na execução de suas tarefas. Baseado nas definições dadas anteriormente para o CPS, a IoT e a manufatura aditiva, a *Smart Factory* pode ser definida como um fábrica onde o CPS se comunica através da IoT, colaborando com isso na execução efetiva das atividades das pessoas e máquinas, além da integração de tecnologias de manufatura aditiva e técnicas de realidade virtual, que de acordo com Zawadzki e Żywicki (2016) são a base da chamada prototipagem híbrida.

A Figura 4 apresenta um diagrama que faz menção da conexão da Logística, Logística do Conhecimento e Indústria 4.0, referenciando o gráfico de rede do tópico 4.2.5. TEMAC – Perspectiva Integradora. Antes de finalizar este capítulo, vale salientar que ele foi construído com base na revisão sistêmica da literatura, por meio do TEMAC - Teoria do Enfoque Meta Analítico Consolidado, apresentado no capítulo 4. E o capítulo seguinte tratará da metodologia utilizada neste trabalho.

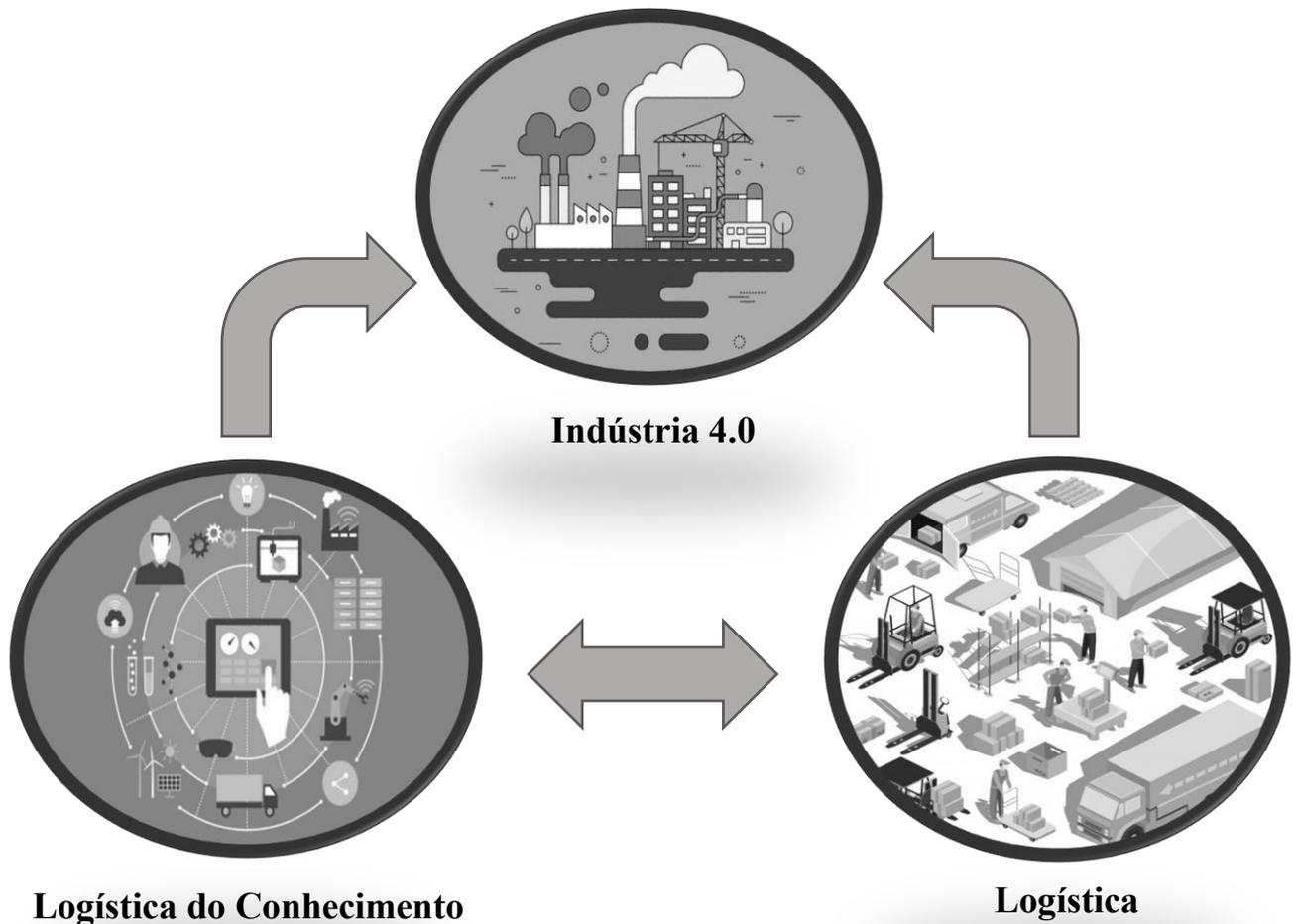


Figura 4 - Panorama geral da Logística, Logística do Conhecimento e Indústria 4.0  
Fonte: Autoria própria.

### 3. METODOLOGIA

Segundo Oliveira (1997) a metodologia estuda os meios ou métodos de investigação do pensamento concreto e do pensamento verdadeiro, e procura estabelecer a diferença entre o que é verdadeiro e o que não é, entre o que é real e o que é ficção. Para Gil (2002, p.17), o desenvolvimento de produções científicas só se dá de maneira efetiva [...] mediante o concurso dos conhecimentos disponíveis e a utilização cuidadosa de métodos, técnicas e outros procedimentos científicos [...]. Por outra perspectiva, Maia (2008) afirma que o método, quando incorporado a uma forma de trabalho ou de pensamento, leva o indivíduo a adquirir hábitos e posturas diante de si mesmo, do outro e do mundo, que só têm a beneficiar a sua vida tanto profissional quanto social, afetiva, econômica e cultural. Desta forma, este capítulo descreve sistematicamente todas as etapas empenhadas para o alcance dos objetivos desta pesquisa.

O primeiro passo consistiu em definir o tipo pesquisa. As pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de [...] hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores (GIL, 2008, p. 27). Nesta mesma perspectiva Lakatos e Marconi (1996, p. 77) afirmam que: “A pesquisa exploratória tem como objetivos, desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, [...] modificar e clarificar conceitos”. Com isso, esse estudo é exploratório, pois tem por objetivos o ganho de conhecimento sobre o objeto da pesquisa, o direcionamento na definição de hipóteses e a explanação de ocorrências (PIOVESAN e TEMPORINI, 1995).

Vale salientar que este trabalho se dividiu em duas etapas, onde a primeira partiu-se de um levantamento sistêmico da literatura, por meio da Teoria do Enfoque Meta Analítico Consolidado (TEMAC) de Mariano e Rocha (2017), objetivando o levantamento sistêmico do arcabouço teórico afim de estruturar com vigor os tópicos levantados neste estudo, ver capítulo 2. E a segunda foi o empenho de entrevistas semiestruturadas, frente ao corpo docente da Universidade de Brasília, mais precisamente no departamento de Engenharia de Produção, visando confirmar e aprofundar as informações levantadas pela primeira etapa por meio de uma análise de dados textuais, utilizando o software IRaMuTeQ.

No que tange ao campo da abordagem, foi utilizado os métodos qualitativos e quantitativos. Qualitativos porque, de acordo com Gil (2008), neste tipo de pesquisa não existe fórmulas ou receitas predefinidas para orientar os pesquisadores, fazendo com que a análise dos dados levantados passe a depender da capacidade e do estilo do pesquisador. Nessa mesma linha, Tesch (1990) considera que neste tipo de pesquisa existem uma ampla possibilidade de análises, de forma que este autor aponta dez princípios e práticas orientadoras da análise qualitativa, que são elas: A análise não é a última fase do processo de pesquisa; O processo de análise é sistemático

e compreensivo; O acompanhamento dos dados inclui uma atividade reflexiva que resulta num conjunto de notas de análise que guiam o processo; Os dados são segmentados; Os segmentos de dados são categorizados de acordo com um sistema organizado que é predominantemente derivado dos próprios dados; A principal ferramenta intelectual é a comparação; As categorias para escolha dos segmentos são tentativas e preliminares desde o início e permanecem flexíveis. A manipulação dos dados durante a análise é uma atividade eclética; Os procedimentos não são científicos nem mecanicistas; E o resultado da análise é um tipo de síntese em mais alto nível.

E quantitativos, pois buscou-se enfatizar os atributos mensuráveis e analisar, com cunho estatístico, os resultados alcançados. Segundo Fonseca (2002), diferentemente da pesquisa qualitativa, os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados. Além disso, a pesquisa quantitativa se centra na objetividade. “Influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros” (FONSECA, 2002, p.20).

Mas, de acordo com Lahlou (1994), a análise lexical, conhecida também como análise de dados textuais, sugere que se sobreleve a bifurcação entre os dois polos, qualitativo e quantitativo, na investigação dos dados, de maneira que este tipo de análise proporciona a quantificação e o emprego de cálculos estatísticos sobre variáveis fundamentalmente qualitativas. Por isso, esta pesquisa é de cunho qualitativo e quantitativo, pois usufruiu de uma análise lexical.

A análise textual consiste num tipo específico de análise de dados, que se trata especificamente da análise de material verbal transcrito, ou seja, de textos produzidos em diferentes condições tais como: textos originalmente escritos, entrevistas, documentos, redações etc., (Nascimento e Menandro, 2006, apud CAMARGO e JUSTO, 2013).

A entrevista pode ser utilizada pelos pesquisadores como procedimento único ou auxiliar para a coleta de dados (BOGDAN, R. C.; BIKLEN, 2006). De acordo com Manzini (2012) a escolha de um procedimento único ou auxiliar para o uso da entrevista dependerá do objetivo da pesquisa. Nessa pesquisa a entrevista foi utilizada como procedimento auxiliar, onde foi empregado um questionário semiestruturado como instrumento de coleta de dados para posteriormente realizar uma análise lexical. Isto pode ser comum em uma realidade escolar, que necessita, muitas vezes, de procedimentos como a observação para garantir não só uma versão do fato, coletado por meio da entrevista, mas para que o processo de descrição do fenômeno alvo possa ser mais bem estudado (MANZINI, 2012).

E independente da abordagem teórica adotada, principalmente quando a entrevista é do tipo semiestruturada, são necessários cuidados que envolvem questões da linguagem e o roteiro a ser utilizado necessita ser planejado cuidadosamente (MANZINI, 2004). De forma que a entrevista semiestruturada tem como característica um roteiro com perguntas abertas e é indicada

para estudar um fenômeno com uma população específica: grupo de professores; grupo de alunos; grupo de especialistas, etc. Deve existir flexibilidade na sequência da apresentação das perguntas ao entrevistado e o entrevistador pode realizar perguntas complementares para entender melhor o fenômeno em pauta (MANZINI, 2012).

Com isso, para o instrumento de coleta de dados, foi elaborado um questionário semiestruturado para entrevistar professores do curso de Engenharia de Produção, da Universidade de Brasília, ligados as linhas de pesquisa: Tecnologia e Inovação, Engenharia do Produto, Planejamento e Controle da Produção (PCP), Tecnologia da Informação e Logística, com o intuito de se ter um maior aprofundamento e entendimento das bases que fundamentam a Indústria 4.0. A entrevista foi estruturada em quatro perguntas abertas, que são elas:

1. Na sua opinião, o que seria a Indústria 4.0? E como você enxerga sua implementação no Brasil e no Mundo?
2. No seu ponto de vista, qual seria os principais pilares da quarta revolução industrial?
3. Após ser realizado um levantamento sistêmico da literatura, foram apontados seis pilares fundamentais da Indústria 4.0, como pode ser visto na Figura a seguir, qual é sua opinião sobre estes fatores encontrados? Alteraria ou acrescentaria mais algum fator?

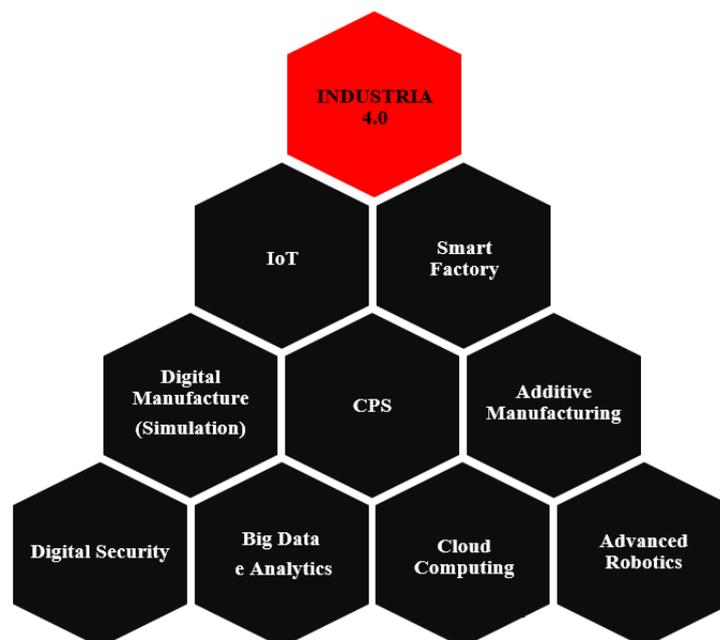


Figura 5 - Os nove pilares da Indústria 4.0  
Fonte: Autoria própria.

4. Gostaria de complementar mais alguma coisa sobre a Indústria 4.0?

No que cabe ao local do estudo, como mencionado anteriormente, este estudo foi realizado na Universidade de Brasília (UnB), mais precisamente no Departamento de Engenharia de Produção (EPR), da Faculdade de Tecnologia (FT). De acordo com Balthazar e Da Silva (2010) o curso de Engenharia de Produção da UnB foi fundado em agosto de 2009, como uma das ações do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais – REUNI.

A proposta curricular do curso de Engenharia de Produção da UnB foi estruturada de modo a capacitar o engenheiro a lidar com os problemas de Engenharia dentro de um enfoque sistêmico, no qual a atividade de engenharia é vista como uma interação do profissional com os vários ambientes nos quais a sua atuação interfere e, ao mesmo tempo, é afetada. A proposta pedagógica procurou, desta forma, garantir uma visão articulada entre as características da atuação profissional e as diferentes áreas de conhecimento, permitindo compreender a multiplicidade de aspectos determinantes envolvidos na solução de problemas de Engenharia (BALTHAZAR e DA SILVA, 2010).

O curso está fundamentado em uma metodologia de ensino inovadora, como o método PBL - “*Problem Based Learning*”, (Aprendizagem Baseada em Problemas), destacando as atividades de “praticar fazendo”, no qual estão incluídas as atividades de projeto em todo decorrer do curso. De acordo com Surgenor, B. e Firth, K. (2006), como citado no trabalho Balthazar e Da Silva (2010), “as atividades de projeto, que tem se tornado o foco de novos currículos de Engenharia, deixam de ser apenas um trabalho de síntese de conhecimentos, realizado ao final do curso como projeto de graduação, e passam a ser desenvolvidas ao longo de toda a grade curricular por equipes de alunos, tornando-se linha condutora da formação do estudante”.

Com base na concepção metodológica da Aprendizagem Baseada em Problemas, o currículo do curso de Engenharia de Produção foi estruturado de forma a privilegiar a atividade de projeto. O bloco de conteúdo, denominado Síntese e Integração, é composto pelas disciplinas de Projeto de Sistemas de Produção (PSP), atendidas pelos alunos do quarto ao décimo semestres. Projeto de Graduação 1 e 2, Estágio Supervisionado e o conjunto de Atividades Complementares que podem ser desenvolvidas pelo aluno completam este que é o principal bloco de conteúdo do curso (BALTHAZAR e DA SILVA, 2010).

Atualmente, o curso possui quase 600 alunos, com um corpo docente de alto nível, todos os professores possuem doutorado e pós-doutorado nas principais matrizes da engenharia de produção. De forma que o objeto de estudo, no caso, foram opiniões e percepções, sobre a quarta revolução industrial, dos professores do curso de Engenharia de Produção da UnB, nas seguintes áreas de interesse: Tecnologia e Inovação, Engenharia do Produto, Planejamento e Controle da Produção (PCP), Tecnologia da Informação e Logística. A amostra foi formada por 6 professores do curso, de um total de 16, representando uma amostra de 38 %.

Vale ressaltar que o objetivo é o de levantar opiniões, para uma análise multivariada qualitativa (classificação hierárquica descendente e análises de similitude) sobre os dados textuais, desta forma a amostra não necessitou de cunho estatisticamente representativo. E a coleta de dados foi realizada entre os dias 04 junho ao dia 18 de junho de 2018. Onde foi utilizado um gravador

para registrar toda a entrevista, que posteriormente foi transcrita para serem analisadas pelo software IRaMuTeQ.

O Software IRaMuTeQ (*Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires*), foi desenvolvido por Pierre Ratinaud (2009), e é um programa gratuito, desenvolvido sob a lógica *open source*, e está ancorado no ambiente estatístico do software R e que proporciona inúmeras maneiras de análises estatísticas sobre dados textuais. Desenvolvido inicialmente em língua francesa, este programa começou a ser utilizado no Brasil em 2013 (CAMARGO e JUSTO, 2013). Ainda de acordo com Camargo e Justo (2013) o IRaMuTeQ possibilita os seguintes tipos de análises: Estatísticas Textuais Clássicas; Pesquisa de Especificidades de Grupos; Classificação Hierárquica Descendente; Análises de Similitude, Nuvem de Palavras, entre outras. Nesta pesquisa foram utilizadas as análises do tipo: Estatísticas Textuais Clássicas; Classificação Hierárquica Descendente (CHD), Análise Fatorial Confirmatória (AFC) e Análise de Similitude.

A CHD é um agrupamento de segmento de textos e seus vocabulários, que por meio de correlação, são organizados em classes hierarquizadas. Cada classe categoriza uma ideia do segmento do texto. A AFC apresenta os diferentes discursos e a Análise de Similitude auxilia na investigação das palavras que estão aproximadas. A árvore de palavras, ou Análise de Similitude, é constituída por termos com maior significância e, as que estão ao seu redor, são aquelas próximas a ela no discurso (SANTOS e MARIANO, 2018).

O capítulo seguinte apresenta mais detalhadamente a abordagem do TEMAC e os seus resultados, sendo está a primeira etapa da metodologia desenvolvida neste trabalho e que resultou na construção do referencial teórico, ver capítulo 2, no input para a estruturação da entrevista semiestruturada e para a construção do modelo integrador proposto no final deste trabalho.

## 4. REVISÃO DA LITERATURA COM ENFOQUE META-ANALÍTICO

### 4.1. FUNDAMENTOS E AVANÇOS DO ENFOQUE META-ANALÍTICO

Segundo Albrecht, Gurzki e Woisetschläger (2017) na atual era da informação a quantidade de publicações está aumentando cada vez mais, mas, de acordo com Mariano e Rocha (2017), a qualidade nessas publicações vem caindo. Com isso, a performance de identificar pesquisas relevantes se tornou, ainda mais, uma atividade de caráter complexo e árduo, mas de fundamental importância para uma base sólida de pesquisa.

A partir da necessidade de se ter uma metodologia robusta, rigorosa e objetiva para a realização do levantamento sistêmico e holístico do arcabouço teórico surgiu o enfoque meta-analítico. Segundo Mariano *et al.* (2011) o enfoque meta-analítico proporciona a apuração dos dados de forma holística e sistemática, atingindo assim o estado profundo da arte sobre determinado assunto. E com o aparecimento de metodologias, abordagens e ferramentas de maior capacidade de armazenagem, processamento e análise de dados, como os softwares de inteligência artificial, *Data Science*, *Big Data* e processamento em nuvem, o enfoque meta-analítico veio evoluindo desde seu surgimento até o seu auge atual, agora chamado de TEMAC - Teoria do Enfoque Meta Analítico Consolidado. Este enfoque tem como objetivo unificar os aportes do uso do EMA- Enfoque Meta-Analítico, além de garantir que as características importantes para uma avaliação de qualidade de artigo sejam respeitadas (MARIANO e ROCHA, 2017).

Nessa perspectiva, foi acrescentado ao TEMAC uma maior flexibilidade de escolha e acréscimo de bancos de dados. Ao contrário do EMA, que só utilizava uma única base de dados, que normalmente era o WOS - *Web of Science*, O TEMAC possibilita uma amplitude maior de diferentes bancos de dados para uma estruturação de pesquisa mais robusta e ampla. Ainda segundo Mariano e Rocha (2017), análises em múltiplas bases de dados garantem cobrir o universo de pesquisa que o investigador decidir e, de posse destes trabalhos, realizar uma comparação real dos aportes de cada documento, pois cada base de dados possui entrada por meio de revistas diferentes.

Além disso, foi implementado um renovado leque de análises de conteúdo por meio da implementação de programas de *Data Science*, como o IRaMuTeQ, o VOSviewer e o Gephi. E foram acrescentados mais alguns indicadores bibliométricos, dando maior solidez ao enfoque.

Apresentado os fundamentos e os avanços do TEMAC, a próxima etapa é mostrar como a metodologia se estrutura. Assim sendo, a Figura 6 apresenta o passo a passo da Teoria do Enfoque Meta Analítico Consolidado seguida de sua explicação.

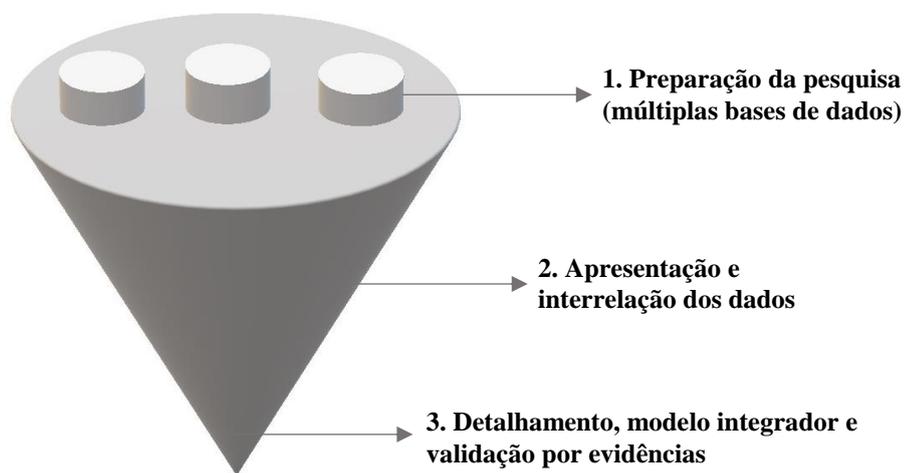


Figura 6 - O modelo TEMAC conforme Mariano & Rocha (2017)

Fonte: Adaptado de Mariano & Rocha (2017)

De acordo com Mariano e Rocha (2017), temos o TEMAC estruturado em três etapas, descritas a seguir:

1. Preparação da pesquisa (múltiplas bases de dados) - essa etapa consiste em definir as palavras-chave e as *strings* de pesquisa, o campo espaço-tempo, as bases de dados que serão utilizadas e as áreas de conhecimento que são mais pertinentes;
2. Apresentação e interrelação dos dados - apesar dessa etapa ser mais aberta aos critérios de seleção do pesquisador, algumas análises são mais frequentes nos estudos utilizando o TEMAC, estas são: análise das revistas com maior relevância; análise das revistas que mais publicam sobre o assunto; a evolução do tema ano a ano; os trabalhos mais citados; os autores que mais publicam frente aqueles que mais citados; países que mais publicaram; conferências que mais contribuíram; universidades que mais publicaram; agências que mais financiaram o campo que tangencia o tema de pesquisa; áreas do conhecimento que mais publicaram; frequência de palavras-chave. Vale ressaltar que cada fator de análise apresentado é pautado em um princípio ou lei bibliométrica;
3. Detalhamento, modelo integrador e validação por evidências – é nessa etapa que ocorre as análises mais minuciosas e onde as duas últimas etapas convergem para um modelo integrador, consolidado por evidências geradas pelas análises dos cruzamentos de dados das diferentes fontes utilizadas. Ela consiste em: seleção dos principais autores que servirão de insumo para a pesquisa em fomento; evidências das principais abordagens e das linhas de pesquisa sobre a temática escolhida.

A aplicação dessa metodologia se tem como resultado uma visão geral de todos os estudos de alta relevância sobre um determinado assunto, fomentado assim estudos mais aprofundados e estruturados nos fundamentos do arcabouço teórico. Dessa forma, o TEMAC se fez pilar

fundamental para a construção dessa pesquisa. A segunda etapa desse capítulo consiste em apresentar os resultados encontrados na aplicação do TEMAC na busca de um cenário integrado nas perspectivas da Logística do Conhecimento, Logística e da Indústria 4.0.

## 4.2. IMPLEMENTANDO O TEMAC

### 4.2.1. Preparação da pesquisa

Visando levantar os trabalhos autores e assuntos de maior relevância e de forma mais efetiva, o primeiro passo dado foi o de encontrar as palavras-chave mais ligadas as temáticas do estudo. Para isso, foi realizado uma pesquisa previa pautadas em três pilares centrais: os núcleos de pesquisa, as oportunidades relacionadas e o interesse do autor. A Figura 7 – Modelo preliminar de integração da Logística do Conhecimento, Logística e Indústria 4.0 apresenta o panorama prévio dessa pesquisa.

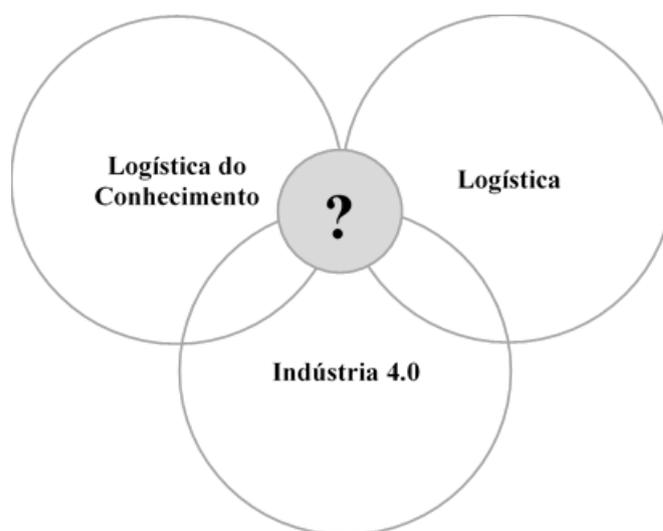


Figura 7- Modelo preliminar de integração da Logística do Conhecimento, Logística e Indústria 4.0  
Fonte: Autoria própria

A interligação desses três núcleos juntamente com as oportunidades relacionadas a elas e o interesse do autor resultaram na definição das palavras-chave: *Industry 4.0*, *Industrie 4.0*, *Internet of Things*, *The Fourth Industrial Revolution*, *Organizational Knowledge Management*, *Logistics of Knowledge*, *Logistic*, *Supply Chain* e *Supply Chain Management*. Vale ressaltar que a formação das *strings* se deu por meio das escolhas e junção dessas palavras-chaves e que os levantamentos foram realizados entre os dias 01-25 de março de 2018.

Dado a alta complexidade e amplitude de atuação das três áreas de fomento desse trabalho, utilizou-se um conjunto de *strings* de busca, apresentados na tabela 1 – *strings* de pesquisa e seus resultados, como estratégia para amparar e dá sustento ao escopo proposto deste trabalho. No que

tange a questão dos bancos de dados, respaldo pelas pesquisas de Cobo et al., (2012) que afirmam que os bancos de dados bibliográficos mais relevantes atualmente são: *Web of Science*, SCOPUS (Elsevier), Google Scholar e MEDLINE (NLM), para essa pesquisa foram utilizados: *Web of Science*, SCOPUS (Elsevier) e o Google Scholar.

Frisando que a indústria 4.0 é um assunto muito recente, onde sua primeira menção foi em 2011 na Feira de Hannover, na Alemanha, com isso foi definido que o campo do espaço-tempo da pesquisa seria de 2011 até 2017, ou seja, de 7 anos. E que as áreas do conhecimento mais pertinentes seriam: *Engineering Industrial*, *Engineering Manufacturing*, *Management*, *Business*, *Transportation* e *Transportation Science Technology*.

Tabela 1- Strings de pesquisa e seus resultados

<i>String</i>	<b>Web of Science</b>	<b>SCOPUS</b>	<b>Google Scholar</b>
<i>Industry 4.0</i>	497	1.695	980
<i>Logistics of Knowledge</i>	799	1.419	80
<i>Logistic and Supply Chain</i>	6.768	9.090	Mais de 1k

Fonte: Autoria própria.

Antecedendo o levantamento dos artigos sobre as três áreas que estão sendo tratadas nesse trabalho, foi necessário analisar a quantidade de publicações de cada área anualmente com o objetivo de apresentar a evolução dos campos e seu grau de interesse e fazer um comparativo entre elas. A Figura 8 - Evolução dos temas ano a ano apresenta o panorama da quantidade de publicações nas três áreas de estudo nos últimos 7 anos.

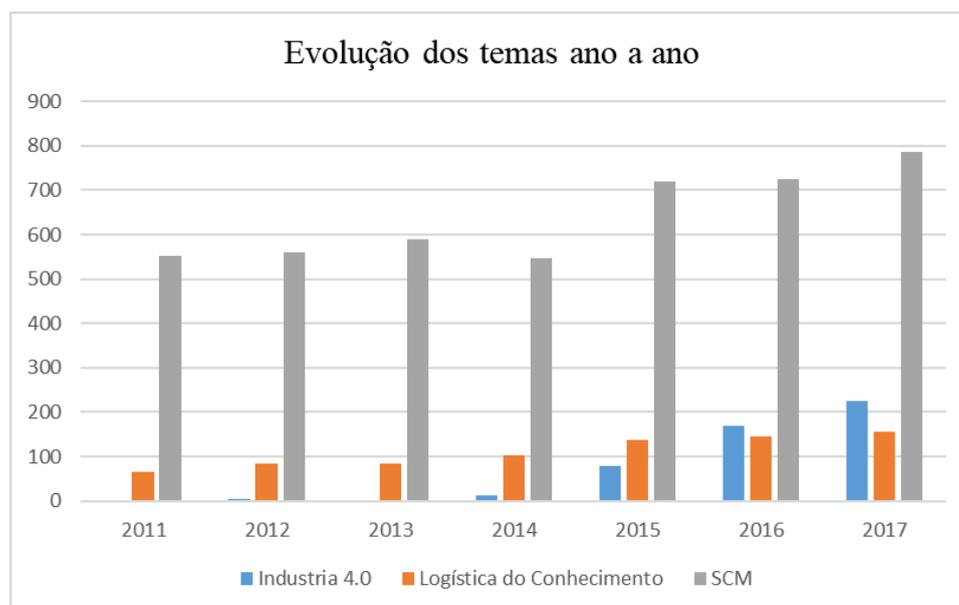


Figura 8 - Evolução dos temas ano a ano  
Fonte: Dados coletados da plataforma WOS

O próximo passo então é o de aplicar a metodologia TEMAC para as três áreas de fomento deste estudo e com isso encontrar os pontos de interconexão das três áreas, além do profundo e sistemático levantamento do arcabouço teórico.

#### **4.2.2. TEMAC - Logística do Conhecimento**

As cinco revistas mais relevantes no campo da logística do conhecimento foram: *International Journal of Physical Distribution Logistics Management* – com 39 publicações e 610 citações; *International Journal of Logistics Management* – com 35 publicações e 493 citações; *Supply Chain Management an International Journal* – com 26 publicações e 595 citações; *International Journal of Production Economics* – com 23 publicações e 552 citações; *Accident Analysis and Prevention* – com 22 publicações e 505 citações.

Já s países que mais publicaram foram: Estados Unidos com 149 publicações, Inglaterra com 77 publicações e China com 74 publicações. O Brasil ficou na décima quarta posição, com o montante de 20 publicações. As universidades que mais publicaram foram: a *University of Tennessee Knoxville System* com 14 publicações, a *University of Tennessee System* com 14 publicações e a *State University System of Florida* com 12 publicações. Não foram encontradas nem uma universidade Brasileira no ranking. As principais conferências foram: *6th Transport Research Arena TRA*, *10th International Forum on Knowledge Asset Dynamics IFKAD* e *17th International Scientific Conference on Business Logistics in Modern Management*. Foi constatado que 97,9% de todos os documentos estão em inglês, e que apenas 7 documentos estão em português. E as principais agências financiadoras desse campo são: *National Natural Science Foundation of China*, *European Social Fund* e a *European Union*.

A Figura 9 apresenta um panorama geral da divisão dos documentos levantados para o campo da logística do conhecimento. Onde é possível ver que a concentração dos documentos está mais voltada para as áreas de *Management*, *Businnes* e *Engineering Industrial*, mas que também vem tendo grande enfoco em áreas mais afastadas, como: *Computer Science Interdisciplinary Applications* e *Public Environmental Occupational Health*.



Figura 9 - Panorama geral da categorização dos documentos do campo da logística do conhecimento  
 Fonte: Dados coletados da plataforma WOS.

O autor com maior número de publicações e citações é o Sminorv A., contando com mais de 60% dos trabalhos publicados, seu artigo mais citado, “*Knowledge Source Network ConFfiguration Approach to Knowledge Logistics*” Smirnov et al. (2003) que descreve o modelo de Rede de Fontes de Conhecimento - KSNet na abreviação do inglês - e como ele pode ser usado para estruturar bases de conhecimento e permitir o acesso direcionado e personalizado a informações e conhecimentos, utilizando tecnologias tais como Inteligência Artificial e Gestão de Ontologias. E o artigo mais citado no tema foi “*Caramba—A Process-Aware Collaboration System Supporting Ad hoc and Collaborative Processes in Virtual Teams*” de Dustdar (2004), no qual as abordagens mais utilizadas no trabalho virtual em equipe (*Virtual Teamwork*) são analisadas e uma nova abordagem é proposta visando melhor integrar processos, artefatos e recursos utilizados pelas equipes. Dessa forma pode-se ver a relação do uso de tecnologia, do aumento da complexidade nos projetos de empresas e suas formas de executá-los com a crescente necessidade de acesso a informação e conhecimento de maneira mais rápida e precisa que a Logística do Conhecimento pretende desenvolver.

Sobre a perspectiva das palavras-chave, a Figura 10 dá um panorama geral. Onde as principais palavras-chaves são: *Supply Chain Management* (106); *Logistics* (55); *Innovation* (31); *Reverse Logistics* (16); *Logistic Regression* (15); *Knowledge Management* (14).



Figura 10 - Perspectiva geral das palavras-chaves da Logística do Conhecimento  
 Fonte: Dados coletados da plataforma WOS.

Com o objetivo de formar uma visão geral da obra, após uma leitura textual dos principais autores e artigos e uma análise das palavras-chaves e suas relações nos três campos, uma segunda análise, mais aprofundada, foi realizada com o objetivo de aprofundamento e codificação dos principais conteúdos envolvidos. Essa última etapa da metodologia TEMAC consiste na análise das principais contribuições e abordagens da base delimitada por intermédio de *coupling*, que oferece a frente das pesquisas, e da análise de *co-citation*, que apresenta as principais abordagens de pesquisa.

Vale salientar que para as análises de relações entre os autores, foi utilizado os softwares de análise de redes, VOSviewer e Gephi, para a concepção dos grafos e mapas de calor referentes as análises de *co-citação*, *coupling* e análise das palavras-chave.

A Figura 11 apresenta os grupos de autores que são citados regularmente em trabalhos relacionados ao tema *logistics of knowledge*. É destacado no gráfico de rede a formação de 4 *clusters*. Onde os autores de maior destaque são: Mentzer, J.T. – com 131 citações e 2135 conexões; Fawcett, S.E. – com 83 citações e 1456 conexões; Grant, R.M. – com 85 citações e 1413 conexões; Daugherty – com 65 citações e 1387 conexões na rede.

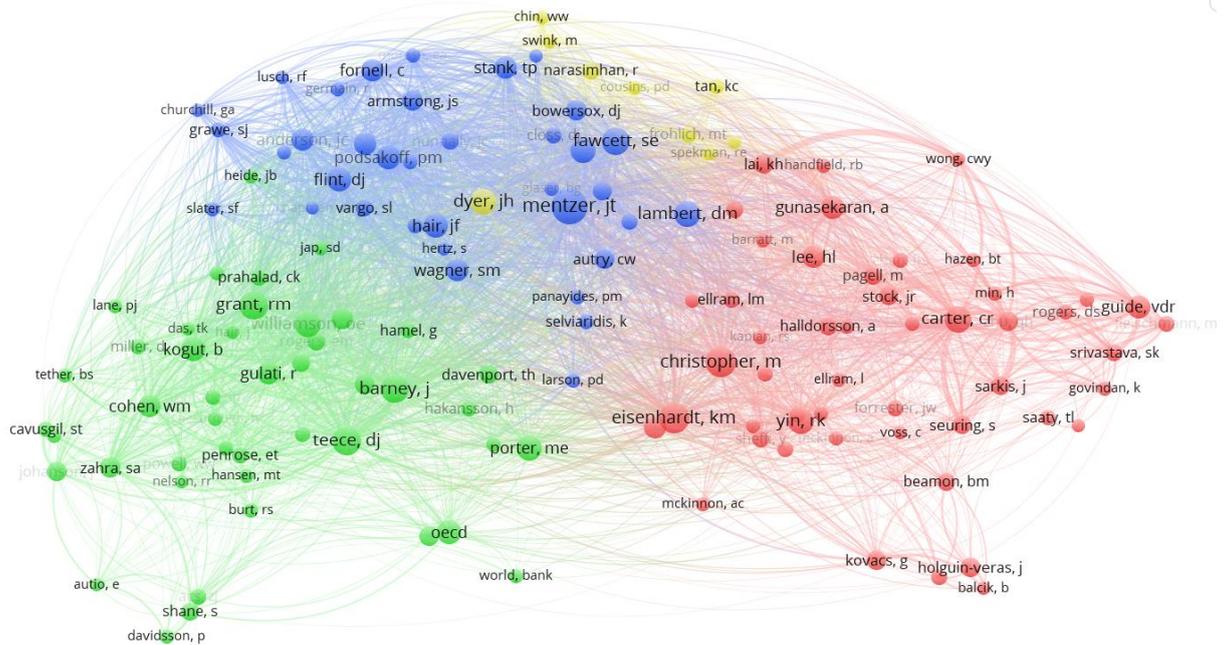


Figura 11 - Diagrama de rede representando Co-Citation do campo da Logística do Conhecimento  
 Fonte: Autoria própria, realizado por meio do software VOSviewer.

O mapa de calor da Figura 12 evidencia ainda mais os grupos de autores que são citados regularmente nos trabalhos relacionados ao tema *logistics of knowledge*. Onde os núcleos dos autores Mentzer, J. T. e Fawcett S. E. estão mais próximos das frentes do autor Dyer, J.H. E as vertentes dos autores Barney, J. e Christopher, M. apresentam um maior afastamento em suas linhas de pesquisa.

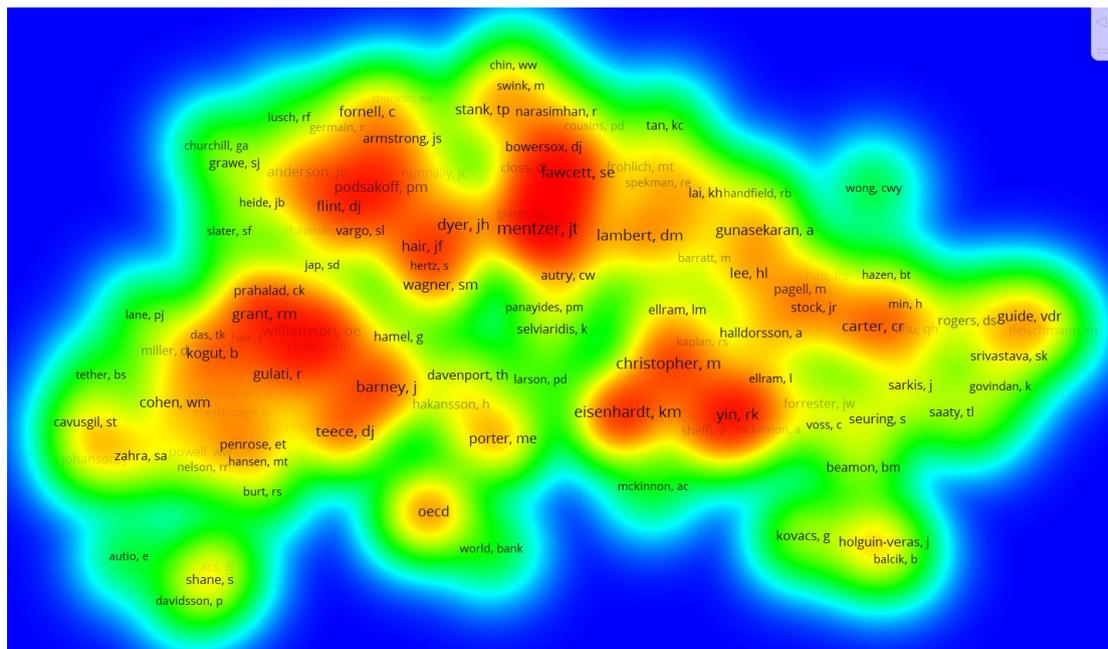


Figura 12 - Mapa de calor representando a Co-Citation do campo da Logística do Conhecimento  
 Fonte: Autoria própria, realizado por meio do software VOSviewer

A Figura 13 apresenta o mapa de calor de *coupling* do campo da logística do conhecimento. De forma a destacar os trabalhos de Sosa (2004), Dowlatshahi (2000), Ponomarov (2009).

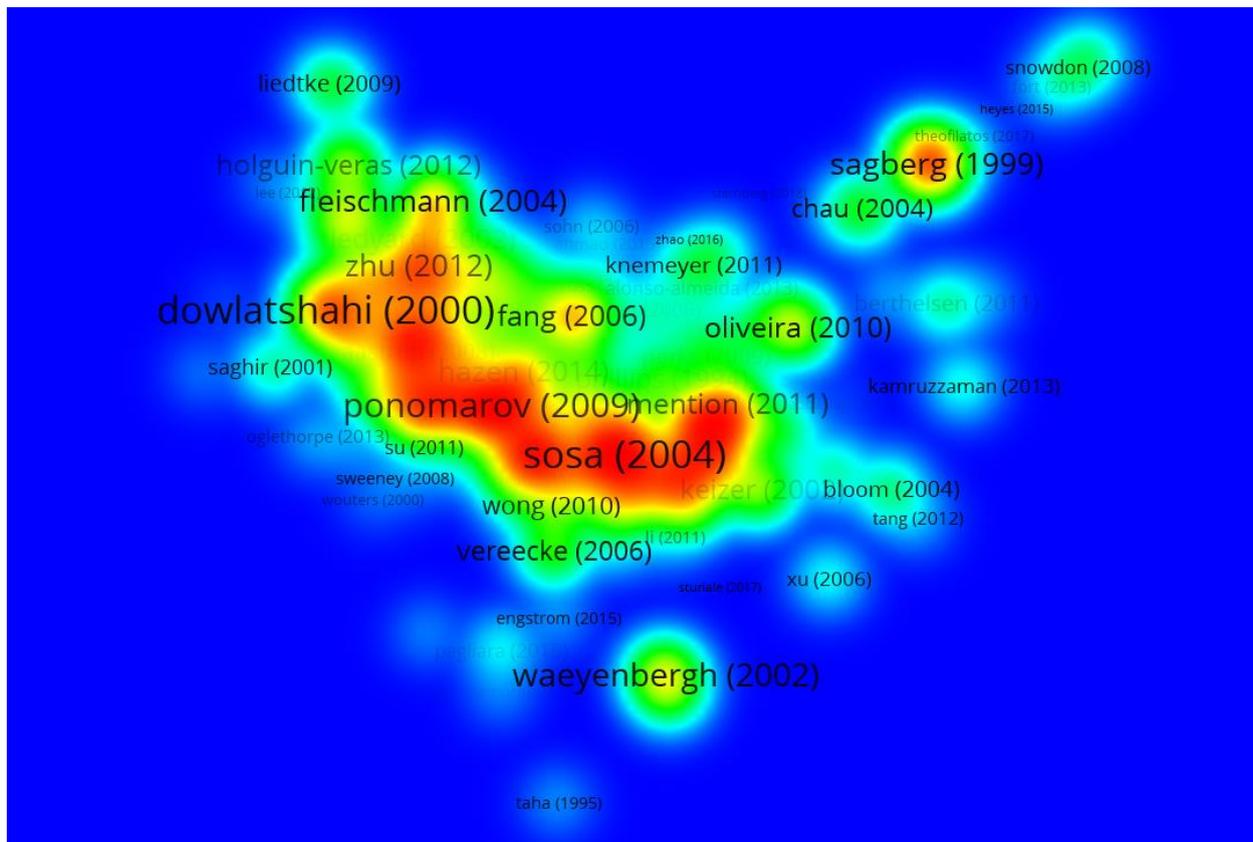


Figura 13 - Mapa de calor representando Coupling do campo da Logística do Conhecimento  
Fonte: Autoria própria, realizado por meio do software VOSviewer

O trabalho de Sosa (2004) aborda a perspectiva da integração da arquitetura de produto com a estrutura organizacional, seu estudo aponta que as interfaces de design na arquitetura do produto mapeiam os padrões de comunicação dentro da organização de desenvolvimento. Ele investiga como os limites organizacionais e de sistema, a força da interface de design, as interações indiretas e a modularidade do sistema afetam o alinhamento das interfaces de projeto e as interações da equipe.

Já o trabalho de Dowlatshahi (2000) descreve uma visão holística da logística reversa e apresenta 11 insights, divididos em fatores estratégicos (custos estratégicos, qualidade geral, atendimento ao cliente, preocupações ambientais e preocupações legislativas) e em fatores operacionais (análise de custo-benefício, transporte, armazenamento, gerenciamento de suprimentos, remanufatura e reciclagem e embalagem), para a implementação bem-sucedida da logística reversa a partir da literatura existente e estudos de casos publicados.

Por fim, a perspectiva de Ponomarov (2009) sobre logística do conhecimento se pauta sobre o conceito de resiliência aplicado a cadeia de suprimento. Por meio de uma extensa revisão

da literatura o autor integra as perspectivas existente sobre o assunto, fomentando com isso um modelo conceitual com os elementos-chave da resiliência da cadeia de suprimentos e as relações entre eles, os elos entre os riscos e as implicações para o gerenciamento da cadeia de suprimentos e as metodologias para gerenciar essas questões-chave.

Concluídas então as análises de *co-citation* e *coupling*, foi realizado uma análise com as palavras-chave dos resumos e títulos de todos os artigos da base da logística do conhecimento, a fim de elaborar os diagramas de rede e os mapas de calor apresentados a seguir.

Acentuando que diferentemente da análise anterior feita sobre as palavras-chave, essa nova perspectiva, feita por meio de análise de rede e mapa de calor, permite identificar a relação entre as palavras-chave dos títulos e *abstracts* através das conexões que ligam os nós da rede. Representando de forma mais visual os agrupamentos de palavras-chave que frequentemente aparecerem juntas, resultando nisso o evidenciamento de atributos semelhantes. Visando que o diagrama de rede é formatado com centralidade de grau, ou seja, as palavras-chave que são mais frequentes são representadas por nós maiores na rede, e mais próximas do centro do diagrama. Isso é pautado pelos estudos de Freeman (1978), onde ele define que a centralidade de grau é uma função do grau de um vértice, nesse formato, é contado o número de arestas incidentes a cada vértice no grafo, ou seja, o nó com o maior número de ligações estará no centro da rede.

A Figura 14 apresenta o mapa de calor das palavras-chave do campo da logística do conhecimento. Destacando as palavras-chave: *Knowledge Logistics*, *Performance*, *Industry* e *Supply Chain Management*.



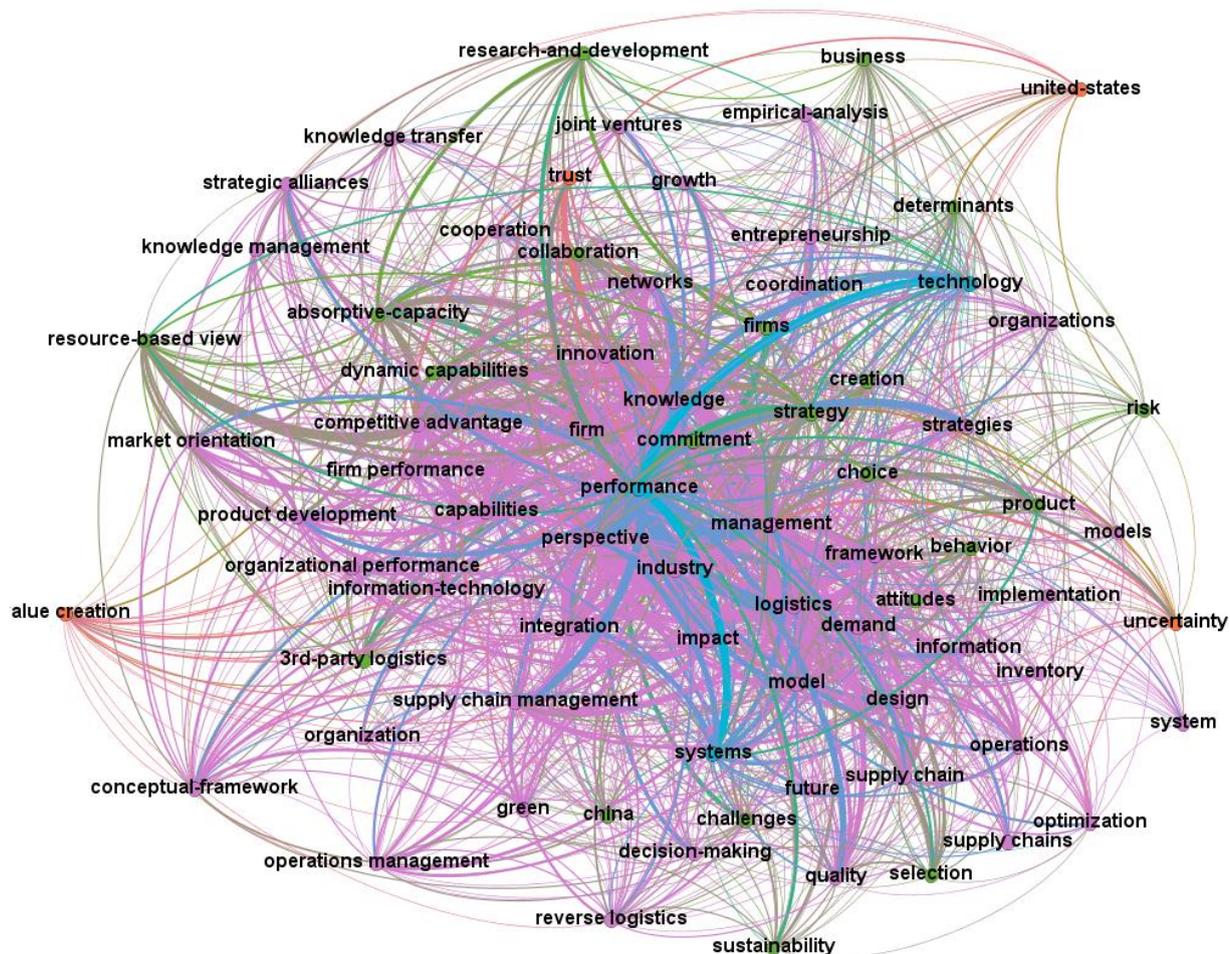


Figura 15 - Diagrama de rede de palavras-chave do campo da Logística do Conhecimento  
 Fonte: Autoria própria, realizado por meio do software Gephi.

#### 4.2.3. TEMAC - Logística

Da mesma forma que foi feito para a logística do conhecimento, a primeira etapa consiste em apontar as principais revistas da área, que são: *International Journal of Production Economics* – com 182 publicações e 6404 citações; *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* – com 113 publicações e 3271 citações ; *European Journal of Operational Research* – com 107 publicações e 2371 citações; *Journal of Operations Management* – com 102 publicações e 2643 citações; *Supply Chain Management - An International Journal* – com 82 publicações e 2139 citações.

Já os países que mais publicam foram: USA com 2101 artigos publicados, China com 1064 publicações, Inglaterra com 831, Alemanha com 417. O Brasil se encontra no décimo sétimo lugar com 137 publicações. Na questão das universidades que mais publicam, o ranking ficou: *Hong Kong Polytechnic University* com 177 artigos, *Michigan State University* com 121 artigos, *Indian Institute of Yechnology IIT* com 101 artigos, *University System of Georgia* com 96 artigos e *State University System of Florida* 94 artigos. Não foram encontradas nem uma universidade Brasileira

no ranking.

As principais conferências foram: *16th International Symposium on Inventories*, *15th International Symposium on Inventories*, *18th International Symposium on Inventories*, *15th International Working Seminar on Production Economics*, *17th International Symposium on Inventories* e *16th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference Apiems*. São 6718 artigos escritos em inglês, 22 artigos em português e 16 em espanhol. E as agências financiadoras mais importantes desse campo foram: *National Natural Science Foundation of China*, *Fundamental Research Funds for the Central Universities*, *National Science Foundation*, *Hong Kong Polytechnic University*, *National Natural Science Foundation of China NSFC*.

Um panorama geral da divisão dos documentos levantados para o campo da logística, conhecida também como *Supply Chain* ou cadeia de suprimentos, está apresentado na Figura 16. De forma que os campos *Management*, *Operations Research Management Science*, *Engineering Industrial* e *Engineering Manufacturing* possuem a maioria dos artigos da área da logística. Algo interessante a ser evidenciado é o fato da categoria *Engineering Civil* ter uma representação bastante contundente na quantidade de publicações.



Figura 16 - Panorama geral da categorização dos documentos do campo da logística  
Fonte: Dados coletados da plataforma WOS.

O autor com maior número de publicações foi Gunasekaran, A, com cinquenta e duas publicações, tendo como trabalho mais citado “*A framework for supply chain performance measurement*” Gunasekaran et al. (2004), neste trabalho o foco do autor recai na análise de métricas e medidas para de SCM e seu impacto para o desempenho de empresas, realizando uma revisão de literatura bem como estudos empíricos com empresas britânicas. Já a partir do número

de citações, o principal autor é Lee, HL, com seu trabalho, “*Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect*” Lee et al. (1997), sendo o mais citado das publicações pesquisadas. Nesse trabalho o autor discute o chamado *bullwhip effect*, que se trata em uma distorção nas informações passadas ao longo de uma cadeia de suprimentos, em particular quando essas estão no formato de “ordens”. Dessa forma, ao considerar as linhas de pesquisa dos principais pesquisadores, nota-se que a informação e seu tratamento dentro dos sistemas de SCM é um tópico de grande relevância no tema pesquisado.

O cenário geral das palavras-chave é apresentado na Figura 17. Onde as principais palavras-chaves são: *Supply Chain Management* (686); *Sustainability* (148); *Risk Management* (75); *Reverse Logistics* (61); *Performance* (54); *Remanufacturing* (49).



Figura 17 - Perspectiva geral das palavras-chaves da Logística  
 Fonte: Dados coletados da plataforma WOS.

A Figura 18 apresenta os grupos de autores que são citados regularmente em trabalhos relacionados ao tema *logistic*. De forma a destacar a formação de 4 *cluster*, onde os principais autores são: Zhu, Q.H. – com 550 citações e 21811 conexões; Carter, C.R. – com 509 citações e 21860 conexões; Lee, H.L – com 372 citações e 11943 conexões; Narasimhan, R. – com 276 citações e 12656 conexões; Kleindorfer, P.R – com 181 citações e 6299 conexões;

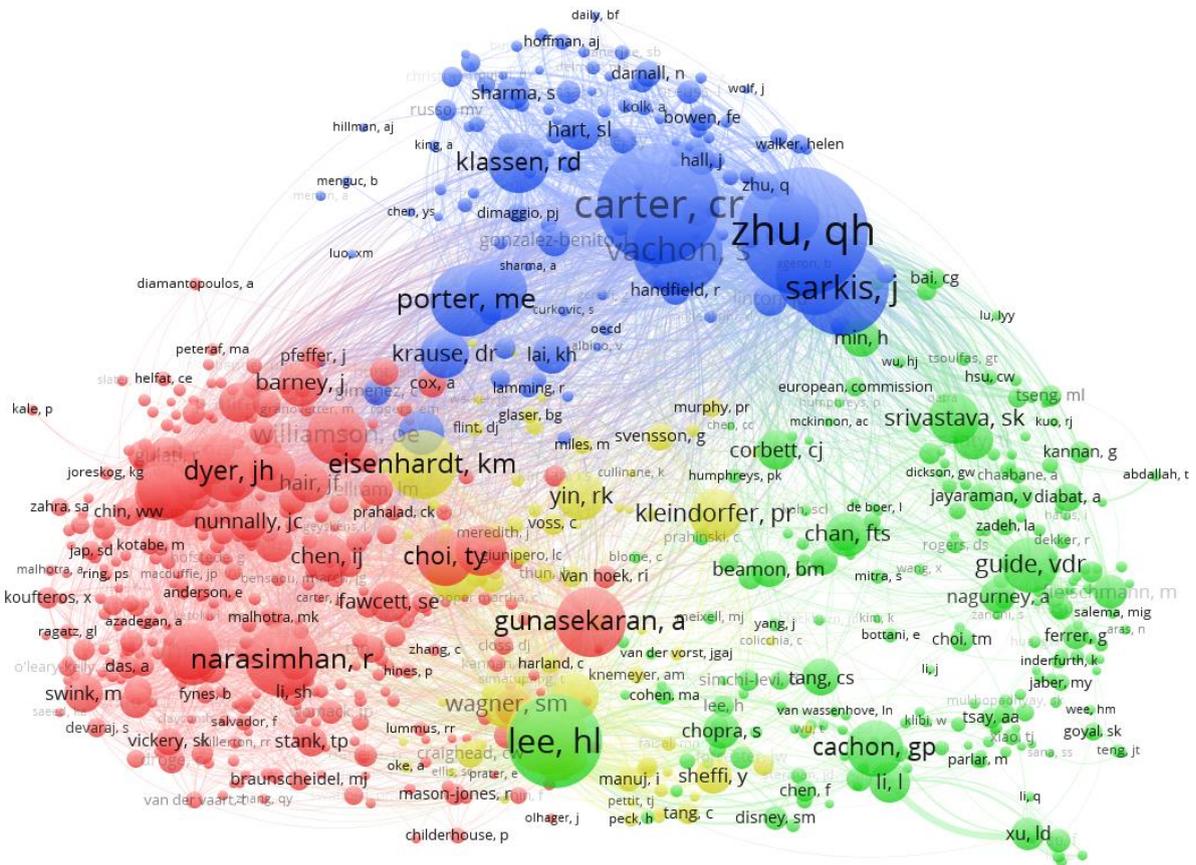


Figura 18 - Diagrama de rede representando Co-Citation do campo da Logística  
 Fonte: Autoria própria, realizado por meio do software VOSviewer.

Da mesma forma que foi realizado para analisar *co-citation* da logística do conhecimento, foi realizado a análise do mapa de calor, na Figura 19, para realçar ainda mais a formação dos grupos de autores que são citados regularmente nos trabalhos relacionados ao tema *logistics*. Onde é possível ver as manchas de calor evidenciando a formação dos grupos dos autores: Zhu, Q.H., Carter, Q.H e Sarkis, J; Lee, H.L., Wagner, S.M e Gunasekaran, A.; Narasimhan, R., Choi, T.Y. e Dyer, J.H; Guide, V.D.R e Nagurney, A. E com isso apresentar os autores mais fundamentais das principais abordagens de pesquisa nesse campo.



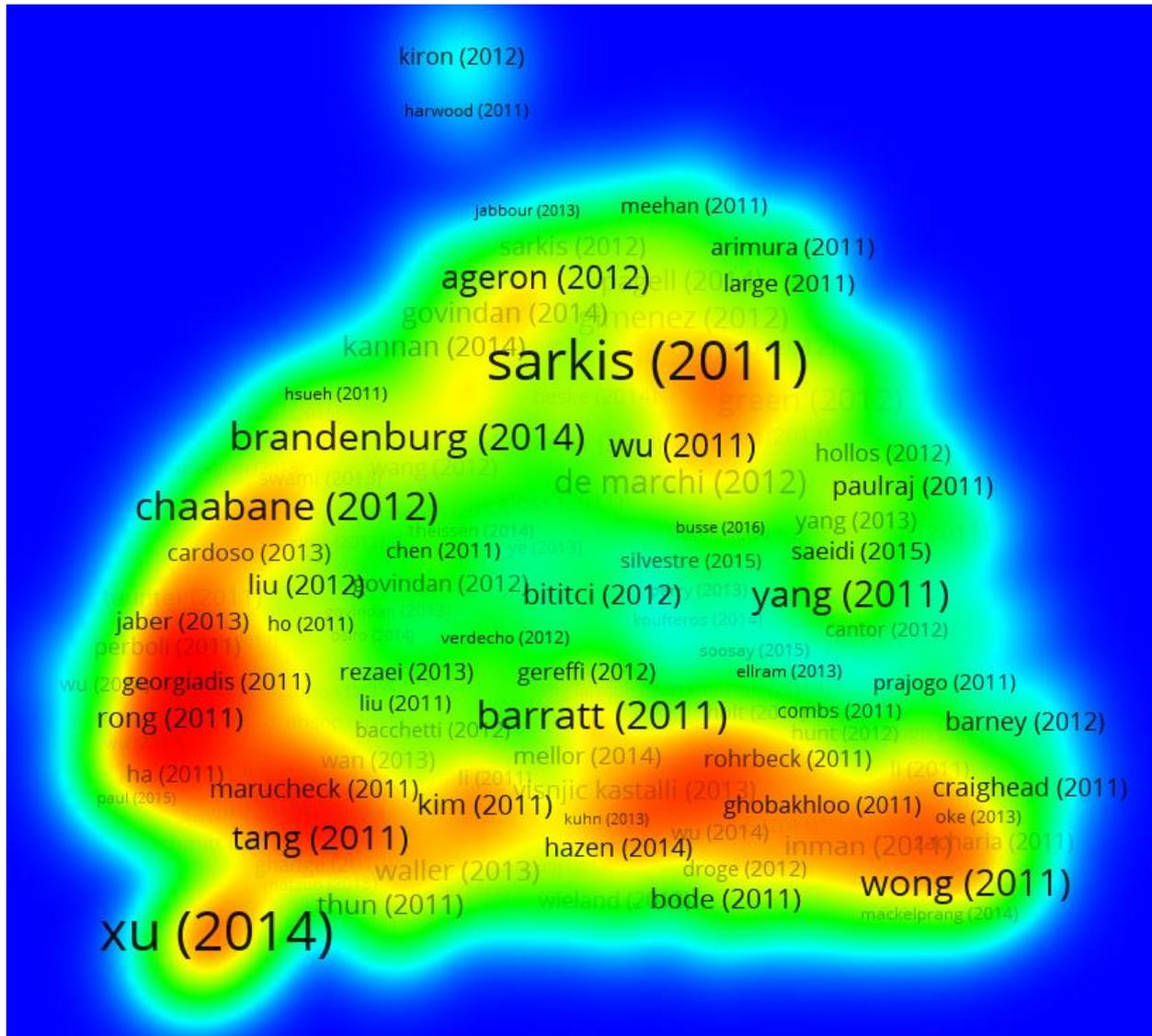


Figura 20 - Mapa de calor representando Coupling do campo da Logística  
 Fonte: Autoria própria, realizado por meio do software VOSviewer.

A pesquisa de Xu (2014) aborda as possibilidades da implementação da *Internet of Things* (*IoT*), não só na indústria, mas em toda a cadeia logística. De forma a dar um panorama atual dessa nova tecnologia, desde os avanços da *IoT*, apontando as principais tecnologias capacitadoras, os principais aplicativos de *IoT* nas indústrias, até a identificação das possíveis tendências e desafios. O autor conceitua A *IoT* como uma infraestrutura de rede global dinâmica com recursos de autoconfiguração baseados em protocolos de comunicação padrão e interoperáveis, onde as “Coisas” físicas e virtuais têm identidades, atributos físicos e personalidades virtuais e usam interfaces inteligentes e interativas.

Já o trabalho de Sarkis (2011), aborda a perspectiva da cadeia de suprimento “verde”, onde os autores realizam uma profunda revisão da literatura, apontando os pontos cruciais e a possibilidade de ganho em se ter uma cadeia de suprimentos verde para as organizações. Nessa mesma perspectiva o trabalho Wu (2011) aponta que o aumento das preocupações ambientais,

juntamente com as legislações, está forçando as indústrias a dar uma nova olhada no impacto de suas operações na cadeia de suprimentos sobre o meio ambiente. Onde é apresentado uma estrutura baseada em *integer linear programming* para a estruturação da cadeia logística sustentável que considera, além das restrições tradicionais de balanceamento de material em cada nó da cadeia, os princípios de avaliação de ciclo de vida.

O trabalho de Wong (2011) já aborda um outro aspecto da logística, no caso os efeitos de contingência da incerteza ambiental nas relações da integração da cadeia de suprimentos e do desempenho operacional. De forma que seu trabalho contribui para a pesquisa de contingência de gerenciamento de operações e fornecer explicações, comprovadas empiricamente e baseadas no arcabouço teórico, para os gerentes terem um caminho confiável para lidar com os efeitos dos esforços de integração internos e externos das organizações sob diferentes condições ambientais.

A Figura 21 apresenta a análise de rede das palavras-chave do campo da logística do conhecimento realizada pelo programa Gephi. O grau médio da rede ficou em 19,205, o seu diâmetro em 3 e a sua densidade 0,249. Destacando a conexão *Performance-technology-Systems*, que está em azul, reforçando que a logística do conhecimento está pautando na busca contínua de performance organizacional com o uso da tecnologia e da teoria de sistemas.

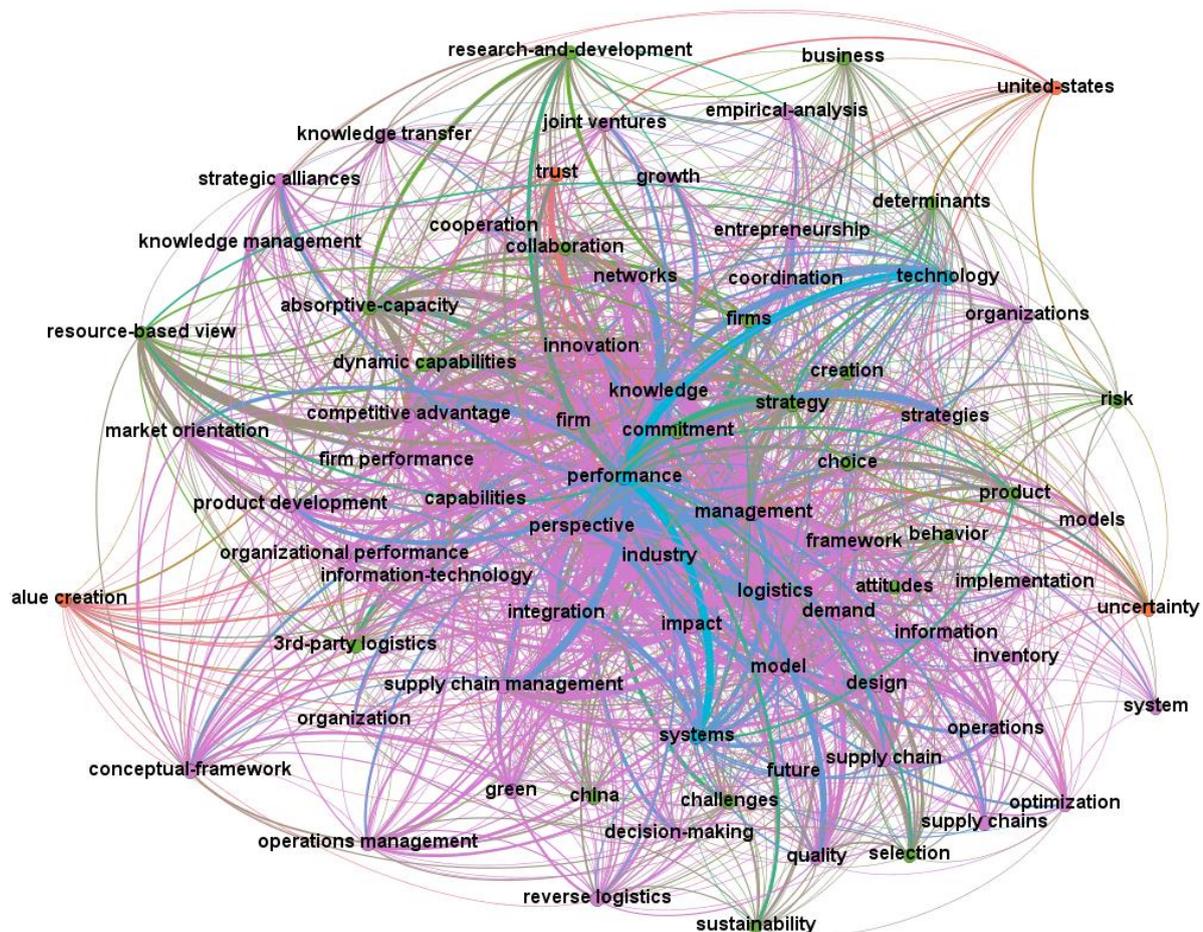


Figura 21 - Diagrama de rede de palavras-chave do campo da Logística do Conhecimento  
 Fonte: Autoria própria, realizado por meio do software Gephi.

#### 4.2.4. TEMAC - Indústria 4.0

As revistas que mais publicaram sobre indústria 4.0, que foram: *International Journal of Production Research* – com 7 publicações e 38 citações; *Cirp Annals-Manufacturing Technology* – com 7 publicações e 18 citações; *Advances in Manufacturing* – com 7 publicações e 1 citação; *IEEE Transactions on Industrial Informatics* – com 5 publicações e 16 citações; *Computers & Industrial Engineering* – com 4 publicações e 6 citações.

Os países que mais publicaram foram: Alemanha com 176 artigos, a Itália com 51, a Inglaterra com 41, a China com 40 e os Estados Unidos com 32 publicações. O Brasil está na sétima colocação com 20 artigos de alto impacto. Na questão das universidades que mais publicam ficou: *Fraunhofer Gesellschaft* com 20 artigos, *Rwth Aachen University* com 16 artigos, *Norwegian University of Science Technology NTNU* com 15 artigos, *Vienna University of Technology* com 14 artigos, *Technical University of Berlin* com 13 artigos. A Pontifícia Universidade Católica do Paraná aparece em vigésimo lugar no ranking com 6 artigos. As principais conferências foram: *27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing Faim*, *15th IEEE International Conference on Industrial Informatics Indin*, *13th Global Conference on Sustainable Manufacturing Decoupling Growth from Resource USE*, *50th CIRP Conference on Manufacturing Systems*, *48th CIRP International Conference on Manufacturing Systems CIRP CMS*. 98 % dos trabalhos estão em inglês e um pouco mais de 1% encontra-se em alemão. E as agências financiadoras mais importantes desse campo foram: *European Union*, *German Federal Ministry of Education and Research BMBF*, *National Natural Science Foundation of China*, *German Research Foundation DFG*, *Fundamental Research Funds for the Central Universities*.

A Figura 22 expõe uma perspectiva geral da divisão dos documentos levantados para o campo da indústria 4.0. Onde é possível ver que a concentração dos documentos está mais voltada para as áreas de *Engineering Industrial*, *Engineering Manufacturing*, *Automation Control Systems* e *Operations Research Management Science*. Além da notória participação da *Computer Science Interdisciplinary Applications* e da *Robotics* mostrando que a indústria 4.0 está intrinsecamente apoiada na interconexão das “coisas” e na automatização dos processos por meio da ciência de dados e robótica.



Figura 22 - Panorama geral da categorização dos documentos do campo da indústria 4.0  
 Fonte: Dados coletados da plataforma WOS.

Na área da indústria 4.0, pelo panorama de quantidade de publicações, o autor que mais publicou foi Sihh Wilfried, totalizando 7 trabalhos de alto impacto. De forma que os seus trabalhos apresentam a aplicação da indústria 4.0 pelo panorama dos sistemas *cyber-physical systems* (CPS) e *cyber-physical production systems* (CPPS) na abreviação do inglês, desde uma perspectiva de design e fabricação do produto pelas necessidades dos clientes até utilização de algoritmos e métodos de aprendizagem de máquinas e processamento em nuvem aplicados a indústria.

E o seu artigo mais citado nessa área é o “*Cyber-physical systems in manufacturing*”, com Monostori László *et.al* (2016), onde é apresentado um estudo sobre os avanços das tecnologias da informática, informação e comunicação na perspectiva dos sistemas ciberfísicos, de forma que os autores explanam que os CPS são sistemas de colaboração de entidades computacionais que estão em intensa conexão com o mundo físico e seus processos em andamento, fornecendo e utilizando, ao mesmo tempo, serviços de acesso e processamento de dados disponíveis na Internet. Ao passo que tange o campo da indústria a implantação desse sistema toma um outro patamar, chamado de sistemas de produção ciberfísicos. Por um lado, se têm os mais recentes avanços da ciência da computação, tecnologia da informação e comunicação e, por outro, da ciência e tecnologia de fabricação, convergindo assim para uma nova revolução indústria, mais dinâmica e com o maior poder de integração e automatização dos processos fabris.

Já o artigo mais citado é o *Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment*, de Lee, J. Kao, HA e Yang SH de 2014. Que trata a necessidade de se ter sistema preditivos mais robustos para o processamento sistêmico de dados e informações como forma de mitigação dos riscos associados as incertezas de demanda e para alavancar, de forma



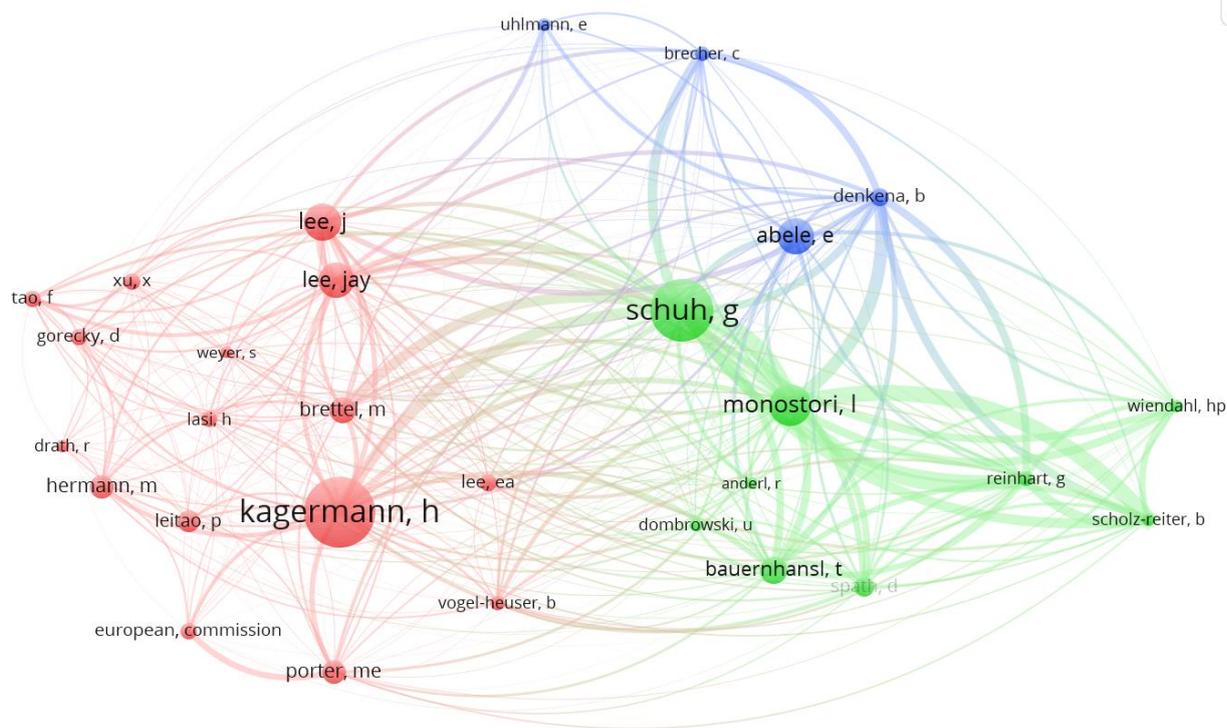


Figura 24 - Diagrama de rede representando Co-Citation da Indústria 4.0  
 Fonte: Autoria própria, realizado por meio do software VOSviewer.

Da mesma maneira que foi elaborado para os outros campos, foi materializado um mapa de calor para destacar ainda mais a análise de *co-citation* do campo da indústria 4.0. A Figura 25 apresenta o mapa de calor, onde é destacado os autores que são citados com maior frequência em conjunto nos trabalhos relacionados ao tema *Industry 4.0*. Onde é possível ver as manchas de calor evidenciarem a formação dos grupos dos autores: Kagermann, H. e Brettel, M.; Lee, Ju e Lee, Jay; Schuh, G. tangenciando os trabalhos de Abele, E. e Monostori, I.

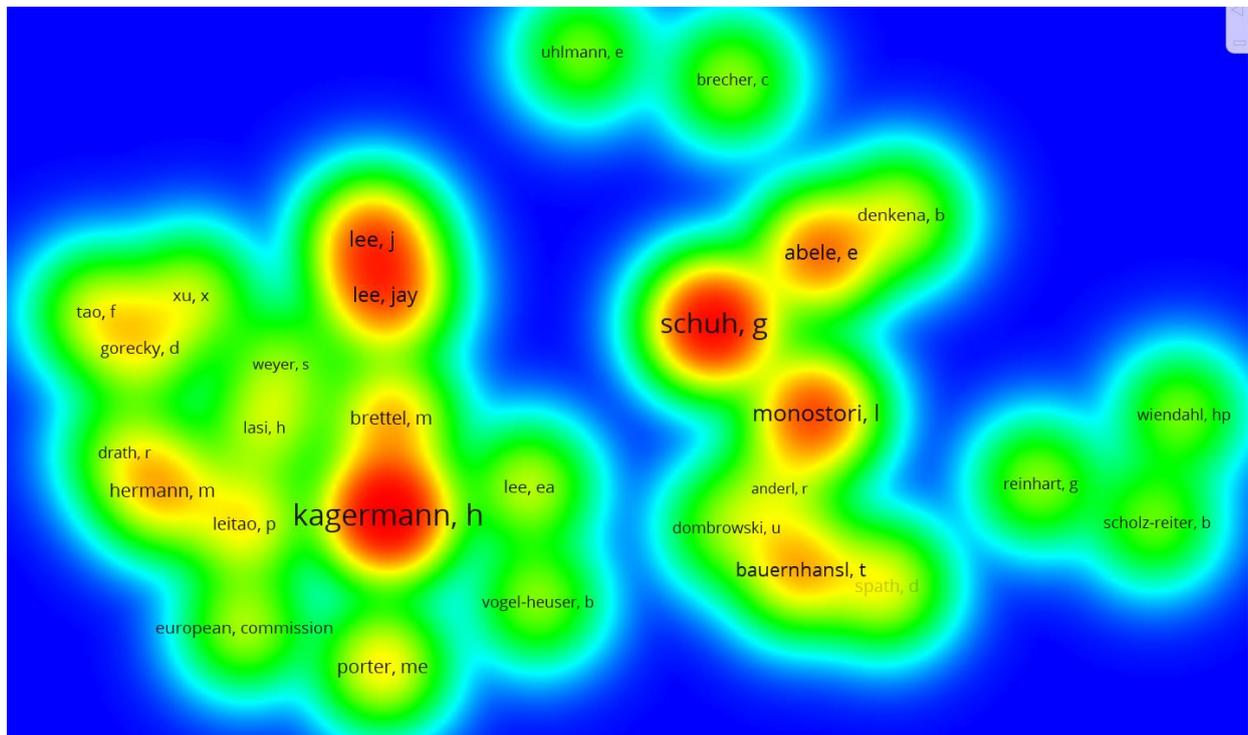


Figura 25 - Mapa de calor representando a Co-Citation do campo da Indústria 4.0  
 Fonte: Autoria própria, realizado por meio do software VOSviewer.

Já o mapa de calor de *coupling* do campo da indústria 4.0 é apresentado na Figura 26. Destacando fortemente os trabalhos de Lee (2014) e Monostori (2014) e Monostori (2016).

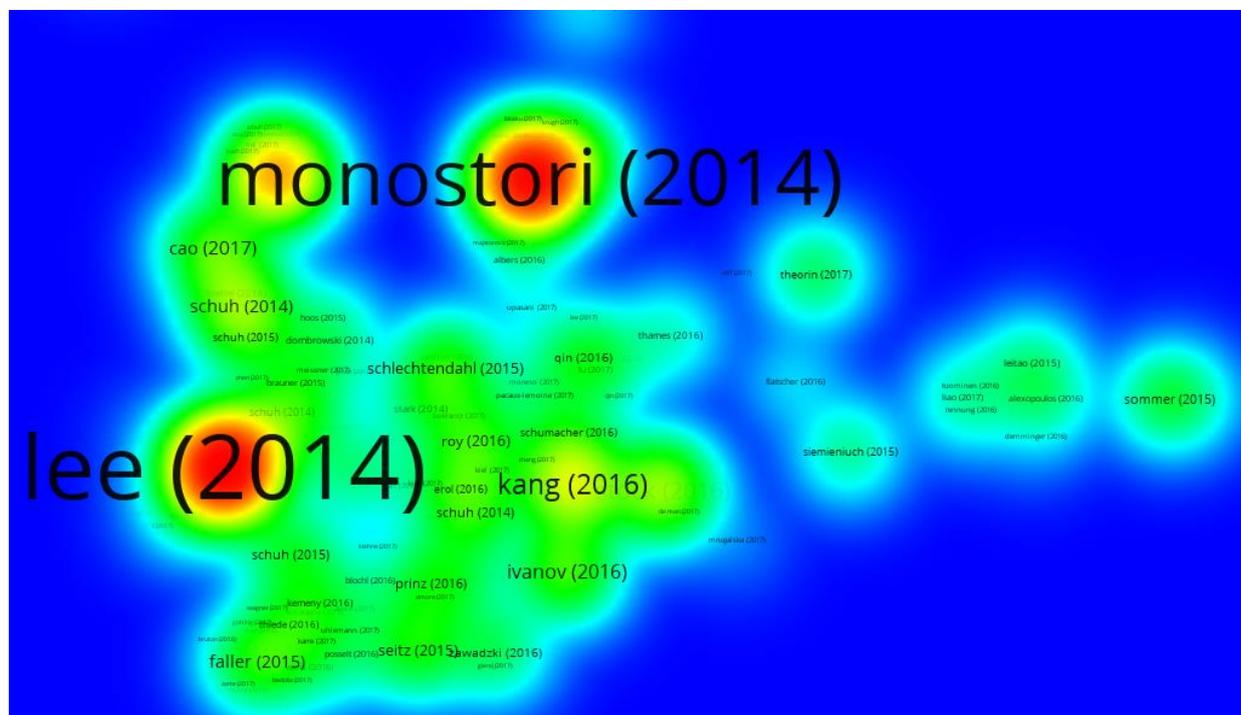


Figura 26 - Mapa de calor representando Coupling do campo da Indústria 4.0  
 Fonte: Autoria própria, realizado por meio do software VOSviewer.

Jay Lee (2014), já citado anteriormente, aborda a questão da importância da busca pela inovação de serviços e de análises mais “inteligentes” na nova perspectiva de indústria 4.0 e do *Big Data*. Atualmente, em uma fábrica no nível de indústria 4.0 que possui todas as suas máquinas conectadas, como se fossem uma comunidade colaborativa, produzem uma infinidade de dados em tempo real, demandando dessa forma ferramentas e abordagens mais robustas para a análise desses dados, objetivando a transformação deles em informação útil. Dessa forma, Lee *et. al* destacam que as inovações de produção e serviços justamente com a implementação de sistema ciberfísico formam o alicerce fundamental para o sucesso da evolução da indústria para o patamar de 4.0.

Também já citado nesta pesquisa o trabalho de Monostori (2014) que aborda a ótica da quarta revolução industrial também na concepção de sistemas ciberfísicos só que pelo ponto de vista de P&D - pesquisa e desenvolvimento. O autor trata da evolução da ciência da computação juntamente com as tecnologias da informação e como a junção das duas na indústria resultou na indústria 4.0 e como isso impactou na P&D de novos produtos. Vale pontuar também o trabalho de Monostori *et. al* (2016) que redirecionou sua linha pesquisa ao abordar as oportunidades da manufatura sustentável no âmbito da indústria 4.0.

A Figura 27 apresenta o mapa de calor das palavras-chave do campo da indústria 4.0. Apontando as palavras-chave mais fundamentais, como: *Industry, Design, Systems, Management e Performance*.





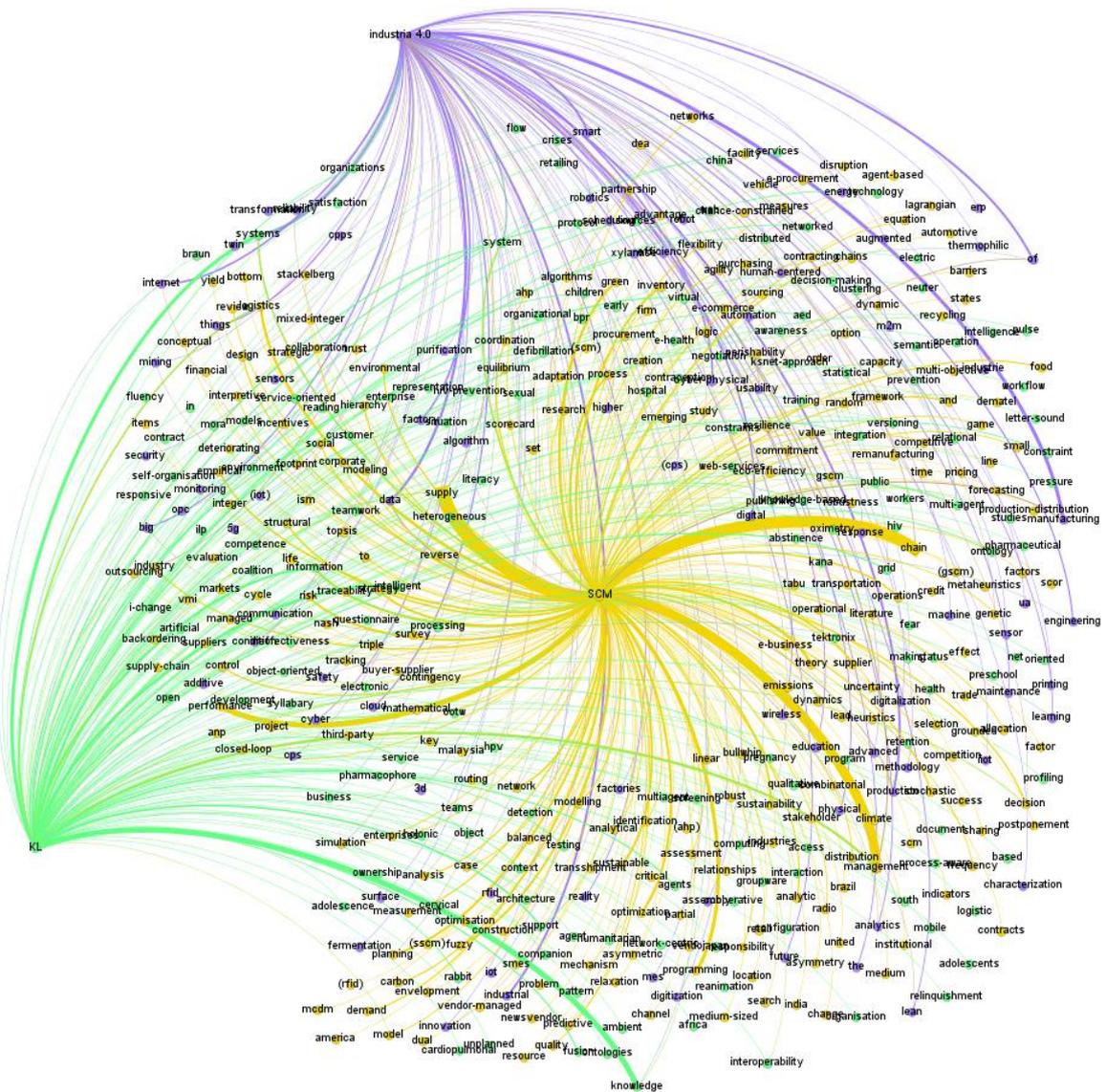


Figura 29 - Análise de redes sobre as palavras-chave do SCM, indústria 4.0 e KL  
 Fonte: Autoria própria, realizado por meio do software Gephi.

A partir da análise de redes foi possível identificar que o alcance dos três tópicos está diretamente ligado as diversas áreas da Engenharia da Produção identificadas pela ABEPRO. Os tópicos *management*, *performance*, *supply chain*, *knowledge* e *system* representam os aspectos mais fundamentais de cada tema analisado. Dessa forma, pode-se dizer que os três campos compartilham do mesmo arcabouço teórico, sendo assim, é possível a conjunção entre as três áreas para estabelecer uma nova perspectiva. Aqui apresentada como Logística do Conhecimento 4.0. A partir desta intersecção, partiu-se na busca dos fatores incrementais para preparação de um modelo integrador que abraçasse os três campos, dando uma ênfase para a sustentação da Indústria 4.0.

## 5. RESULTADOS E ANÁLISES

Os resultados são apresentados em três partes, em uma primeira no próprio capítulo 4, onde são realizados os levantamentos bibliométricos sobre Indústria 4.0, tema principal deste trabalho, e de dois fatores que estão intimamente ligados (logística do conhecimento e logística), gerando como resultado um gráfico de redes, (Figura 29), oriundo da integração das contribuições do capítulo 4, aparecendo ao final deste (item 4.2.5). Um segundo resultado aparece no quadro integrador (Quadro 1), página 71, oferecendo as principais contribuições e obstáculos a Indústria 4.0, desde a visão dos autores encontrados. E finalmente uma visão desde a perspectiva de pesquisadores na área, com uma comparação do que a literatura oferece hoje como fator fundamental para a Indústria 4.0 e as possíveis implicações para as organizações.

### 5.1. Quadro integrador via TEMAC

Segundo Schwab (2016), vive-se no limiar de uma quarta revolução industrial, a chamada revolução industrial baseada no conceito de sistemas Cyber-Physical Systems (CPS – ciberfísicos). Além dos sistemas cyber-físicos, surgem novas tecnologias, as tecnologias habilitadoras atuais, que através do seu uso promovem o rompimento do atual paradigma, destacando-se: Internet das Coisas (IoT), big data analytics e computação em nuvem que visa atender aos requerimentos de um sistema de manufatura avançada, promovendo a integração de toda uma cadeia de suprimentos. Essa nova revolução é caracterizada pelo uso intensivo de tecnologias digitais com o intuito de fabricar novos produtos de forma rápida, com uma ágil resposta à demanda e otimização em tempo real da produção e da cadeia de suprimentos (AZEVEDO, 2017, p. 20).

Com isso, para Maslarić, Nikoličić e Mirčetić (2016) os principais termos que a indústria 4.0 utiliza são: Sistemas Ciber-físicos (CPS), Internet Industrial, Internet das Coisas (IoT), Internet dos Serviços (IoS) e Fabricas Inteligentes. Já os estudos de Azevedo (2017) apontam a IoT, *Machine to Machine* (M2M), *Cyber Physical Systems* (CPS), Protocolo Ipv6, *Big Data e Analytics*, *Cloud Computing* e *Fog Computing*, RFID E *QR Code*, Comunicação 5g e *Machine Learning* como os pilares da manufatura avançada.

Mas para Hermann, Pentek e Otto (2016) a indústria 4.0 se estrutura em quatro componentes fundamentais, que são: *Cyber-Physical Systems* (CPS), *Internet of Things* (IOT), *Internet of Services* (IOS) e *Smart Factory*. De forma que, estes autores consideram a comunicação máquina para máquina (M2M) e os Produtos Inteligentes como subprodutos da indústria 4.0. Onde o M2M seria um facilitador da IOT e os Produtos Inteligentes seriam subcomponentes dos sistemas *Cyber-Physical*. Da mesma maneira, eles desconsideram o papel

do *Big Data e Analytics* e da computação em nuvem, por acreditarem que seriam serviços de dados que utilizariam os dados gerados pelas indústrias 4.0, e com isso estariam mais para componentes independentes do que para componentes fundamentais da indústria 4.0.

Por outro lado, Lee *et. al* (2014) parte do princípio de que na Indústria 4.0 as máquinas estão conectadas como uma comunidade colaborativa, gerando grande quantidade de dados, sendo assim, requer a utilização de ferramentas de previsão avançada, como inteligência artificial e aprendizagem de máquinas. Mas para que isso ocorra é de fundamental importância o uso de ferramentas para gerenciar *big data*, de forma a alcançar a transparência e a produtividade por toda indústria. Reforçando este ponto, os trabalhos de Fiaschetti, Pietrabissa e Priscoli (2015) e de Wang *et. al* (2015) também tratam da relevância do uso das novas Tecnologias da Informação e da Ciência dos Dados, destacando a questões de segurança digital, como chave para o sucesso na nova perspectiva da indústria 4.0.

Além disso, de acordo com Rowe (2006), a visualização em três dimensões (3D), a realidade virtual e as ferramentas colaborativas do PLM (Product Lifecycle Management) começam a trazer benefícios aos processos de manufatura. E do mesmo modo que suas equivalentes no projeto do produto, as ferramentas de visualização da produção estão acelerando os ciclos de obtenção do produto, reduzindo custos de produção e aumentando a eficiência das plantas produtivas. Essas ferramentas orientadas ao processo são usadas para simular desde layouts de chão-de-fábrica até operações em máquina e interações do homem com as máquinas. (DE CARLI e DELAMARO, 2007)

Desta forma e após ter sido realizado uma revisão sistêmica da literatura pela metodologia TEMAC, ocorrida na primeira etapa do trabalho, ver capítulo 4, foi possível apontar os principais fatores da indústria 4.0, que são eles: *Cyber-Physical Systems (CPS)*, *Internet of Things (IOT)*, *Additive Manufacturing*, *Digital Manufacture (Simulation)*, *Smart Factory*, *Big Data e Analytics*, *Cloud Computing*, *Digital Security* e *Advanced Robotics*. Com isso, foi possível sintetizar no quadro 1, um panorama geral dos nove fatores identificados.

Quadro 1 - Fatores que influenciam no sucesso da Indústria 4.0

Fator	Autores	Breve descrição	Componentes fundamentais	Obstáculos
<b>Cyber-Physical Systems (CPS)</b>	Kagermann (2014); Lee et al. (2014); Hermann, Pentek e Otto (2016); Maslarić, Nikoličić e Mirčetić (2016); Wan et al.(2011); Sztipanovits et al. (2011).	O CPS é um ambiente de sistemas integrados com sensores inteligentes que podem se auto ajustar ou configurar automaticamente os processos de produção de forma descentralizada e em conformidade com os dados coletados e analisados em tempo real, gerando a integração do mundo virtual com o físico.	CPS requerem tecnologias de computação e rede para envolver não apenas a informação, mas também as dinâmicas físicas (WAN et al., 2011), logo, redes heterogêneas de sensores, atuadores e dispositivos computacionais são fundamentais, e também a simulação computadorizada e a robótica intersectam esse fator.	As interações entre controle, computação, redes e sistemas requer novos designs tecnológicos (WAN et al., 2011), pois a integração dos CPS emerge da heterogeneidade de seus componentes e interações SZTIPANOVITS et al., 2011), o que pode acarretar grandes custo de mudança e infraestrutura.
<b>Internet of Things (IOT)</b>	Kagermann (2014); Lee et al. (2014); Hermann, Pentek e Otto (2016); Maslarić, Nikoličić e Mirčetić (2016); Kranenburg et al. (2011); Singer (2012).	É a implantação de sistemas de tecnologia da informação (TI) que objetivam conectar todos os subsistemas, processos e objetos - internos e externos, redes de fornecedores e de clientes, de forma a gerar comunicação e cooperação dinâmica e em tempo real entre todos as “coisas” envolvidas.	A ideia de que eventualmente tudo, incluindo artefatos físicos mundanos, estará conectado (KRANENBURG et al, 2011, p. 2) perfaz a necessidade de inteligência espacial, coleta de dados, sensores de baixo consumo de energia, <i>middleware</i> , segurança de rede, criptografia, design centrado no usuário, arquitetura de informação e ainda questões relacionadas à legalidade, transparência e direito sobre os dados colhidos (SINGER,2012) como componentes de sucesso para IoT.	Questões de padronização de protocolos de comunicação, aprimoramento da segurança de redes, expansão dos endereços IP, aspectos de privacidade e energia do sensor (visto que os sensores deverão ser autossustentáveis) foram os obstáculos mais apontados pelos autores para IoT.

Fator	Autores	Breve descrição	Componentes fundamentais	Obstáculos
<b>Big Data e Analytics</b>	Rajkumar, Lee et al., (2010); Wan et. al (2017); Stark et. al (2014); Huxtable e Schaefer (2016); Roy et. al (2016); Sackey e Bester (2016).	O Big data é um enorme conjunto de dados, em que a grande massa de dados não é estruturada, mas necessita de análise em tempo real. E a Analytics seria os métodos empregados para a descoberta, interpretação e comunicação dos padrões significativos nos dados.	A criação de conhecimento a partir da grande quantidade de dados brutos, coletados em tempo real, é essencial para o sucesso dos CPS (Rajkumar; Lee et al., 2010), mas para isso necessita-se de desenvolver uma abordagem de big data alinhada com os objetivos estratégicos da organização, possuir infraestrutura de TI adequada, possuir novos modelos e ferramentas capazes de processar grandes volumes de dados ( <i>analytics</i> ), cultura organizacional orientada para a gestão dos dados e análise de dados automatizada ou semi-automatizada (JÚNIOR,2015).	Este trabalho aponta, por meio do levantamento do arcabouço teórico realizado, que a segurança, integridade dos dados e capacidade atual do processamento dos computadores são um dos obstáculos mais pragmáticos da gestão do <i>Big Data</i> e de sua análise.
<b>Cloud Computing</b>	Wan, Tang, Li,Wang et al. (2017); Jager, Schollhammer, Lickefett e Bauernhansl (2016).	É um modelo que permite o acesso ubíquo, conveniente e sob demanda aos recursos compartilhados e configuráveis, que podem ser rapidamente provisionados e liberados com mínimo esforço de gerenciamento.	Segundo a literatura levantada, a computação em nuvem é composta por cinco características essenciais - Sob demanda e Autosserviço, Acesso Amplo à Rede, Conjunto de Recursos, Rápida Elasticidade e Serviço de Medição; Três modelos de serviço - Software como Serviço (SaaS), Plataforma como Serviço (PaaS) e Infraestrutura como Serviço (IaaS); e Quatro modelos de implementação - Nuvem Privada, Nuvem Comunitária, Nuvem Pública e Nuvem Híbrida.	Armbrust et al (2009) apontam que a disponibilidade do serviço, confidencialidade, auditabilidade, a segurança e o congestionamento na transferência dos dados são alguns dos principais obstáculos presentes da computação em nuvem.

Fator	Autores	Breve descrição	Componentes fundamentais	Obstáculos
<b>Digital Security</b>	Lesjak, Hein Hofmann, et al (2015); Roy, Stark, Tracht, Takata e Mori (2016); Huxtable e Schaefer (2016).	A segurança digital está vinculada a proteção dos sistemas, transações e locais de armazenagem dos dados e informações, objetivando preservar a integridade dos indivíduos e das organizações, públicas ou privadas, impedido o extravio e ou adulteração durante a comunicação dos agentes, sejam pessoas ou máquinas, atrelados no sistema.	Segundo o modelo de McCumber (1991), os fatores de segurança seriam divididos em três panoramas, que são eles: a Propriedade da Segurança da Informação, que é constituído pela Confidencialidade, Integridade e Disponibilidade do dado; a Medida de Segurança, que está pautada em Tecnologias, Conscientização e Políticas e Procedimentos; e os Estados da Informação, que seriam a Transmissão, o Armazenamento e o Processamento dos dados.	A ausência de conhecimento sobre a utilização dos sistemas digitais, que aumenta os riscos de acesso de terceiros a informações sigilosas e quebra da integridade dos dados por inputs errados ou equivocados gerando grandes problemas nos CPS, por exemplo. Além do fato que tudo está mais dependente dos sistemas digitais, do <i>big data</i> e do acesso remoto e em tempo ágil das informações, tornando tudo mais vulnerável e sensível a ataque de hackers, e até de terroristas, nas organizações e na sociedade como um todo.
<b>Advanced Robotics</b>	Mineo, Pierce, Nicholson e Cooper (2016); Chen e Tsai (2017); Dossou e Nachidi (2017).	A robótica é considerada uma forma de automação industrial que utiliza tecnologia de robôs na produção e controle do chão-de-fábrica (REDEL e HOUNSELL, 2004). E o principal instrumento utilizado na robótica é o robô, só que dentro da perspectiva de indústria 4.0 ele agora é mais autônomo e inteligente, dado a junção do robô e da inteligência artificial.	Pelo levantamento sistêmico realizado, dentro do âmbito da indústria 4.0, além da big data, do uso amplo de sensores, da realidade aumentada/simulação e softwares avançados que permitam o planejamento de trajetória flexível para a inspeção de superfícies curvas complexas, foi identificado que a junção do robô com a inteligência artificial é o fator preponderante para o sucesso da robótica avançada.	Com o aumento da produtividade, mais eficiente e menos custosa, gerada pela implementação da robótica, a taxa de desemprego, principalmente com relação ao trabalho mais braçal, vem aumentando e com isso trazendo grandes impactos negativos para a sociedade. Desta forma, este seria o maior obstáculo encontrado para plena implementação da robótica e automação industrial.

Fator	Autores	Breve descrição	Componentes fundamentais	Obstáculos
<b>Additive Manufacturing</b>	Zawadzki e Zywicki, (2016); Schmick, Luders, Wollnack (2016); Gibson et al. (2010); Durão et al. (2017).	São procedimentos, métodos e tecnologias da manufatura que gera objetos tridimensionais (3D) através de processos de adição de material camada por camada.	Basicamente, segundo Gibson et al. (2010), por meio das informações geradas pela transformação de um projeto em CAD em camadas é determinado a trajetória, por meio da linguagem CNC, e os parâmetros de deposição, que posteriormente são processados por quatro componentes básicos: controlador CNC, sistema de movimentação, fonte de energia e um sistema alimentação do material de adição.	De acordo com Bourell et al. (2009) alguns dos principais obstáculos da <i>Additive Manufacturing</i> é o tempo de fabricação de um único componente, que é muito maior frente a outros processos de fabricação, e a disponibilidade de um maquinário flexível o suficiente para atender a necessidade de se trabalhar com uma variedade de materiais, com grande nível de complexidade geométrica e precisão adequada, que variam de acordo com a peça e o custo de equipamento.
<b>Digital Manufacturing</b>	Wu, Terpeny e Schaefer (2017); Riel, Kreiner, Macher e Messnarz (2017); Giannetti e Ransing (2016); Tao, Cheng, Cheng, et al (2017).	Simulação é uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador (DO PRADO, 2004, p.24).	Um dos aspectos mais importantes para Manufatura Digital é que ela tenha um repositório central de dados, exclusivo. A Manufatura Digital utiliza dados da estrutura de materiais de engenharia ( <i>Engineering Bill Of Materials – EBOM</i> ) para criar a estrutura de materiais de produção ( <i>Manufacturing Bill Of aterials – MBOM</i> ) e a estrutura de processos ( <i>Bill Of Processes – BOP</i> ). Com isso, é essencial que a empresa seja movida por gestão de processos e tenha muito bem consolidada a gestão do conhecimento por meio de um sistema de informação integrado e seguro.	A capacidade de levantar premissas e variáveis fundamentais para modelar um sistema virtual que se aproxime, com uma certa precisão, da realidade estudada, e a complexidade dos programas de simulação, principalmente quando se trata dos algoritmos que estão por trás dele – uma caixa preta, gerando uma certa desconfiância quanto ao modelo simulado e a sua implementação no mundo físico.

Fator	Autores	Breve descrição	Componentes fundamentais	Obstáculos
<p><b>Smart Factory</b></p>	<p>Kagermann (2014); Lee et al. (2014); Hermann, Pentek e Otto (2016); Maslarić, Nikoličić e Mirčetić (2016); Wang; Wan; Li et al. (2016).</p>	<p>É uma fábrica que auxilia o contexto integrativo das pessoas e máquinas na execução de suas tarefas. Baseado nas definições dadas anteriormente para o CPS, a IoT e a manufatura aditiva, a <i>Smart Factory</i> pode ser definida como um fábrica onde o CPS se comunica através da IoT, colaborando com isso na execução efetiva das atividades das pessoas e máquinas, além da integração de tecnologias de manufatura aditiva e técnicas de realidade virtual.</p>	<p>Para Wang; Wan; Li et al. (2016) as fabricas inteligentes é um típico ambiente CPS, que interliga Redes Wireless Industriais (IWN) com a nuvem e terminais com dispositivos inteligentes no chão de fábrica, tais como máquinas, produtos e transportadores. Eles apontam ainda que a estrutura e as operações deste tipo de fábrica serão definidas pela reconfiguração auto-organizada e feedback e coordenação baseados em análises de big data. Com isso, <i>Big Data</i>, CPS, IoT, <i>Manufacturing Additive e Manufacturing Digital, Cloud Computing, Digital Security e Advanced Robotics</i> formam as fabricas inteligentes da indústria 4.0.</p>	<p>Além dos obstáculos já apresentados nos outros fatores que convergem na construção de uma fábrica inteligente, vale ressaltar que o custo de mudança seria o principal obstáculo neste âmbito de indústria 4.0, visto que ele impacta diretamente no desenvolvimento dos outros fatores, e que sem eles não seria possível alcançar a plenitude da <i>smart factory</i>.</p>

Fonte: Autoria própria.

Vale salientar que esta segunda etapa serviu de insumo para o empenho da realização das entrevistas semiestruturadas, frente aos Pesquisadores do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília, visando confirmar e aprofundar as informações levantadas por meio de uma análise de dados textuais, utilizando o software IRaMuTeQ, apresentado no tópico 5.2.

## 5.2. Entrevista Semiestruturada

### 5.2.1. Estatística Textual Clássica

Foram realizadas 6 entrevistas, assim, o número de textos analisados foram 6. Ao rodar a análise Estatística Textual Clássica, foram encontrados 193 segmentos de texto (são grupos de texto de pelo menos três linhas), o número de ocorrências gerados foram de 6960, o número de formas foi 980, o número de hápax foi de 476 (6,68% de ocorrências – 48,88% de formas), onde hápax são aquelas palavras que são citadas uma única vez. A média de ocorrências por texto foi de 1160. Foi gerado também um diagrama de Zipf (Figura 30) que apresenta o comportamento das frequências das palavras no *corpus*, num gráfico que ilustra a distribuição de frequência X rang, escala logarítmica, que representa uma relação de palavras que são apresentadas com maior frequência e menor variedade frente as palavras menos frequentes, mas mais presentes. Os textos apresentam poucas palavras que se repetem muitas vezes e muitas palavras que repetem poucas vezes.

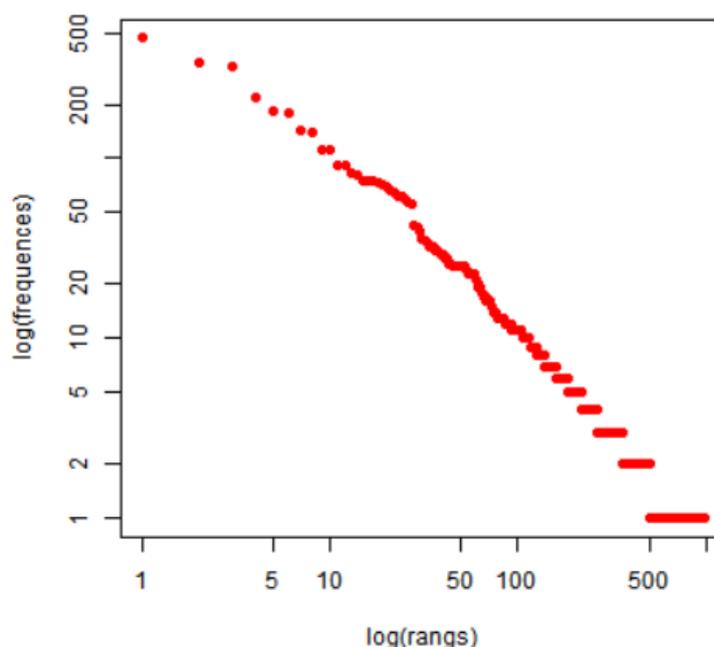


Figura 30 - Diagrama de Zipf

Fonte: Autoria própria, realizado por meio do software IRaMuteq.

A palavra com maior frequência dos corpus texto foi o adverbio “não”, com 92 duas vezes, e se refere a perspectiva negativa, ou a descrença por parte dos entrevistados sobre a não aplicação da indústria 4.0 no Brasil. Isso se deve em parte pelo momento da crise que vive o país, e dos fatores históricos e culturais do Brasil ser mais consumidor das tecnologias estrangeiras do que produtor e ou desenvolvedor de tecnologias disruptivas, inovadoras.

Uma vez encontradas as maiores frequências de palavras, optou-se por organizar os discursos em classes com a finalidade de encontrar os padrões de respostas contidas nas entrevistas por meio da Classificação Hierárquica Descendente (CHD), apresentada no tópico 5.2.2.

### **5.2.2. Classificação Hierárquica Descendente (CHD)**

A Classificação Hierárquica Descendente (CHD) permite a análise de segmentos de textos que apresentam vocabulário semelhante entre si e vocabulário diferente de outros segmentos de texto, simultaneamente, calculando distancias e proximidades a partir de testes do Qui-Quadrado. Com isso, na análise de CDH, foram encontrados seis linhas do corpus textual, apresentado na Figura 31. Vale ressaltar que se obteve um aproveitamento de 79,27% do texto (todas as entrevistas consolidadas), se mostrando valido conforme Santos (2017), pois é superior a 70%.

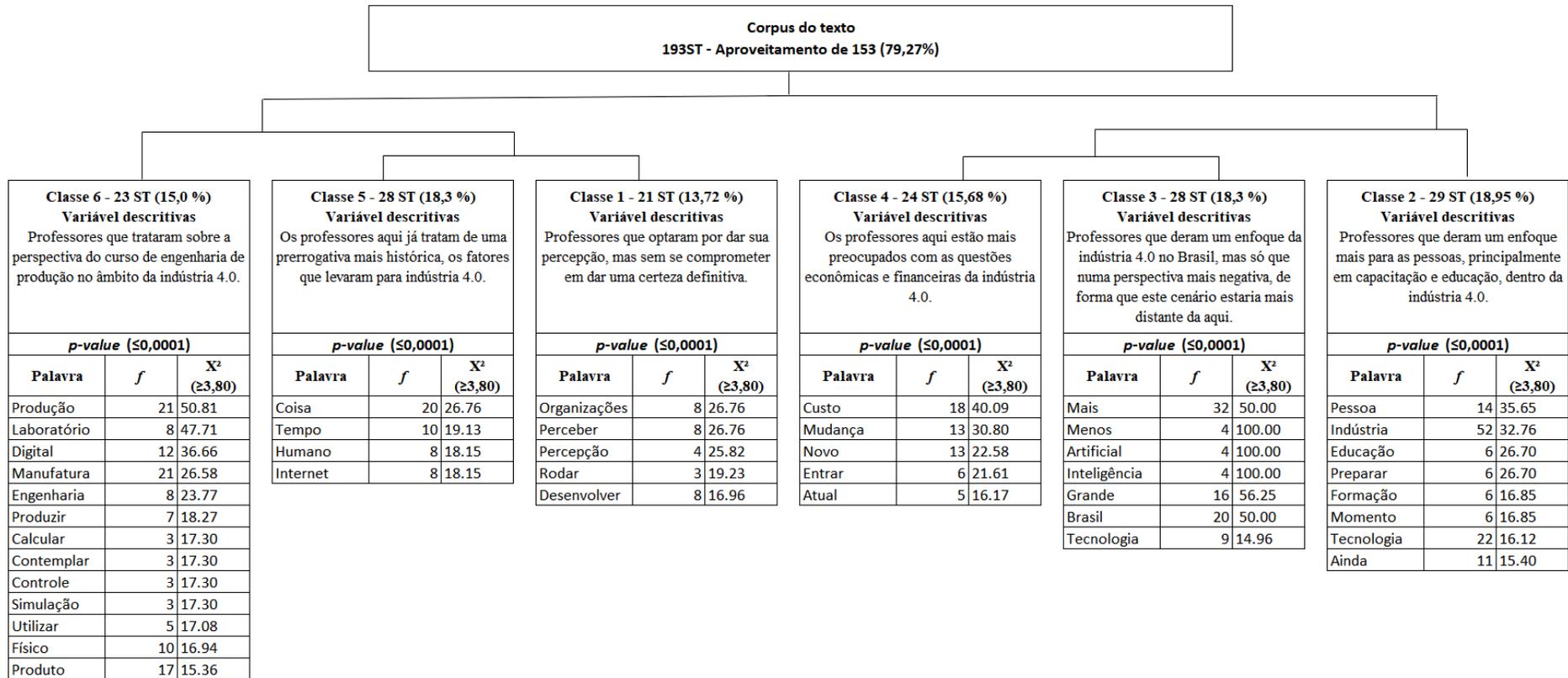


Figura 31 - Classes de Palavras por frequência e qui-quadrados  
Fonte: Autoria própria, realizado por meio do software IRaMuteq.

Essas seis classes encontradas foram divididas em: classe 1, com 13,72%, a classe 2, com 18,95%, a classe 3, com 18,3%, a classe 4, com 15,68%, a classe 5, com 18,3% e por fim, a classe 6, com 15,0% de representação dos segmentos de texto aproveitados. De maneira que cada classe consta das palavras com maior frequência ( $f$ ) e seus respectivos Qui-quadrados ( $\chi^2$ ), garantindo a significância de cada classe apresentada.

A classe 1 (Professores Conservadores, 13,72%) é representada pelos professores que apenas deram suas percepções, e isto é compreensível visto que a indústria 4.0 é um tema muito recente e não está tão consolidado. Enfatizando isso é possível ver nas palavras “Perceber” e “Percepção”, e nos trechos retirados das entrevistas, apresentados abaixo:

*“...então, o que eu percebo é que as organizações, de uma forma geral, elas não têm essa visão! Eu estou falando, mas assim, de uma percepção! Mais pelo lado que é um lado que eu trabalho mais!”*

*“... eu acho que assim... até a gente chegar realmente a primeiro definir esse conceito geral de que é um modelo que a gente gostaria que fosse de que funcionasse daquela forma”*

A classe 2 (Professores Humanistas, 18,95%) representa os professores que levantaram o aspecto humano no âmbito da indústria 4.0, pensando na questão da capacitação e educação. Conforme é possível ver na presença das palavras: “Pessoa”, “Educação”, “Preparação” e “Formação”, e dos trechos retirados das entrevistas, apresentados abaixo:

*“...então eu acho que você deve colocar como pilar também da indústria 4.0 a formação e capacitação dos recursos humanos porque nada adianta você ter tais tecnologias e indústria avançadas se você não tiver pessoas preparadas para trabalhar com a indústria 4.0”*

*“...outro pilar extremamente importante na indústria 4.0 é o pilar da educação e capacitação para a indústria 4.0. Porque assim, a indústria 4.0, vai ter todas as tecnologias habilitadoras e etc. Mas tem que ter as pessoas formadas e preparadas para isso!”*

*“... eu acho que é um tema bastante de momento, mas a gente ainda fala muito em termos de governo e de academia...”*

*“... eu acho que um pilar essencial seria realmente a educação para a indústria 4.0...”*

*“... em termos do trabalhador se identifica ainda a necessidade de formação mais abrangente...”*

A classe 3 (Professores Pessimistas, 18,3%) são dos professores que trataram da perspectiva da indústria 4.0 no Brasil, porém, alertavam sobre o pouco preparo estrutural do país. Para isso, destacam-se as palavras: “Menos” e “Brasil”, além dos trechos retirados das entrevistas, apresentados logo em seguida:

*“...então assim, hoje o que eu percebo é que, por exemplo, o Brasil, na minha percepção, ele engatinha!”*

*“...acho que a concepção é que a gente caminhe para isso num futuro mas eu percebo que a gente ainda está muito longe disso muito longe porque a gente não tem o básico!”*

*“...e o Brasil nesse aspecto ainda está mais atrasado...”*

*“...difícilmente eu vejo o Brasil como produtor ou desenvolvedor de tecnologias da indústria 4.0 isso se deve pelo atraso de investimento em infraestrutura e principalmente em educação ...”*

*“...principalmente na Alemanha, já se tem muitas grandes empresas como a Siemens e a Bosch que são empresas que já tem a indústria 4.0, mas no Brasil, na minha opinião, no Brasil ainda estamos bastante incipientes nessa questão ...”*

*“...tendo como pilar central a inteligência artificial pensando na manufatura numa coisa mais ligada a engenharia de produção e vendo a nossa realidade sabemos que 90 a 95 das indústrias do Brasil são de micro e pequenas empresas que não tem acesso nem talvez a indústria 2...”*

*“...infelizmente o Brasil vai passar a mercê dessa evolução, desse novo passo da indústria, denominado de indústria 4 0, a indústria 4.0 tem como pilar essencial a inteligência artificial aplica a resolver problemas dos mais genéricos...”*

A Classe 4 (Professores Financeiramente Zelosos, 15,68%) aponta os professores que se preocupam mais com a questão financeira e econômica, pois a incrementação da Indústria 4.0 está relacionada com custos adicionais, seja de investimento ou da própria mudança. Realçando as palavras “Custo”, “Mudança” e “Novo”, e vale apontar os trechos:

*“...as empresas elas não estão ainda preparadas para ser indústria 4 0 no Brasil porque isso requer alto investimento...”*

*“... um processo melhor aí você tem que adquirir este novo equipamento, mas e o que você já tem este é o custo de mudança mas por que porque está associado aos custos enterrados...”*

*“... outro ponto importante seria o custo de mudança sobre minha perspectiva normalmente quando se instala um fábrica você tem o que chamamos de custos enterrados que são estes equipamentos e infraestruturas que não tem um mercado organizado para você vender e isso aí é um custo da mudança...”*

*“e isto tem impacto nas finanças da empresa obviamente pois se alterou a estrutura de custos impacta os demonstrativos financeiros da empresa como é que você faz o estudo de viabilidade do software não é igual a de uma máquina”*

Já a classe 5 (Professores Historiadores, 18,3%) retrata uma prerrogativa mais voltada para as questões históricas, ou seja, aquilo que antecedeu e convergiu para o surgimento da indústria. Evidenciando isso as palavras “*Tempo*” e “*Coisa*”, além dos trechos:

*“...e da mesma forma que houveram marcos de ruptura nas outras revoluções industriais desta vez serão os robôs integrados em sistemas ciberfísicos os responsáveis por uma transformação profunda”*

*“...chegou um momento que a manufatura não poderia continuar sozinha e então ela teve que dar as mãos a muitas outras áreas de conhecimento... então pode se ver influências das áreas de computação aplicada, gestão de pessoas e administração ...”*

*“...se você já olhou isso porque estes pilares eles estão baseados em tecnologias habilitadoras talvez se você buscar em manufatura avançada perspectiva da linha americana que vai fazer essas tecnologias habilitadoras talvez te ajude bastante neste levantamento ...”*

*“essas mudanças é o que alguns especialistas vêm denominando de a quarta revolução industrial caracterizada pela convergência de tecnologias digitais físicas e biológicas a indústria 4.0”*

*“onde muitas destas tecnologias habilitadoras estão em torno de novos materiais na biotecnologia e na computação em nuvem por exemplo você tem que desenvolver tudo isso aí que leva ao desenvolvimento da indústria 4.0”*

*“tudo tem que ser muito bem definido até que você conseguir alcançar esse patamar de avanço tecnológico de inovações tecnológicas que eu acho que isso tudo tem muito a ver com esse conceito que a indústria 4.0”*

*“ele desenvolveu ferramentas que era estudos de tempos e movimento mas*

*isso gerou um problema muito sério porque se tratava de a diminuição do homem como ser humano colocava o ser humano praticamente com um robô produzir apenas uma peça de cada vez para construir algo maior que ele nunca via”*

Por fim, a classe 6 (Professores Condescendes com a Engenharia de Produção, 15,0%) aponta os professores que trataram da engenharia de produção no aspecto da indústria 4.0, evidenciando as palavras “Produção”, “Engenharia” e “Contemplar”, além dos trechos:

*“ah... ok! Eu vou criar então um laboratório de engenharia de produção onde o laboratório vai produzir um determinado serviço e para isso ele deve existir também softwares específicos onde você não só utilizaria a manufatura digital para poder produzir esse serviço”*

*“manufatura de um produto físico... ok! A gente poderia pensar num laboratório que você pudesse produzir algum produto e ao mesmo tempo você aplicar as técnicas de engenharia de produção ...”*

*“isso a gente pensando num laboratório de manufatura física quando eu penso num laboratório pensando assim eu posso criar um laboratório de engenharia de produção todo digital manufatura digital”*

*“não têm aqui você pode observar as instalações da universidade de Brasília, umas das melhores universidades do país... top, tudo!... lamentável os laboratórios, são terríveis... pode ter equipamento, mas não se tem o material para trabalhar pois é caro”*

Assim, pode-se perceber que as Classes apresentam discurso diferentes, formando o perfil intrínseco, próprio e característico de cada perfil e linha de pesquisa dos professores, gerando uma prospectiva heterogenia e ampla, embarcando uma diversidade de posicionamentos que se completam e se fortificam.

### **5.2.3. Análise Fatorial Confirmatória (AFC)**

Na Análise Fatorial Confirmatória é visto que quanto mais distantes os elementos dispostos no plano, menos eles falam das mesmas coisas. Mas, de acordo com Nascimento e Meandro (2006) que afirma que a disposição de agrupamentos em polos opostos no plano dos eixos não necessariamente indica relação de oposição semântica desses mesmos agrupamentos, podendo indicar também a complementaridade de mundos distintos. Com isso, é possível ver na

Figura 32 a distribuição e a relação dos principais elementos textuais das entrevistas. De maneira que é possível analisar em que ponto converge o compartilhamento das estruturas textuais de cada classe, observando a interação entre as os trechos de texto e os pontos compartilhados.

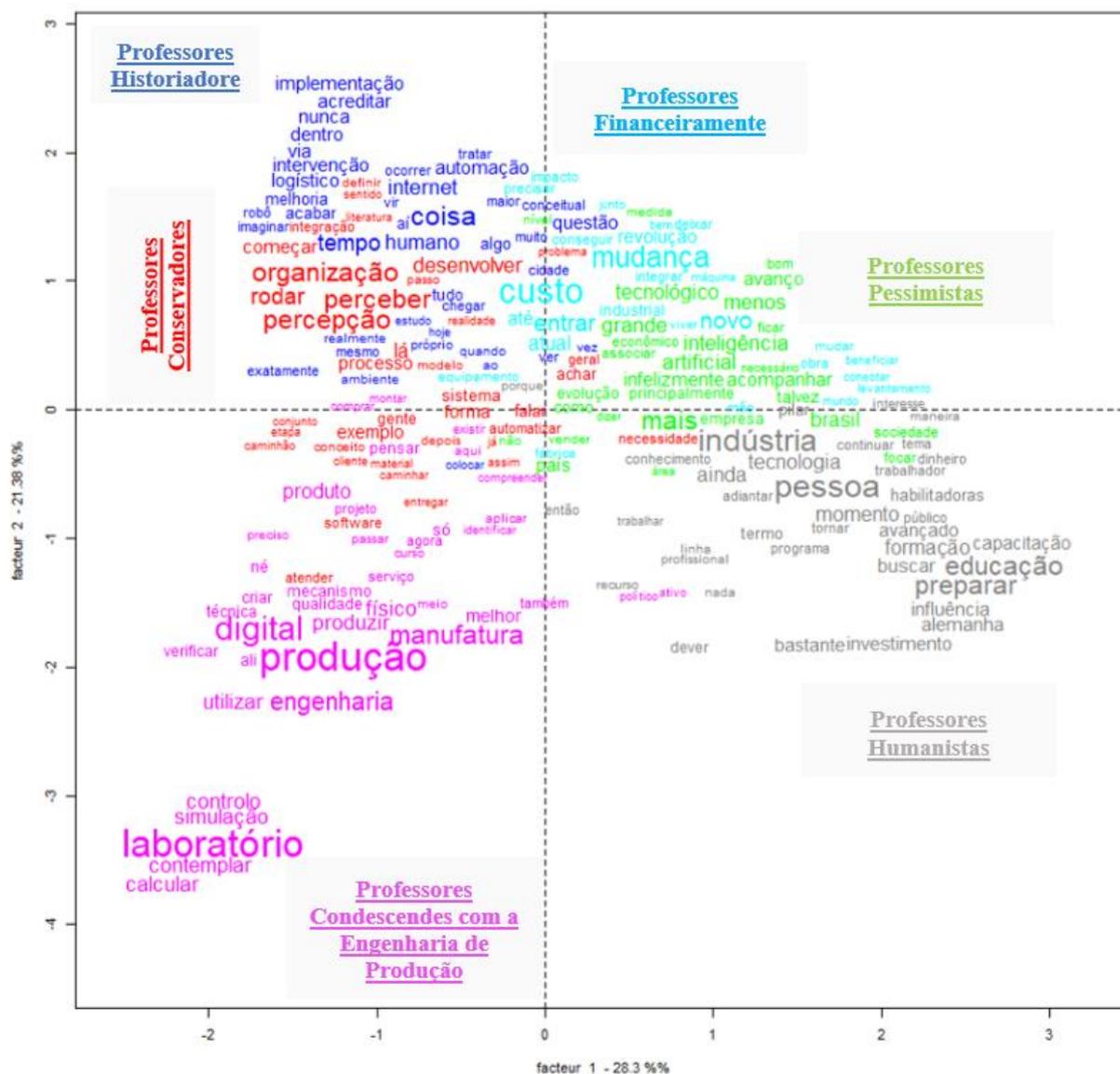


Figura 32 - Análise Fatorial Confirmatória  
 Fonte: Autoria própria, realizado por meio do software IRaMuteq

Com isso, é possível averiguar na Figura 30 e 31 a formação de quatro *clusters*, um para cada quadrante. Onde a classe 6 (Professores Condescendes com a Engenharia de Produção) está mais afastada pois trata da perspectiva da engenharia de produção dentro da indústria 4.0, a classe 5 (Professores Historiadores) e a classe 1 (Professores Conservadores) estão mais próximas pois se por um lado você tem um grupo mais “conservador” por outro você tem um grupo que está preocupado e antever os acontecimentos que convergem para a indústria 4.0. Pode-se ver que os professores mais “pessimistas” compartilham ideias com os professores que estão mais

preocupados com as questões financeiras. Por fim, a classe 2 (Professores Humanistas) tem outras perspectivas que a afasta das outras classes, que seria a visão voltada para os recursos humanos, para o homem dentro deste cenário, robotizado e digital, como a peça fundamental, mas para isto, é necessário o empenho de esforços para a capacitação, para a educação.

E com base no que foi apresentado sobre a formação de cada classe e a distribuição e interação dos trechos das entrevistas, faz todo sentido essas formações de *clusters*, pois, por um lado têm-se um grupo de professores que estão mais preocupados com as questões da perspectiva da engenharia de produção dentro do âmbito da indústria 4.0, juntamente com os professores que buscam uma prerrogativa de como se forma esta indústria 4.0 e aqueles que ainda não deram um posicionamento mais sólido sobre o que ela é frente ao grupo que está mais preocupado com as questões de custos e como o Brasil está longe de chegar a indústria 4.0, principalmente na questão da educação, conclui-se assim, total coerência na formação destes grupos, pois compartilham e complementam pontos distintos ou não.

#### **5.2.4. Análise de Similitude**

Na Análise de Similitude, o tamanho das palavras e a espessura dos traços que as conectam, possui significado, trazendo indicações da conexão entre as palavras e auxiliando na identificação da estrutura de um corpus textual (CAMARGO e JUSTO, 2016). Com isso, esta análise oferece a sequência das palavras no discurso e as ligações mais fortes e de maior frequência no corpus textual. A Figura 33 apresenta o grafo de similitude, onde são destacados três eixos aglutinadores das falas dos entrevistados, de maneira que as palavras mais fortes, ou seja, as que representam cada aglutinação são: “gente”, “não” e “indústria”.

Dando continuidade na análise, é possível identificar o caminho que as palavras percorrem no decorrer da fala dos entrevistados e a tendência que elas possuem de aparecer juntas. Como dito antes, as ligações mais fortes e mais recorrentes no corpus textual são representadas pelas linhas mais espessas.

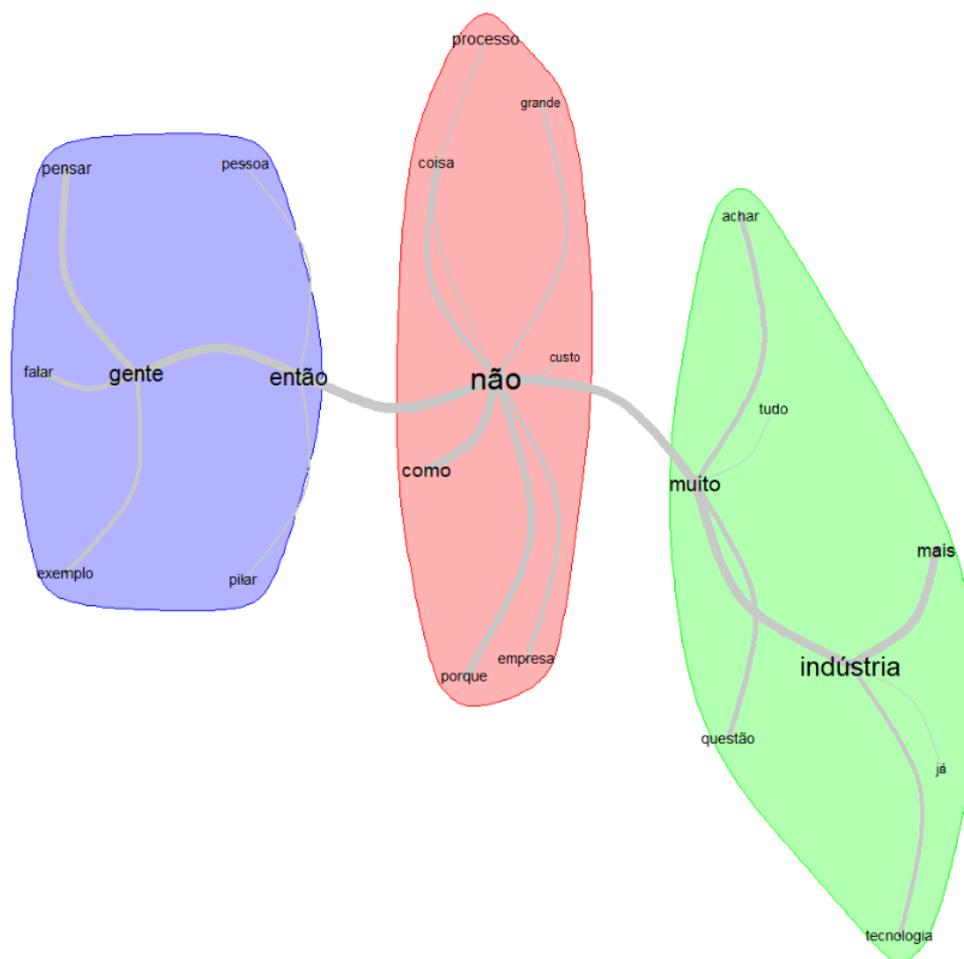


Figura 33 - Grafo de Similitude  
 Fonte: Autoria própria, realizado por meio do software IRaMuteq

De forma geral, a palavra “gente” representa a necessidade que indústria 4.0 tem das pessoas, principalmente sobre a questão de educação e capacitação, onde é evidenciado a palavra “pilare” nessa aglutinação, fortalecendo ainda mais que sem as “pessoas” não existe indústria 4.0. Já a palavra “não” é a mais destacada, isso se deve ao fato que quase todos, se não todos, os entrevistados desacreditam que as “empresas” no Brasil estão aptas para atuar neste novo cenário. Nesta perspectiva, vale ressaltar as palavras “custo”, “processo” e “como”, onde é visto que o custo de mudança e os investimentos necessários para a organização chegarem no âmbito da indústria 4.0 é muito alto, além disso, a palavra “como” está ligado a qual maneira, a forma de se estruturar todas essas tecnologias habitadoras da manufatura avançada, de modo a requerer um domínio forte e intensivo na gestão de processos para isso, referenciando a palavra ”processo” com outro fundamento. Por fim, a outra palavra central é a “indústria”, onde se destacam o “muito”, o “mais”, a “questão” e a “tecnologia”, que seriam os fatores em geral que estruturariam essa nova concepção da quarta revolução industrial, que ainda está muito aberta, ampla, sem um consenso único e unificador.

Assim, pode-se perceber que as principais implicações da Logística do Conhecimento estão como ponto de partida para a construção de uma base sólida e consolidada de tudo que venha a ser a Indústria 4.0, visto que à medida que o mundo se torna mais interligado e os negócios mais complexos e dinâmicos, as atividades precisariam se firmar em profundidade com a informação, que é o elo fundamental da logística do conhecimento.

Dentro do âmbito da Indústria 4.0 existirá uma vasta disponibilidade de dados, muito maior do que pode-se imaginar, gerando com isso uma complexidade enorme em transformar esses dados em informação. Além disso, torna essa informação acessível e disponível em tempo real, com confidencialidade e integridade, que já é um problema nos dias atuais, na indústria 4.0 toma um outro nível de dificuldade, pois as informações deverão reagir dinamicamente as necessidades e mudanças imprevistas, suportando as rápidas operações e gerando entregas efetivas de informações aos usuários, sejam máquinas ou seres humanos, sempre de maneira personalizada e interativa, transformando assim informação em conhecimento.

Complementando esse cenário de grande quantidade de dados gerados a todo momento, junto com a interconexão das coisas, pela internet e computação em nuvem, a junção do mundo físico e digital, pelo sistemas ciber-físicos e manufatura digital ou simulação, e a robótica avançada com a inteligência artificial, é de extrema importância a consolidação do entendimento pleno, ou melhor dizendo, visão sistêmica. Isso seria a fusão dos conhecimentos adquiridos sistematicamente, e a partir desses “vários conhecimentos” adquiridos gerar novos conhecimentos de forma holística, continuada e sistêmica, tema que é amplamente abordado na logística do conhecimento, ver tópico 3.1, e que é de extrema relevância para o sucesso da indústria 4.0. Com isso, o tópico seguinte propõe um modelo que estrutura o cenário da quarta revolução industrial pelos fundamentos da união da Logística do Conhecimento e da Logística, sendo estes dois a base para se alcançar a indústria 4.0.

### **5.3. Aplicações práticas – Modelo Proposto**

Conhecendo as principais implicações da Indústria 4.0, assim como as principais contribuições da literatura, nos três campos do conhecimento: Logística do Conhecimento, Logística e Indústria 4.0 possibilitou um entendimento mais aprofundado da estruturação do novo paradigma industrial, principalmente sobre as questões da informação e do conhecimento, e adicionalmente, por meio das análises de redes e análises textuais das entrevistas com os pesquisadores, foi possível propor um modelo de etapas a serem cumpridas para escalar a pirâmide 4.0, que é apresentado na Figura 34.

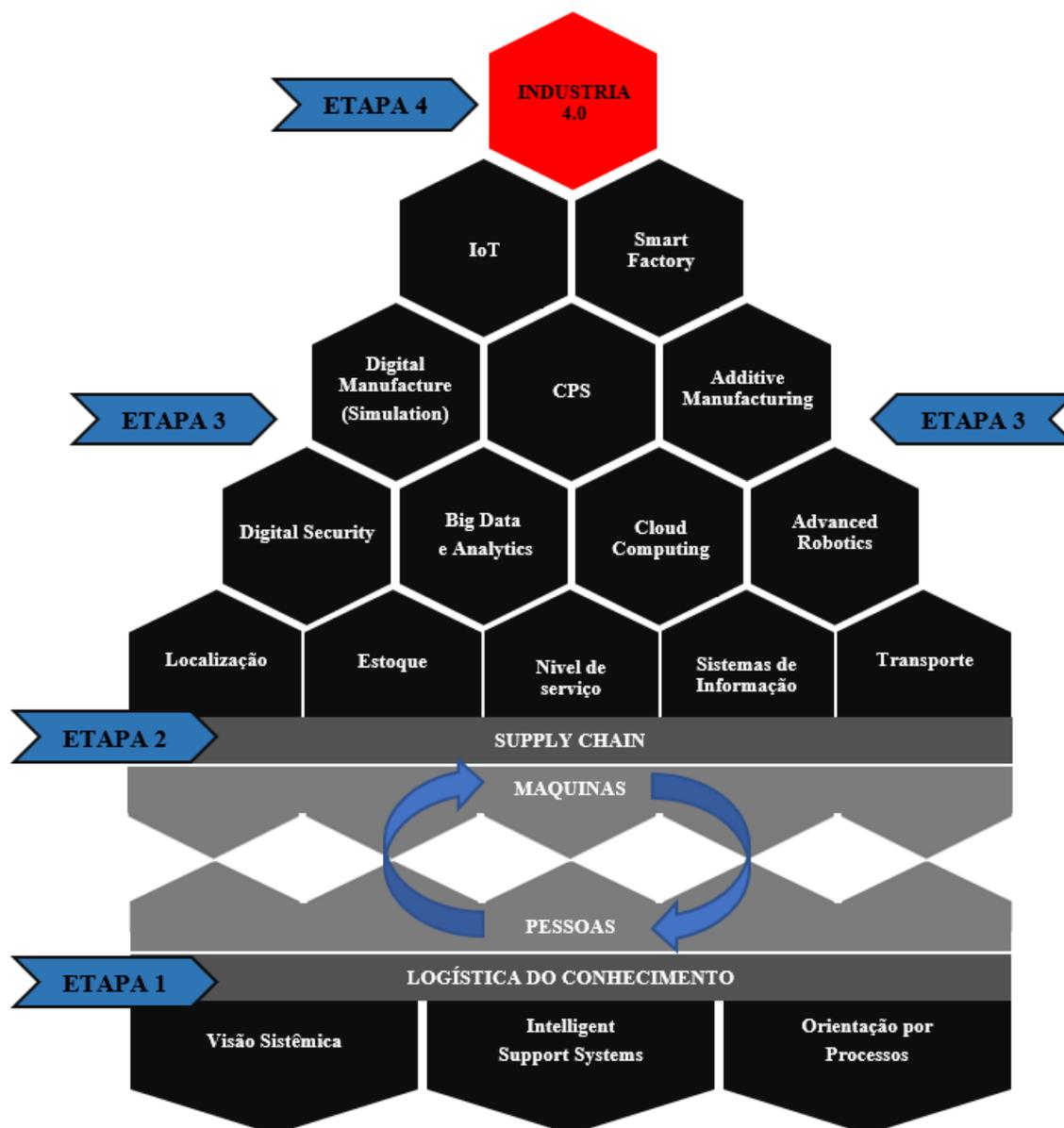


Figura 34 – Modelo proposto  
 Fonte: Autoria própria

Vale salientar que para as empresas alcançarem o âmbito de indústria 4.0 elas devem antes estar muito bem firmadas com a logística do conhecimento, que é a primeira etapa deste processo, tendo uma organização voltada para processos e com visão sistêmica, além do empenho de recursos para o desenvolvimento de sistemas de suporte inteligentes, que formarão a base de um sistema de informação íntegro, seguro e inteligente, que estará apto a receber a implementação do *Big data*, da computação em nuvem e da inteligência artificial, e com isso chegar ao nível de entendimento pleno, ou sabedoria, em todo o *Supply Chain*.

Ressaltando que a gestão do conhecimento por meio dos sistemas inteligentes de informação, ponto que foi discutido no capítulo dois, convergiu para o que hoje conhecemos como

CPS, integração homem máquina. Esta interação de pessoas e máquinas dentro de um sistema começou da perspectiva da Logística do Conhecimento, e foi intensificado pelo empenho do BPM e da inteligência artificial e robótica avançada dentro do *Supply Chain*.

E pela perspectiva da Logística, que é a segunda etapa a ser alcançada, os cinco pilares já consolidados pela literatura – nível de serviço, estoque, transporte, localização e sistemas de informação - ainda são objetos fundamentais dentro das organizações, mas se tornaram ainda mais complexos e dinâmicos no âmbito da indústria 4.0, que está mais interligada e competitiva. Sendo estes cinco pontos os elos de alavancagem e busca continuada por melhoria da tecnologia como ponto de ruptura e eficiência na gestão por competitividade e participação de mercado.

Onde pode-se deparar que a evolução da logística até o *Supply Chain* acompanhará a Indústria 4.0 como fator competitivo para as empresas nos próximos anos. Visto que Fleury e Fleury (1995, p. 58) já dizia que “nunca a tecnologia foi tão importante como nos tempos atuais; mesmo assim, ficou mais difícil estabelecer vantagem competitiva a partir de tecnologia apenas”, encontrando na logística, ou melhor dizendo, no *Supply Chain* uma forma de alavancar a competitividade das organizações que querem se destacar nesse cenário 4.0. Nesta linha, Moura (2006) afirma que atualmente a chave do sucesso está na logística, principalmente quando se trata do contexto de vantagem competitiva e espaço de mercado, pois a preferência do cliente está atrelada a quem chegar primeiro no mercado, quem for mais rápido em dar informações, quem servir melhor e quem entender melhor as necessidades e expectativas dos clientes.

Além disso, outro ponto de destaque é que, independentemente da efetiva consolidação da Logística com a Logística do Conhecimento que estruturaram fundamentalmente a indústria do futuro, sem a visão organizacional voltada para a gestão de processos não será possível a efetiva implementação das novas tecnologias habilitadoras da manufatura avançada dentro das organizações, pois sem gestão de processos não saberemos em que patamar a organização se encontra atualmente, e sem isso não conseguiremos projetar as devidas ações que alavancarão a organização para o patamar de Indústria 4.0.

Após alcançar plenamente as etapas 1 e 2, a etapa seguinte é a implementação das tecnologias habilitadoras e os métodos disruptivos e inovadores de manufatura, como a manufatura digital e aditiva, a robótica avançada, big data, inteligência artificial, internet das coisas, entre outros que já foram discutidos no corpo deste trabalho, objetivando com isso a devida integração e alcance pleno dos nove elos, *Cyber-Physical Systems (CPS)*, *Internet of Things (IOT)*, *Additive Manufacturing*, *Digital Manufacture (Simulation)*, *Smart Factory*, *Big Data e Analytics*, *Cloud Computing*, *Digital Security e Advanced Robotics*, propostos neste trabalho e com isso alcançar a última etapa, etapa 4, e está no nível, âmbito da Indústria 4.0.

Com isso, foi definido que a Indústria 4.0 é a convergência, integração plena de um leque

de tecnologias inovadoras, ou não, que são usadas em conjunto, com o objetivo de automatizar sistematicamente todos os processos industriais e logísticos, em todo o *Supply Chain*, com o maior nível de autonomia e integração homem-máquina, ao nível de conhecimento pleno de todo o sistema, ou seja, tudo que acontece é controlado de forma holística, em tempo real e em qualquer lugar do mundo, seja por homens ou pelas próprias máquinas.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS, LIMITAÇÕES E FUTURAS LINHAS DE PESQUISA

De forma que compreender a Indústria 4.0 é compreender os elementos que a compõe, assim como aqueles acessórios para seu bom funcionamento. Visto que uma vez exista as dificuldades e implicações envolvidas no processo de preparação para esse cenário 4.0, torna-se fundamental conhecer suas implicações, com isso, esta pesquisa buscou responder quais seriam as implicações da Indústria 4.0 para o contexto da Produção. A pesquisa mostrou que as organizações primeiramente devem ter uma gestão de processos efetiva, por meio da logística do conhecimento e investir fortemente na logística, inclusive no âmbito do *Supply Chain*, buscando diferenciação competitiva. Além deste dois pontos, vale destacar a importância da formação e capacitação das pessoas para esta indústria do futuro, uma vez que nada adianta você ter tais tecnologias disruptivas e indústrias avançadas se você não tiver pessoas capacitadas para trabalhar e atuar neste campo de Indústria 4.0.

Por meio da Revisão Sistemática da Literatura e pelas análises bibliométricas realizadas, via a metodologia TEMAC, juntamente com o emprego de entrevista semiestrutura frente ao corpo docente da Engenharia de Produção da Universidade de Brasília, que em seguida foi submetida a uma análise textual com o software IRaMuTeQ, foi possível alcançar plenamente os objetivos da pesquisa.

Foi definindo, metodologicamente, um modelo de adoção de fatores incrementais para preparação das organizações para a Indústria 4.0. Dentro dos objetivos específicos, foi possível apontar os fatores que influenciam na alta performance dos três campos de estudo, Logística do Conhecimento – Visão Sistêmica, *Intelligent Support Systems* e Orientação por Processos; Logística – Nível de Serviço, Sistemas de Informação, Gestão de Estoques, Transporte e Localização; e da Indústria 4.0 – *Cyber-Physical Systems (CPS)*, *Internet of Things (IOT)*, *Additive Manufacturing*, *Digital Manufacture (Simulation)*, *Smart Factory*, *Big Data e Analytics*, *Cloud Computing*, *Digital Security* e *Advanced Robotics*, além das abordagens teóricas proeminentes de cada um dos campos. Foi levantado também as percepções dos professores da Engenharia de Produção da Universidade de Brasília, em que todos concordaram que o Brasil em geral está bem distante do âmbito da Indústria 4.0 e que seríamos mais consumidores destas tecnologias do que produtores precursores, e isso se deve muito ao fato da falta de investimento em educação e desenvolvimento tecnológico, fora os custos de mudança e de investimentos atrelados as implementações das tecnologias habitadoras que embarcam este novo cenário industrial. E após comparar e analisar as contribuições da literatura com a percepção dos professores, foi possível propor um modelo integrador da Indústria 4.0 estruturado a partir do levantamento sistêmico da literatura, juntamente com a percepção dos professores pesquisadores

do curso de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília.

E em prol das pesquisas futuras, recomenda-se um maior aprofundamento do arcabouço teórico para cada fator apontado nas três áreas do conhecimento Logística, Logística do Conhecimento e Indústria 4.0 tratados nesta pesquisa. Além de desenvolver um estudo sobre cada tecnologia habilitadora e a sua viabilidade econômica. Por fim, seria interessante um estudo que aplicasse o modelo proposto neste trabalho em uma organização, visando analisar as mudanças e os impactos dentro da organização.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMBRUST, M.; FOX, A.; GRIFFITH, R.; JOSEPH, A. D.; KATZ, R. H.; KONWINSKI, A.; LEE, G.; PATTERSON, D. A.; RABKIN, A.; STOICA, I.; ZAHARIA, M. **Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing**. Electrical Engineering and Computer Sciences University of California at Berkeley, fev. 2009.

ASSOCIATION OF BUSINESS PROCESS MANAGEMENT PROFESSIONALS - ABPMP. **Guia para o gerenciamento de processos de negócio corpo comum de conhecimento**. ABPMP, 2009.

AZEVEDO, M. **Transformação digital na indústria: indústria 4.0 e a rede de água inteligente no Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BALDAM, R.; VALLE, R.; ROZENFELD, H. **Gerenciamento de Processos de Negócio BPM: uma referência para implantação prática**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Logística Empresarial**. Bookman Editora, 2009.

BALTHAZAR, J. C.; DA SILVA, J. M. **A Aprendizagem Baseada em Projeto no Curso de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília**. In: Second Ibero-American Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE'2010): Creating Meaningful Learning Environments. 2010. p. 141-144.

BEAMON, B. M. 1998 **Supply chain design and analysis: Models and methods**. International Journal of Production Economics.

BLANCHET, M. et al. **Industry 4.0: The new industrial revolution-How Europe will succeed**. Hg. v. Roland Berger Strategy Consultants GmbH. München. Abgerufen am 11.05. 2014, unter [http://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland\\_Berger\\_TAB\\_Industry\\_4\\_0\\_2014\\_0403.pdf](http://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland_Berger_TAB_Industry_4_0_2014_0403.pdf), 2014.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 2006. (Coleção Ciências da Educação).

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística Empresarial: O Processo de Integração da Cadeia de Suprimento**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2001.

BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. **The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies**. WW Norton & Company, 2014.

CALAZANS, A. T. S. et al. **Uma Revisão Sistemática da Bibliografia sobre Usabilidade Móvel Utilizando o Enfoque Meta-Analítico**. Revista Espacios. v. 37. n. 10. p. 18, 2015.

CAMARGO, B. V.; JUSTO, A. M. **IRAMUTEQ: um software gratuito para análise de dados textuais**. Temas em psicologia, v. 21, n. 2, p. 513-518, 2013.

CAMARGO JUNIOR, J. B.D.; PIRES, S. R. I.; SOUZA, AHR. **Sistemas integrados de gestão ERP e cloud computing: Características, vantagens e desafios**. SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, v. 2010, 2010.

CARBONE, P. P.; BRANDÃO, H. P.; LEITE, J. B. D. **Gestão por competências e gestão do conhecimento**. In: Gestão por competências e gestão do conhecimento. 2009.

CHEN, I. J.; PAULRAJ, A. **Towards a theory of supply chain management: the constructs and measurements**. Journal of Operations Management, 22: 119-150 – 2004.

CHIABURU, D. S. **Analytics: A Catalyst for Stagnant Science**. Journal of Management Inquiry, v. 25, n. 1, p. 111-115, 2015. Disponível em: <<http://jmi.sagepub.com/content/early/2015/08/21/1056492615601342.abstract>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

- CNI, Confederação Nacional da Indústria. **Indústria 4.0**: novo desafio para a indústria Brasileira. 2016.
- COBO, M. J. et al. **SciMAT: A new science mapping analysis software tool**. Journal of the Association for Information Science and Technology, v. 63, n. 8, p. 1609-1630, 2012.
- CUNICO, M. W. M. **Impressoras 3D**: o novo meio produtivo. Concep3d Pesquisas Científicas, 2015.
- DE CARLI, P. C.; DELAMARO, M. C.; SALOMON, V. A. P. **Identificação e priorização dos fatores críticos de sucesso na implantação de fábrica digital**. Revista Produção. São Paulo, 2010.
- DE CARLI, P. C.; DELAMARO, M. C. **Implantacao da Manufatura Digital numa Empresa**: Identificando os Fatores Críticos de Sucesso. Proceedings of XVII Encontro Nacional da Engenharia de Produção, p. 1-10, 2007.
- DO PRADO, D. S. **Usando o Arena em simulação**. Desenvolvimento Gerencial, 2004.
- DURÃO, L. F. CS et al. **Additive manufacturing scenarios for distributed production of spare parts**. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 93, n. 1-4, p. 869-880, 2017.
- DUSTDAR, S. C. **A process-aware collaboration system supporting ad hoc and collaborative processes in virtual teams**. Distributed and parallel databases, v. 15, n. 1, p. 45-66, 2004.
- DRATH, R.; HORCH, A. **Industrie 4.0: Hit or hype?** [industry forum]. IEEE industrial electronics magazine, v. 8, n. 2, p. 56-58, 2014.
- EINSIEDLER, I. **Embedded Systeme für Industrie 4.0**. Product. Manag. v. 18, p. 26– 28, 2013.
- FIASCHETTI, A.; PIETRABISSA, A.; DELLI PRISCOLI, F. **Towards manufacturing 2.0**: An innovative architecture for the Factory of the Future. 2015 European Conference on Networks and Communications, EuCNC 2015, p. 450–454, 2015.
- FISCHER, A. L. et al. **Gestão por competências**: um modelo avançado para o gerenciamento de pessoas. 2001.
- FISHER, F. **Essa tal Logística 4.0**. Tecnológica, São Paulo, v. 246, n. 1, p.44-52, out. 2016. Mensal.
- FISHER, M. **What is the right supply chain for your product?** (1997). Harvard Business Review. 75.2 (March-April 1997): p105.
- FLEURY, A. C. C.; FLEURY, M. T. L. **Aprendizagem e inovação organizacional**: as experiências de Japão, Coréia e Brasil. Atlas, 1995.
- FONSECA, J. J. S. **Metodologia da Pesquisa Científica**. 2002.
- FRANCESCHINI, P. C. **Essa tal Logística 4.0**. Tecnológica, São Paulo, v. 246, n. 1, p.44-52, out. 2016. Mensal.
- FREEMAN, L. C. **“Centrality in Social Networks: Conceptual Clarification”**, Social Networks, v. 1, pp. 215-239, 1978.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas,2002.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.
- GIBSON, I.; ROSEN, D. W.; STUCKER, B. **Design for additive manufacturing**. In: Additive Manufacturing Technologies. Springer, Boston, MA, 2010. p. 299-332.
- GROOVER, Mikell P. **Robótica: tecnologia e programação**. McGraw-Hill, 1989.

GUNASEKARAN, A.; PATEL, C.; MCGAUGHEY, R. E. **A framework for supply chain performance measurement**. International journal of production economics, v. 87, n. 3, p. 333-347, 2004.

HEBER, A. **Business Insider**. Disponível em: <<http://www.businessinsider.com.au/chart-by-2020-theres-going-to-be-six-times-more-devices-connected-to-the-internet-than-people>>. Acesso em: 27 abril 2018.

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.

HOFMANN, E.; RÜSCH, M. **Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics**. Computers In Industry. Gallen, Suíça, p. 23-34. abr. 2017.

HOMPEL, M. T. et al. **Logistics and Supply Chain Innovation: Bridging the Gap between Theory and Practice**. Essen, Alemanha: Springer, 2016. 430 p.

HVOLBY, H.H.; TRIENEKENS, J. **Supply chain planning opportunities for small and medium sized companies**. Comput Ind 49:3-8, 2002.

KANG, H. S. et al. **Smart manufacturing**: Past research, present findings, and future directions. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology, v. 3, n. 1, p. 111-128, 2016.

JÚNIOR, J. P. B. **Big Data**: identificação dos fatores críticos de sucesso. 2015. Tese de Doutorado. Instituto Superior de Economia e Gestão.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0**. Frankfurt; Main: National Academy of Science and Engineering, 2013. Disponível em: Acesso em: 3 mar. 2016.

KHAN, S. **Leadership in the digital age**: A study on the effects of digitalisation on top management leadership. 2016.

KOHAVI, R.; ROTHLENDER, N.; SIMOUDIS, E. **Emerging Trends in Business Analytics**. Communications of the ACM, v. 45, n. 8, p. 45-48, 2002.

KRANENBURG, R.; ANZELMO, E.; BASSI, A.; CAPRIO, D.; DODSON, S.; RATTO, M. **The Internet of Things**. 1st Berlin Symposium on the Internet and Society. Outubro de 2011.

LAHLOU, S. **L'analyse lexicale**. Variances, n. 3, p. 13-24, 1994.

LAKATOS, E. M. MARCONI, M. A. **Técnicas de pesquisa**: planejamento e execução de pesquisas, amostragem e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1996.

LAURINDO, F. J. B. et al. **O papel da tecnologia da informação (TI) na estratégia das organizações**. Gestão & Produção, v. 8, n. 2, p. 160-179, 2001.

LEE, C. W.; KWON, I.; SEVERANCE, D. **Relationship between supply chain performance and degree of linkage among supplier, internal integration and customer**, Supply Chain Management: An International Journal, v. 12, n. 6, p. 444-452, 2007.

LEE, H. L.; BILLINGTON, C. (1992) **Managing supply chain inventory**: pitfalls and opportunities. Sloan Management Review; Cambridge, Mass. Vol. 33.

LEE, H. L.; PADMANABHAN, V.; WHANG, S. **Information distortion in a supply chain**: The bullwhip effect. Management science, v. 43, n. 4, p. 546-558, 1997.

LEE, J.; KAO, H.; YANG, Shanhu. **Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment**. Procedia Cirp, v. 16, p. 3-8, 2014.

MAIA, R. T. **A importância da disciplina de metodologia científica no desenvolvimento de produções acadêmicas de qualidade no nível superior.** Rev Urutágua, v. 14, n. 7, p. 1-8, 2008.

MANZINI, E. J. **Entrevista semi-estruturada:** análise de objetivos e de roteiros. Seminário internacional sobre pesquisa e estudos qualitativos, v. 2, p. 10, 2004.

MANZINI, E. J. **Uso da entrevista em dissertações e teses produzidas em um programa de pós-graduação em educação.** Revista Percurso, p. 149-171, 2012.

MARIANO, A. M. et al. **Meta Análises como Instrumento de Pesquisa:** Uma Revisão Sistemática da Bibliografia Aplicada ao Estudo das Alianças Estratégicas Internacionais. Congresso internacional de Administração: Gestão Estratégica: inovação colaborativa e competitividade (p. 12). Ponta Grossa: UEPG, 2011.

MARIANO, A. M.; ROCHA, M. S. **Revisão da Literatura:** Apresentação de uma Abordagem Integradora. In: AEDM International Conference–Economy, Business and Uncertainty: Ideas for a European and Mediterranean industrial policy. Reggio Calabria (Italia). 2017.

MASLARIĆ, M.; NIKOLIČIĆ, S.; MIRČETIĆ, D. **Logistics Response to the Industry 4.0:** the Physical Internet. Gruyter. Novi Sad, Servia, p. 511-517. ago. 2016.

MCCUMBER, John. **Information systems security:** A comprehensive model. In: Proceedings of the 14th National Computer Security Conference. National Institute of Standards and Technology, 1991.

MIGUEL.P; BRITO L. **Supply Chain Management measurement and its influence on Operational Performance** – 2009.

MONOSTORI, L. et al. **Cyber-physical systems in manufacturing.** CIRP Annals, v. 65, n. 2, p. 621-641, 2016.

MONTEIRO, A. e BEZERRA, A. L. B. **Vantagem competitiva em logística empresarial baseada em tecnologia de informação.** VI SEMINÁRIO EM ADMINISTRAÇÃO FEA/USP, v. 6, 2003.

MOURA, B. **Logística:** conceitos e tendências. Centro Atlantico, 2006.

NASCIMENTO, A.R.A.D. e MENANDRO, P.R.M., 2006. **Análise lexical e análise de conteúdo:** uma proposta de utilização conjugada. Estudos e pesquisas em Psicologia, 6(2), pp.72-88.

NAZÁRIO, P. **A importância de sistemas de informação para a competitividade logística.** Revista Tecnológica, São Paulo, ano, v. 5, 1999.

NEPOMUCENO, Carlos. **Logística empresarial:** uma ferramenta importante. 2016. Disponível em: <<http://iapeb.com.br/logistica-empresarial/>>. Acesso em: 05 maio. 2018.

NIST. **NIST Big Data Interoperability Framework:** Volume 1, Definitions. v. 1, p. 32, 2015.

NOVAES, A. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição.** Elsevier Brasil, 2016.

O'BRIEN, J. A.; MARAKAS, G. M. **Administração de Sistemas de Informação.** New York City, USA: McGraw-Hill/Irwin, Bookman Editora, 2013.

OLIVEIRA, S. L. **Tratado de Metodologia Científica.** São Paulo: Pioneira, 1997.

PIOVESAN, A.; TEMPORINI, E. R. **Pesquisa exploratória:** procedimento metodológico para o estudo de fatores humanos no campo da saúde pública. Revista Saúde Pública, v. 29, n. 4, p. 318-25, 1995.

PIRES, S. R. I. **Gestão da cadeia de suprimentos (Supply Chain Management):** conceitos, estratégias e casos. São Paulo: Atlas, 2004.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE - PMI. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos: guia PMBOK**. 5. ed. EUA: Project Management Institute, 2013.

PROVOST, F.; FAWCETT, T. **Data Science for Business: What you need to know about data mining and data-analytic thinking**. " O'Reilly Media, Inc.", 2013.

RAMOS-RODRÍGUEZ, A. R.; RUÍZ-NAVARRO, J. **Changes in the intellectual structure of strategic management research: a bibliometric study of the strategic management journal, 1980-2000**. Strategic Management Journal, 25, 981-1004, 2004.

RAJKUMAR, R. R. et al. **Cyber-physical systems: the next computing revolution**. Proceedings of the 47th Design Automation Conference, 2010. ACM. p.731-736.

REDEL, R.; HOUNSELL, M. da S. **Implementação de simuladores de robôs com o uso da tecnologia de realidade virtual**. In: IV Congresso Brasileiro de Computação, Itajaí-SC. IV CBCOMP. 2004. p. 398-401.

REZENDE, S. O. **Sistemas inteligentes: fundamentos e aplicações**. Editora Manole Ltda, 2003.

SANTOS, D. B. P.; BARBOSA, E. E. F.; **Manufatura digital no planejamento da automação da usinagem de componentes powertrain. Blucher Engineering Proceedings, AUTOMOBILES, FIAT Chrysler**. São Paulo, v. 2, n. 1, p. 1-7, 2015.

SCHMICK, F.; LÜDERS, N. O.; WOLLNACK, J. **Automated assembly of large CFRP structures: Adaptive filling of joining gaps with additive manufacturing**. In: Assembly and Manufacturing (ISAM), 2016 IEEE International Symposium on. IEEE, 2016. p. 126-132.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SENGE, P. M. **The fifth discipline: the art and practice of the learning organization**. 1990.

SERRA, F. R.; FERREIRA, M. P.; ALMEIDA, M. I. R.; VANZ, S. A. S. **A pesquisa em administração estratégica nos primeiros anos do século XXI: um estudo bibliométrico de citação e cocitação no strategic management journal entre 2001 e 2007**. Revista eletrônica de estratégia e negócios, 5(2), 257-274, 2012.

SHROUF, F.; ORDIERES, J.; MIRAGLIOTTA, G. **Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm**. In: Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2014 IEEE International Conference on. IEEE, 2014. p. 697-701.

SILVEIRA, C. B.; LOPES, G. C. **O que é Indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo**. 2016. Disponível em: . Acesso em: 25 abr. 2017.

SINGER, T. **Tudo conectado: conceitos e representações da internet das coisas**. Simpósio em tecnologias digitais e sociabilidade, v. 2, p. 1-15, 2012.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSON, R. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SMIRNOV, A. et al. **Knowledge source network conFfiguration approach to knowledge logistics**. International Journal of General Systems, v. 32, n. 3, p. 251-269, 2003.

SMIT, J., KREUTZER, S., MOELLER, C., CARLBERG, M. **Industry 4.0**, Study for the ITRE Committee, Policy Department A: Economic and Scientific Policy, European Parliament, Brussels, 2016.

SZTIPANOVITS, J. et al. **Toward a science of cyber-physical system integration**. Proceedings of the IEEE, v.100, n. 1, p. 29-44, 2011.

TESCH, R. **Qualitative research: analysis, types and software tools**. New York: The Falmer Press, 1990.

TURBAN, E. et al. **Business Intelligence: um enfoque gerencial para a inteligência do negócio.** Bookman Editora, 2009.

WAN, J. F. et al. **Advances in Cyber-Physical Systems Research. Ksii Transactions on Internet and Information Systems**, v. 5, n. 11, p. 1891-1908, Nov 2011.

WANG, S. et al. **Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook.** International Journal of Distributed Sensor Networks, v. 12, n. 1, p. 3159805, 2016.

WANGA, G.; HUANG, S. H.; DISMUKESA, J. P. **Product-driven supply chain selection using integrated multi-criteria decision-making methodology.** International Journal of Production Economics, v. 91, p. 1-15, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A máquina que mudou o mundo.** Gulf Professional Publishing, 2004.

WU, Ye- chun Jim et al. **Global logistics management curriculum: perspective from practitioners in Taiwan.** Supply Chain Management: An International Journal. Taiwan, p. 376-388. fev. 2013.

ZAWADZKI, P.; ŻYWICKI, K. **Smart product design and production control for effective mass customization in the Industry 4.0 concept.** Management and Production Engineering Review, v. 7, n. 3, p. 105-112, 2016.

---

## APÊNDICES

### APÊNDICE I – Transcrição das entrevistas

\*\*\*\* \*professor1

\*LinhadePesquisa\_GestãodeSistemasdeProduçãoeOperações \*sexo\_M

A respeito da indústria 4.0 digamos que é um novo passo ao desenvolvimento da indústria e da sociedade, mas ainda é muito restrito a poucos países que estão muito desenvolvidos. As áreas que tenha aplicação na indústria 4.0, como: medicina, inteligência artificial e as tecnologia de ponta, infelizmente elas não estão acessíveis a grande maioria da população, a grande maiorias dos países, inclusive o Brasil. Mas de forma geral eu acho que isso é uma onda que vai vingar que vai ser implantado, só que com delay, um atraso muito grande no Brasil. Nós infelizmente iremos ser consumidor desses produtos da indústria 4.0. Dificilmente eu vejo o Brasil como produtor ou desenvolvedor de tecnologias da indústria 4.0. Isso se deve pelo atraso de investimento em infraestrutura e principalmente em educação. Infelizmente o Brasil vai passar a mercê dessa evolução, desse novo passo da indústria, denominado de indústria 4.0

A indústria 4.0 tem como pilar essencial a inteligência artificial aplica a resolver problemas dos mais genéricos. Então, partindo deste pressuposto, da indústria 4.0 tendo como pilar central a inteligência artificial, pensando na manufatura numa coisa mais ligada a engenharia de produção e vendo a nossa realidade, sabemos que 90 a 95 % das industrias do Brasil são de micro e pequenas empresas que não tem acesso nem talvez a indústria 2.0 que dirá 3 e muito menos 4, então eu acho que a gente não tem estrutura, desenvolvimento tecnologia para acompanhar essa evolução. Mas de qualquer forma, para mim dos pilares que eu mais fixei é a questão da inteligência artificial.

Eu acho que esses são os principais, pelo que eu me lembro, justamente que me vem a lembrança, é essa questão da inteligência artificial aplicada a diagnóstico. Vamos pegar o exemplo de uma doença, o câncer, então temos algoritmos hoje muito sofisticados que conseguem com precisão, maior até que um especialista da área, diagnosticar casos complexos. Então na indústria 4.0, focada a questão da manufatura, eu acho que a gente não tem muito que avançar por aqui tão cedo! Talvez por isso que eu falei poucas coisas. Grandes empresas no Brasil talvez tenha o acesso a essas áreas, mas não de forma integrada. Mas de qualquer maneira está muito distante da realidade da sociedade Brasileira. Tipo assim, até citando o livro do Klaus Schwab, que ele faz essa ressalva que realmente é um avanço, mas que vai ter um impacto, digamos uma resistência muito grande de alguns setores da sociedade, justamente por falta de capacitação! Uma grande massa da população não vai ter condições de acompanhar ou se beneficiar dos avanços associados as tecnológicos da indústria 4.0 por não ter um bom nível de escolaridade exigido para tal.

\*\*\*\* \*professor2

\*LinhadePesquisa\_GestãodaProdução,GestãoEstratégicaeOrganizacion  
al \*sexo\_M

Avanços como robótica, nanotecnologia, inteligência artificial, internet das coisas, veículos autônomos, impressão em 3D, biotecnologia, novos materiais, armazenamento de grandes quantidades de energia e computação quântica vem provocando mudanças no nosso dia a dia. E da mesma forma que houveram marcos de ruptura nas outras revoluções industriais, desta vez serão os robôs integrados em sistemas ciberfísicos os responsáveis por uma transformação profunda. Essas mudanças é o que alguns especialistas vêm denominando de a quarta revolução industrial, caracterizada pela convergência de tecnologias digitais, físicas e biológicas

A Indústria 4.0 é o paradigma industrial que está incorporando os mais recentes avanços tecnológicos no desenvolvimento das chamadas Fábricas Inteligentes, com processos de produção mais eficientes autônomos e customizáveis por intermédio da utilização, dentre outros, da robótica, dos sistemas cyber-físicos (CPS), impressora 3D,, realidade aumentada, internet das coisas (IoT), computação na nuvem, big data e internet dos serviços, que são dispositivos inteligentes que coletam e transmitem continuamente informações de processos objetos e até das pessoas por meio das redes sociais por exemplo.

Onde a indústria 4.0 nada mais que uma quarta revolução industrial. É um avanço dos sistemas de produção que vieram para ficar. Não tem volta isso não! E o Brasil está bem atrasado neste processo todo.

E o que está por trás disso é fundamentalmente a inteligência artificial e os sistemas especialistas. Agora você tem aí uma serie de ferramentas como robótica, automação e a linguagem de máquina, também é outro aspecto, mas eu diria que a questão da inteligência artificial é o grande propulsor dessa transformação. A robótica acho que não dá para ignorar a robótica e o exoesqueleto. Eu acho que são dois pontos que já vieram para ficar e que já estão se consolidando aí.

Será necessária uma mudança no perfil da mão de obra atual que será afetada por estes cortes decorrentes da evolução tecnológica da produtividade e da extinção de funções e do surgimento de outras. De maneir que estes trabalhadores precisam ser qualificados para novos desafios. Por último, o que particularmente mais me preocupa é Os trabalhadores menos qualificados que estarão em situação de grande vulnerabilidade e correndo risco de exclusão social se não houver também mudanças no modelo econômico global. As empresas exigirão um colaborador diferente, mais versátil, ágil e conectado. Os profissionais da atual geração e os que estão entrando agora no mercado de trabalho precisarão naturalmente de um processo de desenvolvimento diferenciado e de adaptação.

Em termos do trabalhador identifica-se ainda a necessidade de formação mais abrangente. A qualificação profissional como mencionamos será tema cada vez mais recorrente. No que diz respeito

ao perfil, os trabalhadores da Indústria 4.0 vão necessitar da formação multidisciplinar que os auxilie a compreender e trabalhar com uma grande variedade de tecnologias necessárias para a operação de empresas e de processos em fábricas inteligentes. Ou seja, não basta mais estar focado em uma única competência! Se hoje as empresas se desdobram em busca dos melhores colaboradores a indústria 4.0 tornará essa procura mais intensa. A competição pelos talentos será mais acirrada acompanhando o avanço tecnológico.

Com a tecnologia praticamente tomando conta dos processos de manufatura uma das exigências naturais que as empresas farão é justamente a flexibilidade do trabalhador para se adaptar ao meio. Isso significa que as pessoas deverão demonstrar habilidade para lidar com diferentes tecnologias e interesse no aprendizado constante em relação às novas funções que surgirão. Cotidianamente, isso representará a necessidade de muito estudo e capacitação, ou seja, a formação continuada estará cada vez mais presente na vida do trabalhador. Os profissionais deverão aprender a aprender e buscar conhecimentos para compreender o novo momento para estarem aptos.

**\*\*\*\* \*professor3 \*LinhadePesquisa\_EngenhariaEconômica \*sexo\_M**

Eu entendo que a indústria 4.0 tem a ver com as fases das revoluções industriais. Onde nós estaríamos presenciando a quarta revolução. Os exemplos da indústria, abrangendo os serviços também de modo geral, de maneira que a cada vez mais a presença de tecnologias que não usam mão de obra e são mais extensivas em capital e setores da economia e que o sujeito não detém o ativo. Mas o crescimento econômico só existe quando aprofunda o capital físico e esse crescimento de capital físico está associado ao avanço tecnológico agora como é que isso se aplica ao Brasil? O Brasil não tem poupança. Todo mundo está falando em indústria 4.0 e tal, mas cadê o dinheiro para investir nestas tecnologias? Para você ver, cadê os aportes de recursos para a área acadêmica, para as áreas de tecnologia? Não têm! Aqui você pode observar as instalações da universidade de Brasília, umas das melhores universidades do país... TOP! Tudo lamentável, os laboratórios então ... são terríveis! Pode ter equipamento mas não se tem o material para trabalhar, pois é caro. E esses equipamentos mais modernos são muito caros, pois são importados e tal. Eu acho que o desenvolvimento tecnológico seja da indústria 4.0 ou não têm que ter dinheiro, tem que ter poupança. As outras revoluções industriais só aconteceram porque tinha poupança, as pessoas pensam que surgiram assim do nada, mas antes, os empresários tinham acumulado muito dinheiro para que isto pudesse acontecer, e o mesmo se aplica para essa possível nova revolução industrial. Outro ponto importante seria o custo de mudança, sobre minha perspectiva, normalmente quando se instala um fábrica você tem o que chamamos de custos enterrados que são estes equipamentos e infraestruturas que não tem um mercado organizado para você vender e isso aí é um custo da mudança. Isso é, você mudar de uma tecnologia para outra. Tem cinco anos que você montou uma fábrica,

montou uma linha de produção, investiu muito.. Até que apareceu uma nova tecnologia, um novo procedimento, um processo melhor, aí você tem que adquirir este novo equipamento, mas e o que você já tem? Este é o custo de mudança. Mas por que? Porque está associado aos custos enterrados! Então o custo de mudança tem o tempo inteiro.

Eu penso que esse seu modelo tem que ter o sujeito, o ser humano, a cabeça. Isto é o que está faltando aqui, pois é este cara que vai organizar tudo! Tem uma outra questão aqui que é de fundamental importância tratar, a manutenção! Que nessa quarta revolução industrial o próprio maquinário faz a manutenção corretivas e preventivas. Isto é um fato interessante, porque a manutenção entra como um custo fixo e não variável. Porque um custo que vai ter a mão de obra vai tá lá, operando ou não operando, operando muito ou pouco. E essa nova revolução mudou até o sistema de cálculo de apuração de custos. E isto tem impacto nas finanças da empresa, obviamente, pois se alterou a estrutura de custos impacta os demonstrativos financeiros da empresa.

Como é que você faz o estudo de viabilidade do software? Não é igual a de uma máquina! Como é que se deprecia um software? As coisas estão mudando! As maneiras de se fazer análise estão mudando! Qual é o valor da Uber? Não se tem ativo nem um! O único ativo dele seria o software, e o resto? Ele não tem, os automóveis não pertencem a ele! Como é que você calcula este valor? Como é que você avalia um estudo de comprar um software em detrimento de outro? É só pelo custo ou é pelo custo e a receita? Como é que entra a depreciação? Isso tudo é novidade! Fica este meu questionamento sobre a questão de custeio, das análise financeiras e da engenharia econômica nessa nova perspectiva de revolução industrial.

**\*\*\*\* \*professor4 \*LinhadePesquisa\_InovaçãoeEngenhariadoProduto  
\*sexo\_F**

A indústria 4.0 teve origem a partir da chamada 4ª Revolução Industrial e este termo começou a ser utilizado em 2011, na feira de Hannover, na Alemanha, e refere-se à quarta revolução industrial. Na Alemanha se fala em indústria 4.0, mas se for nos Estados Unidos você vai ouvir falar em manufatura avançada. Porém, existe uma peculiar diferenças entre as duas linhas! A manufatura avançada está mais ligada às tecnologias habilitadoras da indústria 4.0. Já a Alemanha, a indústria 4.0 está mais focado na execução e na instrumentalização dessa tecnologias. Hum... Como eu enxergo a indústria 4.0 no Brasil e no mundo? Bem, em termos de mundo, principalmente em países mais desenvolvidos, já podemos falar que há uma indústria 4.0, ou seja, com tudo conectado. Principalmente na Alemanha já se tem muitas grandes Empresas, como a Siemens ou a Bosch, que são empresas que já tem a indústria 4.0. No Brasil, na minha opinião, no Brasil ainda estamos bastante incipientes nessa questão! De forma que alguns segmentos estão mais avançados, outros menos avançados, porém não entendo que estamos no 4.0. Têm alguns segmentos, como o automobilístico e a Indústria Farmacêutica, que são indústrias mais automatizadas.

Então elas podem caminhar mais rapidamente em termos de indústria 4.0. Mas eu não vejo o Brasil ainda no patamar do que seria a indústria 4.0, é necessário um maior investimento... que está caminhando lentamente por aqui. Existem muitos programas, principalmente de políticas públicas que estão avançando para isso... Houveram vários projetos muito interessantes, por exemplo o BNDS junto com CPQD fez um PROJETO grande de internet das coisas, que é para apoiar políticas públicas na área da indústria 4.0. o SENAI também fala muito na indústria 4.0, lá têm muitos programas, cursos e etc. Então, o Brasil certamente vai lançar mais editais públicos para as empresas em termos de financiamento e subversão, para alavancar estas evolução das tecnologias das empresas no Brasil.

Os principais pilares seriam a Internet das coisas, sistema Cyber-físico, automação, fabricas inteligentes. Mas para isso você terá que ter as tecnologias habilitadoras para estes pilares convergirem. Onde muitas destas tecnologias habilitadoras estão em torno de novos materiais, na biotecnologia e na computação em nuvem, por exemplo. Você tem que desenvolver tudo isso aí... que leva ao desenvolvimento da indústria 4.0.

Outro pilar extremamente importante na indústria 4.0 é o pilar da educação e capacitação para a indústria 4.0. Porque assim, ela (indústria 4.0) vai ter todas as tecnologias habilitadoras etc, mas tem que ter as pessoas formadas e preparadas para isso! Então eu acho que você deve colocar como pilar também da indústria 4.0 a formação e capacitação dos recursos humanos. Porque nada adianta você ter tais tecnologias e indústria avançadas se você não tiver pessoas preparadas para trabalhar com a indústria 4.0! Por isso, eu acho que um pilar essencial seria realmente a educação para a indústria 4.0. Porque no Brasil nós não estamos preparados para a indústria 4.0. Até mesmo nos cursos de engenharia, nas melhores universidades do país, não se tem essa preparação. Com isso, deve haver uma reformulação do ensino! Mas para isso, existem hoje algumas iniciativas do SENAI, mas muito ainda incipientes para fazer alguma mudança na educação, para preparar as pessoas para essa indústria 4.0. Então eu ainda enfatizo que um dos pilares que devesse ter na indústria 4.0 é a educação, formação e capacitação das pessoas, para que elas estejam aptas para atuar nessa nova indústria! Pois de nada adianta se ter uma indústria toda automatizada, toda conectada se não houver pessoas aptas para se trabalhar nela... Então assim, a máquina não substitui o homem totalmente!

E o Brasil nesse aspecto ainda está mais atrasado do que em questão das tecnologias. Então assim, temos que primeiro preparar as pessoas, capacita-las e depois ou em paralelo tornar-se indústria 4.0. Então eu colocaria até mesmo como primeiro pilar dessa indústria 4.0 a educação e a formação das pessoas.

Tá! Mas, para apoiar estes pilares seria interessante você olhar as tecnologias habilitadoras destes pilares, se você já olhou isso... porque estes pilares eles estão baseados em tecnologias habilitadoras... talvez se você buscar em manufatura avançada, perspectiva da linha americana que vai fazer essas tecnologias habilitadoras, talvez te ajude bastante neste levantamento.

Eu acho que é um tema bastante de momento... Mas a gente ainda fala muito em termos de governo e de academia! Em empresas, as pessoas ainda falam muito pouco sobre indústria 4.0. Porque as empresas elas não estão ainda preparadas para ser indústria 4.0 no Brasil. Porque isso requer alto investimento... Então isso é algo que vai acontecer, mas eu acho que a gente tem que pesquisar bastante e buscar sobre políticas públicas.

**\*\*\*\* \*professor5**

**\*LinhadePesquisa\_EngenhariaOrganizacional,GestãodaQualidadeeMarketing \*sexo\_M**

Para mim a Indústria 4.0 é um desfecho da nossa sociedade! Como assim um desfecho da nossa sociedade? Nossa sociedade vive um momento de muitas influências.. Então você tem influência de várias áreas de conhecimento, uma interdisciplinaridade, uma multidisciplinaridade, ou seja, muitas disciplinas e elas entrelaçadas entre si e a indústria 4.0 é isto! Chegou um momento que a manufatura não poderia continuar sozinha, e então ela teve que dar as mãos a muitas outras áreas de conhecimento... então pode se ver influências das áreas de computação aplicada, gestão de pessoas, administração.. todas essas áreas vão estar integradas no que chamamos de Indústria 4.0. Hoje eu enxergo a Indústria 4.0 mais como um tema conceitual do que aplicável, principalmente no Brasil.

Não porque não seja factível, mas eu acho sobre tudo, como o Porter já falava, e eu ratifico aqui o "Custo de mudança". É muito difícil, as empresas, vamos supor.. uma das coisas que a indústria 4.0 prega é que a própria questão logística ela esteja "ajustada" no sentido que acabou um produto, via just-in-time, chega lá.. mais ai eu vou acionar automaticamente um caminhão que esteja naquela rota, para poder ir já e calcular se é melhor ele passar lá ou é melhor esperar outros produtos.. O sistema deve ser capaz, através dos algorítmicos, de encontrar essa solução e entregar! Mas a grande questão é o seguinte a pessoa que tem hoje uma empresa de logística terá que recriar todo o processo dele! E o que eu faço com o meu caminhão que não tem condição de estar atuando nessa cidade inteligente, essa comunicação? Eu vou desprezar e vou comprar um novo? E a amortização desse bem? Então a grande questão hoje é você conseguir amortizar o que você já tem! E a medida que você consiga amortizar o que você tem, você possa ir trocando. Como exemplos dos carros que já possuem o sistema híbrido, que transformam a energia da frenagem do carro e que o carro possa rodar por mais tempo, eu estaria encantando de obter um carro desse, mas não posso desprezar o custo do meu automóvel atual, existe um custo de mudança muito grande aí... então a Indústria 4.0 terá essa grande dificuldade, desse custo de mudança, sobretudo, uma questão, pois não depende apenas do profissional, seja o dono da empresa que atenda o propósito do cliente ele é um processo também de questões políticas, quando você passa a ter apoio de outras marcas que não podem ser da melhor qualidade que tal marca, mas tem um custo beneficiado para os clientes, entra

os interesses nesse sentido, você compra minha maquinaria em troca de eu ser seu fornecedor exclusivo. Então pensar na Indústria 4.0 requer pensar em toda essa perspectiva de mudança e se tratando de política posso dizer que o Brasil é PHD, pois no Brasil tudo funciona com base na politicagem e tentar fazer que esse custo deixe de existir é muito complexo. Porque tem muitos interesses por de trás, tem muitas pessoas perdendo dinheiro, pensando na maneira que possa se beneficiar por muitos anos. Então pensar na Indústria 4.0 é pensar no reflexo dessa nova geração, desta nova economia, é pensar na atual situação em que vivemos .. um ambiente global, um ambiente integrado, interdisciplinar, multidisciplinar.. todo mundo trabalhando juntos. Mas acredito que hoje se discute muito a nível conceitual, pois ao ser um conjunto de pequenas técnicas que vão formar um conceito maior, qualquer melhoria por vias dessas técnicas da indústria 4.0 já é um ganho. A questão também não é só financeiramente de um dono de uma empresa, mas também tem reflexo social, o custo de mudança é muito maior do que deixar o que já tem, na medida de um país menos desenvolvido mais custo ele vai ter, incluindo interesses pois sabemos que existe uma "obsolescência da tecnologia", ou seja, o que a gente consome de tecnologia à nível de televisão, celulares, geladeiras é algo que as indústrias já deixaram de produzir em muitos países, mas como tem muito produto eletrodomésticos a ser vendido, a empresa vai continuar vendendo para locais onde a lei não está sendo aplicada de forma correta, daqueles produtos que contém substâncias que prejudicam a saúde de uma pessoa. Ao meu ver, os principais pilares dessa revolução industrial seriam: primeiramente, uma integração da informação, mas ela só pode ocorrer atualmente no que chamamos de Big Data, que seria a organização de grande quantidade de dados, que são gerados diariamente em todo momento, nas mais diversas formas! Como por exemplo, nossa geração trouxe uma situação muito complexa, nesse momento estamos gerando dados.. seja por meio dessa gravação, seja pelo trabalho que está fazendo, isso tudo é dado! Estamos produzindo um dado instantaneamente, porém, não estamos absorvendo esses dados instantaneamente. Quando vai consumir esse dado, já está atrasado, mas podemos sim aproveitar muita coisa dessa informação que já estar "passada", sobretudo, tem muita coisa que já está, as informações podem estar de nível estruturado, semiestruturado e não-estruturado, e só o big data e o analytics vai conseguir organizar tudo isso, de modo que ele possa ser útil, porém, temos outra prerrogativa, ele precisa ser implementado passo a passo, porque a maioria das empresas trazem consigo um legado de informação, de sistemas. Se amanhã eu quiser trocar o sistema por um melhor, posso pegar os sistemas e jogar fora? Observa o custo de mudança novamente, eu aplicando o Big data de pouco a pouco é o principal pilar que ele vai conseguir integrar tudo que a gente possui. A partir desse momento, podemos passar pela segunda prerrogativa, que seria ter essas informações em um ambiente de nuvem, de compartilhamento imediato, de maneira que a informação esteja disponível em qualquer equipamento e em qualquer lugar, para que se possa tomar decisões.

Só que aí entra em uma outra situação... de lógica legal, ou seja, e se um veículo que está sendo conduzido por informações enviadas por satélite se envolve em um acidente por qualquer situação, quem é o "culpado"? Em um países desses, que estão dominados por terroristas, que estão em guerra com o Ocidente... podemos se dizer, o cara que chega lá, monta um software para controlar 4, 5 caminhões,... Já imaginou o que ele poderia fazer?! Entra então a questão da seguridade, ou melhor dizendo, da segurança! Quem vai tomar conta disso? Então, o primeiro pilar é o big data, o segundo pilar seria a integração do big data com isso de que a gente está falando sistema ciberfísicos, que são os veículos, armazéns, as empresas, as pessoas e máquinas interligadas e se comunicando. A terceira situação seria, pode se dizer de "cidade inteligente", a cidade que está aprendendo com o que está ocorrendo, via inteligência artificial, e também a internet das coisas.

Outro ponto, as pessoas que estão nessa geração, tem mais veículos parados do que em movimento... Nessa sala tem 4 computadores e apenas 1 está ligado para que eu precise de algo nele, porque não poderia ter uma pessoa utilizando um desses computadores desligados, que não estão sendo usados? E isso, no mundo atual e na informática, a obsolescência ela é triplicada, a cada minuto que a pessoa não está utilizando, está se perdendo recurso, tudo isso é poderia ser melhor aproveitado por meio da internet das coisas. É ter qualquer ambiente, produto, serviço disponível a todo momento e para todos, e isso é preciso, mas só precisa se organizar! Mas para que todos esses pilares, sejam o big data ou cidades inteligentes, ou da comunicação entre veículos e satélites, M2M, a gente tem um caráter primordial, que é a pessoa com capacidade de análise, ou seja, a gente precisa ter arquitetos de dados! O cara que consiga fazer essa comunicação, análises e gerar a partir disso resultados importantes! Não pode ser apenas uma prerrogativa de, por exemplo, eu tenho uma pessoa responsável, a pessoa tem que saber o que fazer com essa grande quantidade de informação, para que isso funcione! Então, quando se fala da Indústria 4.0 os seus pilares são confundidos com os pilares da sociedade contemporânea! Porque se eu conseguir implementar a Indústria 4.0 no Brasil, eu conseguiria mudar a sociedade Brasileira! Em termo de, as pessoas que trabalharam aqui na Unb, no mestrado e doutorado do programa de transportes, o sonho deles é tornar as cidades inteligentes, é o que eles estão pesquisando, é conseguir pensar no melhor caminho possível daquele momento. É uma questão conceitual porém vale muito a pena de se tratar, imaginar daqui a um tempo, as pessoas estarão fazendo seus produtos em casa! Eu compro pela internet, a impressora 3D vai imprimir... Os circuitos vem pelo correios, monto tudo em minha casa e estará lá o produto pronto! E a questão é na medida que a cada vez mais que a gente está se falando da informação e da tecnologia, como a própria impressora 3D, estamos citando de uma importância cada vez maior do processo, principalmente do processo logístico. Imagina hoje, a internet com tudo o que ela faz sem o processo logístico... Você poderia se comunicar, poderia ver.. Mas nunca algo físico chegaria a você! Eu poderia fazer as compras pela internet, mas meus produtos nunca chegarão sem o processo logístico! Então..

cada vez mais, os processos logísticos estão sendo fundamental nessa perspectiva. Então quando se trata dos principais pilares da 4ª Revolução Industrial deve se falar dos seus pilares e dos pilares da sociedade contemporânea, pois estão interligados. Dentro das prerrogativas dos fatores, inicialmente, parece que estão bem completos, são estes mesmos! Mas o que a gente tem que perceber é que eu só posso pensar nesses fatores dentro de uma prerrogativa de um ambiente adequado! E quando eu falo em um ambiente adequado eles passam não a coexistir ao mesmo tempo, mas sim eles passam a ter uma ordem de implementação. Eu não posso pensar em internet das coisas sem pensar numa organização dessa informação, sem pensar no analytics. Então, ou seja, os pilares que foram resgatados da literatura eu concordo! Eu acredito que são esses mesmos! O que a gente tem que começar a pensar agora é quem deve vim antes de qual.. Porque todos juntos ao mesmo tempo não vão ocorrer! Acredito que vão vim por etapas! Eles podem até, em algum determinado momento, coincidir 2 ou 3, ao mesmo tempo. Mas alguns deles vão ser implementação prévia, para que se crie um ambiente que se possa falar algo adequado, no âmbito de indústria 4.0. e são coisas que você nunca pode pensar, o Taylor, pai da administração científica, quando começou a pensar, em 1910, a respeito da indústria em si, manufatura pesada, uma das primeiras coisas a se fazer foi o estudo de tempos e movimentos. Ele desenvolveu ferramentas, que era estudos de tempos e movimento. Mas isso gerou um problema muito sério, porque se tratava da diminuição do homem como ser humano... Colocava o ser humano praticamente com um "robô", produzir apenas uma peça de cada vez, para construir algo maior que ele nunca via.. e era só aquilo! trabalhando com as máquinas e sendo "alienado" para fazer o máximo possível. Em troca, foi super criticado por isso, inclusive destacando o filme " Tempos Modernos" uma crítica sobre o homem como máquina. Mas se não fosse Taylor para simplificar o trabalho, a robótica não teria começado, dentro da manufatura. Então, do que vai ocorrer agora, vai ser criticados mas são campos necessários para que se possa frutificar mais adiante, a grande questão é lidar com isso, é uma mudança na sociedade! Acredito que, um ponto muito importante que eu espero poder estar vivo para ver, é a questão da integração das máquinas, ou seja, que a gente possa ver que a parte de Medicina, Biologia já começa a se tratar realmente de algo para melhoria da qualidade de vida do ser humano.

**\*\*\*\* \*professor6**

**\*LinhadePesquisa\_EngenhariaOrganizacional,GestãodaQualidadeeMarketing \*sexo\_F**

Com essa questão da prototipagem rápida, onde você... o teu foco é muito a questão do produto, prototipagem de produto. Outra coisa é você pensar e aí assim, eu não sei, eu teria que pensar onde isso se enquadraria aqui, se realmente está enquadrado ou não. Por exemplo, se a gente pensa num laboratório para engenharia de produção, se a gente já tá pensando em indústria 4.0, ter um laboratório onde esse laboratório contemple um ambiente físico pra

confeção, manufatura de um produto físico, ok... A gente poderia pensar num laboratório que você pudesse produzir algum produto e ao mesmo tempo você aplicar as técnicas de engenharia de produção. Então por exemplo, Ah! Eu preciso planejar e saber o que que eu vou produzir agora. Eu to utilizando um pcp, eu preciso saber qual é a especificação desse produto e verificar ao longo do processo se as especificações estão sendo atendidas, então já to com foco na qualidade. Eu preciso saber quanto que eu to utilizando de matéria prima, qual é o preço do produto, pra poder compor um custo de produção desse produto, né? Pra calcular a margem de lucro, enfim.

Então... tudo isso, se a gente pensa numa manufatura onde você tem a confeção de um produto que é físico o aluno tem esse, esse sentimento de como seria produzir isso e aplicar técnicas de produção à esse processo. Isso a gente pensando num laboratório de manufatura física.

Quando eu penso num laboratório, pensando assim, eu posso criar um laboratório de engenharia de produção todo digital. Manufatura digital. E isso seria feito por meio dos softwares, então eu estou utilizando toda a tecnologia que existe já em engenharia de produção... Existem algumas empresas que vendem esses softwares de simulação que é pra gente ter um entendimento: Ah... eu não tenho nada físico aqui, mas eu tenho aqui, por exemplo, uma sequência, uma linha de produção, que ele vai originar aquele produto e fazer isso de uma forma virtual. Né? Então, a manufatura que eu colocaria digital, a simulação, seria exatamente isso: Você ter um conjunto de softwares, montar uma fábrica, produzir um produto, mas tudo de uma forma em que você não tenha a presença física daquele produto.

Só que aí eu te coloco outra coisa. Por exemplo, a gente não gera só produto, a gente gera serviço. E eu penso muito que o nosso curso está muito voltado pra isso, pro atendimento ao serviço, e quando você pensa em serviço, você pensa assim: Ah, ok! Eu vou criar então um laboratório de engenharia de produção onde o laboratório vai produzir um determinado serviço, e para isso ele deve existir também softwares específicos onde você não só utilizaria a manufatura digital para poder produzir esse serviço, mas agregaria também, eu diria assim, que a gente pensaria por exemplo num laboratório que abarcasse também os mecanismos de controle dessa produção. Então eu estou falando assim, vamos supor: Eu tenho um processo logístico onde a gente vai entregar um serviço logístico lá na ponta. Mas como a gente vai controlar isso? As vezes o software controla, mas tem toda a parte, por exemplo, se você está realizando um projeto, a gestão do projeto, como é que você poderia, por exemplo, agregar a gestão por processos dentro desse processo de fabricação de serviços?

Eu não sei se só a manufatura digital é suficiente para a gente ter todo esse controle, porque eu não estou falando só da produção de serviço mas eu penso assim, num projeto que vai ser elaborado, que tem todas as etapas do projeto, pra depois você entrar no projeto de manufatura digital. Então eu penso assim, e agora a gente tem discutido bastante aqui no curso de produção para tentar identificar quais são os laboratórios que a gente poderia trazer

né? Eu acho assim, que o curso já atingiu uma maturidade onde existe essa percepção mesmo, dos professores.

O que que é necessário, hoje por exemplo, você participou lá do projeto, do MAPROEX. Então você viu que por trás do projeto tinha todo esse gerenciamento de projeto, né? Agora eu não sei como traduzir isso, entendeu? Eu não sei se isso aqui estaria coberto pela manufatura digital porque eu acho que não é só isso, é mais do que isso. Mas ao mesmo tempo eu não o vejo muito compreendido nesses outros pilares. Que são a gente pensar realmente, assim... Quando a gente pensa, por exemplo, nessa questão de... Como é que eu poderia te dizer? De agregar em termos de evolução dos sistemas de produção, e que hoje a gente caminhou para isso. Por exemplo, a gente pode no próprio conceito de manufatura digital trabalhar um monte de outros conceitos que são atuais, como por exemplo, o lean manufacturing pode estar compreendido ali, o seis sigma, para você ter um melhor controle das suas operações poderia estar contemplado na manufatura digital, mas não é só isso. A gente tem que pensar o antes da produção e o pós produção.

Então a minha cabeça, eu ainda não encontrei muito na literatura alguma coisa que me falasse sobre isso. Sobre de que forma eu poderia, nesse conceito da indústria 4.0 contemplar toda as fases, não só de produção, que pode ser por meio de uma simulação manufatura digital de um produto ou serviço, mas eu pensar num âmbito... em alguns mecanismos de fases que antecedem a essa produção e que seriam fases posteriores também. Mas eu não consigo, eu não consegui ainda da literatura extrair isso aí. Porque o que eu vejo ta muito dentro disso daqui: manufatura digital, internet das coisas, então tudo que eu tenho lido, tudo que eu tenho está muito dentro disso daqui.

Então essa visão eu acho que fica como questionamento para você. A gente, talvez conhecer um modelo, eu acho que nessa fase que você está é muito importante pegar, principalmente que você deve ta fazendo levantamento, e se fez um levantamento bom, revisão da literatura, revisão sistemática e tudo. Então assim, se você encontrou algum artigo ou alguma universidade ou algum grupo de pesquisa que trabalha com isso e que talvez tenha uma prática que vá além disso daqui, que a gente ta conversando, é o momento de você captar que seria exatamente a contribuição maior, que você daria.

Bom, eu vejo a indústria 4.0 como uma evolução muito grande da parte tecnológica, e a gente percebe assim, que a medida que o sistema de produção foi evoluindo hoje a gente chegou em um patamar em que uma empresa não sobrevive mais sem tecnologia. Então, por exemplo, você tem um processo onde você tem retrabalho... A gente conversa tanto né nas disciplinas, que as pessoas não conseguem fazer o mínimo. A partir do momento que a gente consegue, por exemplo, aplicar o BPM, que é você conseguir gerenciar os seus processos todos os processos da organização de forma automatizada, utilizando o apoio da tecnologia de informação. A automação dos processos eu entendo que entra na fase da indústria 4.0, que é você pensar além. Então assim, hoje o que eu percebo é que, por exemplo, O Brasil na minha percepção ele engatinha. Eu acho que a gente começar a falar sobre isso... Está começando a se falar

sobre isso agora. Mas a referência realmente que a gente tem é lá fora. Mas, por exemplo, quando você tem a percepção de que a organização pra poder desenvolver um software, ela faz isso sem conhecimento dos processos que tem por detrás daquilo a gente já começa a perceber que existe um gap muito grande nesse conceito, porque como que você pode falar de indústria 4.0, de automação, de internet das coisas, de manufatura digital, se nem o básico a organização não tem? Ela não sabe identificar quais são os seus processos e qual é o impacto disso para um negócio. E aí ela começa a desenvolver um software à partir de um modelo que ela acha que ouvir a necessidade que o cliente tem, tentar atender aquela necessidade, mas ela não faz integração com nenhum outro processo. Então ela não sabe se aquele sistema poderia conversar com outro sistema, que hoje é a realidade que a gente percebe, a maioria das organizações trabalham dessa forma. Então eles vão desenvolvendo sistema, desenvolvendo sistema, desenvolvendo sistema e depois você tem lá, um conjunto de sistemas que não se conversam e que não se falam entre si.

Ao passo que eu vejo uma grande evolução é por exemplo, por isso que eu acho que o BPM vem nesse sentido, para poder mostrar para as organizações o tanto que é importante ter o conhecimento dos processos. E a gente conseguir estabelecer integração entre eles para depois então a gente pensar em desenvolver alguma coisa. Ah, então, eu quero esse processo automatizado, então esse é um segundo passo, mas primeiro eu tenho que fazer um passo anterior.

Então para mim a indústria 4.0 ela vem muito nesse sentido, de evitar que erros, que falhas ocorram. Mas a gente tem que pensar assim, quando se criou o MRP se criou o MRP pensando nisso. Eu preciso saber qual é a necessidade de recursos humanos e materiais que a organização tem, mas não adianta você pegar processos que não estão bem definidos e colocar isso em um sistema, porque aquilo não vai rodar.

Então o que eu percebo é que as organizações de uma forma geral, elas não têm essa visão. Eu estou falando, mas assim... de uma percepção mais pelo lado que, é um lado que eu trabalho mais. Que é essa área de atuação mesmo, que é na parte de processos de projetos, por exemplo, quando a gente percebe que a gente desenvolve alguns projetos para você poder desempenhar uma melhoria. Ah, a gente vai fazer um projeto pra melhoria de alguma coisa, utilizando exatamente isso, visando que se tenha, por exemplo, cidades inteligentes, que onde você chega e tudo é por meio de sensor que é um mecanismo inteligente, que é mais ou menos dentro daquilo que a indústria 4.0 quer construir, né?

Mas eu percebo isso, a gente não tem o básico, como é que a gente fala nisso?

Então esse é o grande problema, eu acho que assim, até a gente chegar realmente a primeiro: Definir esse conceito geral, de que é um modelo que a gente gostaria que fosse, de que funcionasse daquela forma, a gente precisa estabelecer a base disso tudo pra gente conseguir chegar nesse patamar.

Internet das coisas, né, que a gente percebe que realmente essa parte tecnológica ninguém vive mais sem, eu acho que a empresa não consegue mais sobreviver sem isso aí.

Eu acho que assim, uma coisa que eu vejo que está muito associado a essa questão da indústria 4.0 alinhada com isso, essa questão da prototipagem mesmo de produtos isso acaba reduzindo muito o , custo, dentro de uma empresa. Então por exemplo, você criar protótipos, você verificar se aquilo lá vai atender ou não com um custo muito inferior, isso acaba realmente sendo um diferencial também porque a organização acaba de uma certa forma criando né? Ela vai criar um laboratório, uma área ali onde você pode com pouco recurso verificar se aquilo realmente vai emplacar na produção ou não, com um custo mais acessível.

Eu vejo muito essa parte da automação, a gente ter essa questão mesmo né, das coisas inteligentes, da questão dos sensores, de tudo funcionar muito... Mas o que eu acho que a gente tem que levar muito em consideração, tem um dos pilares do lean manufacture é a questão da automação, que é você ter a automação sem a intervenção humana. Ou seja, para que isso ocorra eu acho que tem que haver um nível de padronização das coisas muito bem definido. Tudo tem que ser muito bem definido até que você conseguir alcançar esse patamar de avanço tecnológico, de inovações tecnológicas, que eu acho que isso tudo tem muito a ver com esse conceito que a indústria 4.0 está trazendo. Hoje a gente trabalha dessa forma, mas qual é a forma que a gente pode inovar? E aí a gente vai trazendo essa inovação, buscando a tecnologia, inserção da tecnologia de informação, da automação, de ter cada vez mais... Por exemplo, os robôs dentro dos processos intervindo, tendo uma intervenção humana muito menor, por que? Porque isso aí é o que vai evitar os erros, as falhas. Porque a maioria das falhas que a gente tem hoje, em termos de produção, vem de exatamente você ter pessoas que tem essa intervenção humana e que acaba que um faz de um jeito, outro faz de outro jeito, não existe um padrão e aí você quebra tudo isso. Então, no meu conceito, um dos grandes pilares é você chegar realmente à essa automação. Acho que isso aí é o fundamental, toda essa parte que você coloca aqui, a questão da robótica, tudo isso acho que tem uma influência muito grande. Acho que a concepção é que a gente caminhe para isso, num futuro, mas eu percebo que a gente ainda está muito longe disso, muito longe, porque a gente não tem o básico!

Eu considero que o BPM tem que está compreendido aqui, porque assim, uma vez que a gente entenda que o BPM a gente está falando de processos, é você terá a gestão por processos dentro da organização, com o apoio da TI. Então por exemplo, ah, quando eu falo, por exemplo de ter a gestão de todos os processos, ok, eu vou ter um conhecimento de todos os processos a partir disso o que que eu faço? Eu preciso definir quais são as integrações dentre eles, e depois num próximo passo, porque se a gente roda um ciclo BPM completo a gente vê isso, aí você caminha pra melhoria e implementação. Fez a proposta de melhoria, implementou aquilo ali e está rodando direitinho, a próxima etapa é automatizar. Então a ideia é que os processos sejam automatizados mesmo, então eu acho que não tem como falar da indústria 4.0 se a gente não considerar isso aqui, que isso aqui tem que ser a base. Agora, isso eu estou te falando assim, não sei, seria um pilar? A gente precisa verificar se isso seria um pilar ou se isso aqui juntamente com a

gestão de conhecimento seriam a base talvez quando a gente pensa lá no lean manufacture você tem até o desenho de uma casa e você vê que você tem os pilares e que aqui você tem uma base. Eu colocaria aqui BPM e gestão do conhecimento seriam os dois pilares, digamos, a base para que isso seja construído, porque sem isso... você não consegue.

---

## ANEXOS