

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E  
SISTEMAS  
NÍVEL MESTRADO**

**LIA DENIZE PIOVESAN**

**ANÁLISE EXPLORATÓRIA DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NOS  
PROCESSOS DAS CADEIAS DE SUPRIMENTO**

**São Leopoldo  
2020**

LIA DENIZE PIOVESAN

**ANÁLISE EXPLORATÓRIA DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NOS  
PROCESSOS DAS CADEIAS DE SUPRIMENTO**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. Daniel Pacheco Lacerda

São Leopoldo  
2020

P662r Piovesan, Lia Denize.  
Análise exploratória da transformação digital nos processos das cadeias de suprimento / Lia Denize Piovesan. – 2020.  
254 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, 2020.  
“Orientador: Prof. Dr. Daniel Pacheco Lacerda”.

1. Transformação digital. 2. Processo da cadeia de suprimento. 3. Critérios competitivos. I. Título.

CDU 658.5

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Bibliotecário: Flávio Nunes – CRB 10/1298)

LIA DENIZE PIOVESAN

**ANÁLISE EXPLORATÓRIA DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NOS  
PROCESSOS DAS CADEIAS DE SUPRIMENTO**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Aprovado em 24 de março de 2020

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Daniel Pacheco Lacerda – Universidade do Vale do Rio dos Sinos –  
Orientador

---

Prof. Dr. Antônio Márcio T. Thomé – Pontifícia Universidade Católica - Rio de Janeiro

---

Prof. Dr. Rodolfo Cardoso – Universidade Federal Fluminense

---

Prof. Dr. Jose Antônio Valle Antunes Jr. – Universidade do Vale do Rio dos Sinos

---

Prof. Dr. Douglas Rafael Veit – Universidade do Vale do Rio dos Sinos

## **AGRADECIMENTOS À CAPES**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## RESUMO

A transformação digital se apresenta como um novo paradigma nos processos da cadeia de suprimentos. As organizações não operam isoladamente, necessitando cooperar com a Cadeia de Suprimento para impulsionar os negócios em que estão envolvidas. Neste contexto as empresas iniciam o processo de transformação digital, buscando uma Cadeia de Suprimento interconectada, ágil e inteligente, e assim, integrando o fluxo de informação e produtos. Esta integração ocorrerá verticalmente nos processos internos das organizações, horizontalmente na Cadeia de Suprimento e durante o ciclo de vida do produto, do desenvolvimento a disposição final. O desenvolvimento de tecnologias com alta capacidade de captura, armazenamento, processamento e aplicação de dados, juntamente com a redução de custos, permite essa transformação. As tecnologias digitais foram organizadas em três classes: i) Habilitadoras; ii) Integradoras e; iii) de Aplicação. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a aplicação de tecnologias digitais nos processos da cadeia de suprimento na empresa e o impacto nas *capabilities* e os efeitos nos critérios competitivos. Para isso foi desenvolvido um protocolo de estudo de caso, com as diretrizes para seleção de casos, coleta e análise de dados. O protocolo de estudo de caso foi utilizado como planejamento, instrumento de coleta e análise de dados para o estudo de caso. Desta forma foi realizado um estudo de caso múltiplo e holístico em duas empresas de grande porte. Na análise dos resultados foram observadas tecnologias que não pertenciam às classes previamente definidas. Para compreensão da transformação digital foi criada a quarta classe de tecnologia, denominada Infraestrutura Digital. Os resultados desta pesquisa indicam que transformação digital está ocorrendo nas empresas, no entanto há diferenças conforme o processo principal, cliente e negócio da empresa. A diferença é mais evidente nos processos em que as tecnologias digitais são aplicadas. Na empresa com produto físico e que fornece para outros negócios a implementação de tecnologias digitais foi mais evidente no processo de manufatura. A empresa que fornece diretamente para o consumidor final emprega tecnologias digitais similarmente nos processos visando aprimorar o produto e o serviço.

**Palavras-chave:** Transformação Digital. Processo da Cadeia de Suprimento. Critérios Competitivos.

## ABSTRACT

Digital transformation presents itself as a new paradigm in supply chain processes. Organizations do not operate in isolation, needing to cooperate with the Supply Chain (CS) to boost the businesses in which they are involved. In this context, companies begin the process of digital transformation, seeking an interconnected, agile, and intelligent Supply Chain, and thus integrating the flow of information and products. This integration will occur vertically in the organizations' internal processes, horizontally in the Supply Chain and during the product's life cycle, from development to final disposal. The development of technologies with high capacity for data capture, storage, processing, and application, together with cost reduction, allows this transformation. Digital technologies were organized into three classes: i) Enabling; ii) Integrators and; iii) Application. Therefore, this work aims to evaluate the application of digital technologies in the supply chain processes in the company and the impact on capabilities and the effects on competitive criteria. For this, a case study protocol was developed, with guidelines for case selection, data collection, and analysis. The case study protocol was used as a planning, data collection, and analysis instrument for the case study. Thus, a multiple and holistic case study was carried out in two large companies. In the analysis of the results, technologies that did not belong to the previously defined classes were observed. To understand the digital transformation, the fourth class of technology was created, called Digital Infrastructure. The results of this research indicate that digital transformation is taking place in companies. However, there are differences according to the company's main process, customer, and business. The difference is most evident in the processes in which digital technologies are applied. In the company with a physical product and which supplies to other businesses, the implementation of digital technologies was more evident in the manufacturing process. The company that supplies directly to the end consumer employs digital technologies similarly in the processes to improve the product and the service.

**Key-words:** Digital Transformation, Supply Chain Process, Competitive Criteria.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Framework de pesquisa.....	21
Figura 2 – Etapas da RSL .....	23
Figura 3 – Convergência das tecnologias para transformação digital .....	38
Figura 4 - Tecnologias relacionadas à IoT .....	40
Figura 5 - Evolução da tecnologia de Simulação .....	43
Figura 6 - Lógica da Cebola .....	62
Figura 7 - Método de trabalho .....	66
Figura 8 - Fluxo de realização do estudo de caso.....	76
Figura 9 – Esquema da análise dos resultados.....	83
Figura 10 - Evolução do transporte na logística .....	201
Figura 11 - Evolução da capacidade dos robôs .....	202

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Publicações da RSL por método de pesquisa .....	25
Gráfico 2 - Tecnologias utilizadas nas indústrias brasileiras .....	26
Gráfico 3 – Processos da CS .....	56

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Definição dos principais processos do modelo SCOR - Nível 1 .....	33
Quadro 2 - Resumo das tecnologias da classe Habilitadora.....	42
Quadro 3 - Resumo das tecnologias da classe Integradora.....	46
Quadro 4 – Resumo das tecnologias digitais da classe de Aplicação.....	49
Quadro 5 - Diferença entre CS tradicional e CS digital .....	51
Quadro 6 - Tecnologias digitais avaliadas nos processos do modelo SCOR.....	53
Quadro 7 - <i>Capabilities</i> relacionadas a tecnologias .....	57
Quadro 8 – Critérios competitivos relacionados às tecnologias digitais .....	59
Quadro 9 - Relação dos pesquisadores/especialistas.....	68
Quadro 10 - Entrevistados caso piloto .....	69
Quadro 11 – Análise do teste-piloto .....	69
Quadro 12 - Fonte de dados do estudo de caso .....	72
Quadro 13 - Perfil dos entrevistados .....	73
Quadro 14 – Entrevistados do Caso A.....	74
Quadro 15 – Entrevistados no Caso B.....	75
Quadro 16 – Síntese da coleta de dados realizada nos casos A e B.....	77
Quadro 17 - Análises realizadas em cada caso .....	78
Quadro 18 - Análise Fleiss'Kappa da tecnologia digital utilizada na empresa focal..	79
Quadro 19 - Análise Alpha de Krippendorff ( $\alpha$ ) .....	80
Quadro 20 - Classificação dos índices Fleiss'Kappa.....	80
Quadro 21 - Classificação do Alpha de Krippendorff.....	80
Quadro 22 - Critérios para a existência da <i>capability</i> .....	81
Quadro 23 - Apresentação das <i>capabilities</i> .....	82
Quadro 24 - Categorias de análise da repercussão nos fatores competitivos .....	82
Quadro 25 - Apresentação da repercussão das tecnologias no fatores competitivos .....	83
Quadro 26 - Síntese das tecnologias convergentes.....	84
Quadro 27 - Roadmap I4.0.....	87
Quadro 28 – Estrutura da Cadeia de Suprimento do Caso A.....	88
Quadro 29 – Tecnologias digitais da Classe de Infraestrutura Digital do Caso A .....	90
Quadro 30 - Reclassificação da tecnologia de Rastreabilidade de Peça .....	93
Quadro 31 - Reclassificação da tecnologia de Rastreamento de carga .....	93

Quadro 32 - Reclassificação da tecnologia de RFID.....	94
Quadro 33 - Reclassificação da tecnologia tridimensional .....	95
Quadro 34 - Reclassificação da tecnologia de ERP .....	95
Quadro 35 - Reclassificação da tecnologia de MES .....	96
Quadro 36 - Reclassificação da tecnologia de RPA.....	100
Quadro 37 – Reclassificação das tecnologias digitais no Caso A.....	101
Quadro 38 - Análise da concordância do estágio de implementação das tecnologias digitais na CS no Caso A – Roteiro B.....	101
Quadro 39 – Análise da concordância sobre o investimento nas tecnologias digitais no Caso A – Roteiro B.....	103
Quadro 40 – Síntese das tecnologias digitais observadas no Caso A .....	105
Quadro 41 - Tecnologias por processos da CS no Caso A.....	109
Quadro 42 – Impacto da implementação de tecnologias digitais nos processos da CS no Caso A.....	111
Quadro 43 – Índice de Concordância sobre Impacto das Tecnologias nos processos da CS do Caso A.....	113
Quadro 44 – Impacto das Tecnologia digitais nas Capabilities de robustez e resiliência no Caso A.....	114
Quadro 45 – Impacto das Tecnologias digitais nas capabilities e nos processos da CS no caso A .....	115
Quadro 46 - Desempenho competitivo do Caso A .....	118
Quadro 47 - Fator competitivo por tecnologia digital na CS no Caso A .....	120
Quadro 48 - Critério competitivo esperado da utilização do MES no Caso A .....	128
Quadro 49 – Síntese das Repercussões das tecnologias digitais nos Critérios Competitivos do Caso A.....	130
Quadro 50 – Estrutura da Cadeia de Suprimento do Caso B.....	134
Quadro 51 - Reclassificação do MES no Caso B.....	140
Quadro 52 - Reclassificação do RPA no Caso B .....	141
Quadro 53 - Reclassificação da lista erro e solução no Caso B.....	141
Quadro 54 – Síntese das tecnologias digitais observadas no Caso B .....	142
Quadro 55 - Análise da concordância entre entrevistado do estágio das tecnologias no Caso B – Roteiro B.....	143
Quadro 56 – Reclassificação das tecnologias digitais no Caso B.....	145

Quadro 57 - Análise da concordância sobre o nível de investimento nas tecnologias digitais no Caso B – Roteiro B.....	146
Quadro 58 - Tecnologias digitais por processo no Caso B .....	148
Quadro 59 – Impacto da implementação de tecnologias digitais nos processos da CS no Caso B.....	153
Quadro 60 – Índice de Concordância sobre Impacto das Tecnologias nos processos da CS do Caso B.....	154
Quadro 61 - Impacto das Tecnologia digitais nas Capabilities de robustez e resiliência no Caso B.....	155
Quadro 62 - Impacto das Tecnologias digitais nas <i>capabilities</i> da CS no Caso B ..	156
Quadro 63 - Desempenho competitivo no Caso B para o Serviço .....	158
Quadro 64 - Desempenho competitivo no Caso B para o Produto.....	159
Quadro 65 – Fator competitivo por tecnologia digital no Caso B.....	161
Quadro 66 – Síntese da repercussão das tecnologias digitais no Caso B.....	174
Quadro 67 - Análise das principais características de cada caso .....	178
Quadro 68 - Análise Cruzada da utilização de tecnologias nos processos nos Casos A e B .....	180
Quadro 69 - Síntese dos casos por classe de tecnologia aplicadas .....	180
Quadro 70 - Síntese das classes e nível de implementação de tecnologias digitais .....	181
Quadro 71 – Síntese das Barreiras à implantação das Tecnologias Digitais .....	182
Quadro 72 - Síntese do impacto das tecnologias digitais nas <i>capabilities</i> .....	184
Quadro 73 – Análise de Convergência das Tecnologias Digitais nos casos .....	186
Quadro 74 – Análise das Tecnologias Digitais e os Critérios Competitivos .....	190
Quadro 75 - Percepção dos entrevistados sobre os critérios competitivos .....	191
Quadro 76 – Síntese da repercussão das tecnologias nos Critérios competitivos ..	192
Quadro 77 – Síntese da Transformação Digital .....	194

## LISTA DE SIGLAS

2D	Bidimensional
AGVs	<i>Automated Guided Vehicles</i>
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
APS	<i>Advanced Planning Schedule</i>
B2B	<i>Business-to-business</i>
B2C	<i>Business-to-consumer</i>
BI	<i>Business Intelligence</i>
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CNC	Comando Numérico Computadorizado
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CPS	<i>Cyber-Physical Systems</i> ou sistema ciber-físico
CS	Cadeia de Suprimento
CSCMP	<i>Council of Supply Chain Management Professionals</i>
EAM	<i>Enterprise Asset Management</i>
EDI	<i>Electronic Data Interchange</i>
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ERP	Enterprise Resource Planning
GCS	Gerenciamento da Cadeia de Suprimento
GMRG	<i>Global Manufacturing Research Group</i>
GPS	<i>Global Position System</i>
I4.0	<i>Industry 4.0</i> ou Indústria 4.0
IoT	<i>Internet of Things</i>
MES	<i>Manufacturing Execution System</i>
PaaS	<i>Product-as-a-Service</i>
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PLM	<i>Product Lifecycle Management</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification Devices</i>
RPA	<i>Robotic Process Automation</i>
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
SCC	Supply Chain Council

SCOR	Supply Chain Operation Reference
SCPs	<i>Supplier Collaboration Portals</i>
TI	Tecnologia da Informação
WM	<i>Warehouse Management</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>1.1 Objeto e Problema de Pesquisa</b> .....	<b>17</b>
<b>1.2 Objetivos</b> .....	<b>21</b>
1.2.1 Objetivo Geral .....	21
1.2.2 Objetivos Específicos .....	22
<b>1.3 Justificativa</b> .....	<b>22</b>
<b>1.4 Delimitações</b> .....	<b>28</b>
<b>1.5 Estrutura do trabalho</b> .....	<b>28</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>30</b>
<b>2.1 Processos, <i>capabilities</i> e critérios competitivos da CS</b> .....	<b>30</b>
2.1.1 Cadeia de Suprimento (CS) e Gerenciamento da Cadeia de Suprimento (GCS) .....	30
2.1.2 Modelo SCOR .....	31
2.1.3 <i>Capabilities</i> da CS .....	34
2.1.3 Critério competitivo .....	36
<b>2.2 Tecnologias da transformação digital</b> .....	<b>38</b>
2.2.1 Tecnologias Habilitadoras .....	39
2.2.2 Tecnologias Integradoras .....	43
2.2.3 Tecnologias de Aplicação .....	47
<b>2.3 Transformação Digital na CS</b> .....	<b>50</b>
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>62</b>
<b>3.1 Delineamento da Pesquisa</b> .....	<b>62</b>
<b>3.2 Método de Trabalho</b> .....	<b>65</b>
<b>4 ANÁLISE DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL</b> .....	<b>85</b>
<b>4.1 Análise na empresa A</b> .....	<b>85</b>
4.1.1 Elicitação e Nível de adoção das Tecnologias para a Transformação Digital da CS no Caso A .....	89
4.1.2 Impactos das Tecnologias da Transformação Digital nos Processos da Cadeia de Suprimento no Caso A .....	108
4.1.3 Impactos das Tecnologias nas <i>Capabilities</i> da Cadeia de Suprimento no Caso A .....	114

4.1.4 Repercussões nos Critérios Competitivos dos Impactos nos processos da Transformação Digital da Cadeia de Suprimento no Caso A .....	117
<b>4.2 Análise na empresa B .....</b>	<b>133</b>
4.2.1 Elicitação e Nível de adoção das Tecnologias para a Transformação Digital da CS no Caso B.....	135
4.2.2 Impactos das Tecnologias da Transformação Digital nos Processos da Cadeia de Suprimento no Caso B .....	148
4.2.3 Impactos das Tecnologias nas <i>Capabilities</i> da Cadeia de Suprimento no Caso B .....	154
4.2.4 Repercussões nos Critérios Competitivos dos Impactos nos processos da Transformação Digital da Cadeia de Suprimento no Caso B .....	157
<b>4.3 Análise Comparativa dos Casos .....</b>	<b>178</b>
<b>5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>195</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>207</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>210</b>
<b>APÊNDICE A – PROTOCOLO DE REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.....</b>	<b>224</b>
<b>APÊNDICE B – LISTA DOS ARTIGOS SELECIONADOS .....</b>	<b>225</b>
<b>APÊNDICE C – PROTOCOLO DE ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>229</b>
<b>APÊNDICE D – MEMORANDO.....</b>	<b>252</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os desafios econômicos impulsionados por desenvolvimentos tecnológicos e sociais fazem as empresas necessitarem desenvolver agilidade e capacidade de resposta, para obter a competência de gerenciar a cadeia de valor como um todo. (AKDIL; USTUNDAG; CEVIKCAN, 2018). A concorrência entre organizações amplifica-se à medida que a globalização e as exigências dos clientes tornam-se elevadas. As organizações competem não apenas com seus recursos internos, limitados a suas funções, mas também com suas habilidades para alavancar a Cadeia de Suprimento (CS). (VACHON; HALLEY; BEAULIEU, 2009). Assim a competição se desloca dos negócios individuais para as Cadeias de Suprimento. (LEE, YOUNGSU; RIM, 2016).

O ritmo acelerado de desenvolvimento e adoção de novas tecnologias deve continuar, induzindo as empresas a desafios substanciais. (ONU, 2018). Para enfrentar esses desafios, as organizações precisam desenvolver recursos e capacidades a fim de gerenciar a cadeia de valor ágil e responsivamente. Devido a estes desafios, são necessárias estruturas virtuais e físicas que permitam uma estreita cooperação e rápida adaptação ao longo do ciclo de vida, do desenvolvimento de produtos passando pela produção, distribuição e, posterior, disposição final. (GLIGOR; HOLCOMB, 2012).

A natureza cumulativa da mudança tecnológica, o desenvolvimento exponencial e convergência de tecnologias em novas aplicações, as reduções drásticas de custos das novas tecnologias e o surgimento de plataformas digitais serão impulsionadores de transformações. (ONU, 2018). Tecnologias baseadas em computador, *software*, redes e sensores não são descobertas recentes. Contudo, a evolução exponencial destas tecnologias causa ruptura nos padrões, trazendo mudanças de paradigma nos negócios, sociedade e indivíduos, gerando um impacto sistêmico entre os países e dentro deles, nas organizações e em toda a sociedade devido a transformação que ocorrerá nos sistemas. (SCHWAB, 2016).

Esta transformação, que algumas indústrias enfrentam desde o início do século XXI, levaram a concepção do termo Quarta Revolução Industrial, caracterizada pela combinação de tecnologias físicas e digitais, como Inteligência Artificial, *Cloud Computing*, robótica avançada, realidade aumentada, manufatura aditiva e *Internet of Things* (IoT). (USTUNDAG; CEVIKCAN, 2018). As três primeiras revoluções industriais

transformaram profundamente a manufatura. (SIVRI; OZTAYSI, 2018). A Primeira Revolução Industrial surge como resultado da mecanização, a Segunda Revolução Industrial tem como impulsionador a eletricidade e a Terceira Revolução Industrial é motivada pelo emprego de tecnologia da informação. (KAGERMANN; WAHLSTER; JOHANNES, 2013).

As mudanças relativas à Quarta Revolução Industrial consistem em “uma internet mais ubíqua e móvel, por sensores menores e mais poderosos que se tornam mais baratos e pela inteligência artificial e aprendizagem automática (ou aprendizado de máquina).” (SCHWAB, 2016, p. 16). Na Alemanha, as discussões estão focadas na Indústria 4.0 (I4.0) e nos impactos causadas pela evolução das tecnologias na gestão das cadeias de valor globais. (SCHWAB, 2016). A mudanças causadas pela I4.0 permitem a integração e convergência de atividades ao longo e entre três dimensões: i) integração vertical dos processo unitários e linhas de produção nas organizações; ii) integração horizontal na CS e redes de organizações; iii) integração ao longo dos ciclos de vida do produto, do desenvolvimento a disposição final, em toda a cadeia de valor do produto. (GURRÍA, 2017; KAGERMANN; WAHLSTER; JOHANNES, 2013). Assim, a I4.0, avança em relação a automação do processo industrial, podendo ser, por exemplo, “a integração das máquinas e sistemas entre si (inclusive entre fábricas distintas de uma mesma cadeia de suprimentos).” (CNI, 2016, p. 2).

A implementação da Manufatura Avançada envolverá um processo evolucionário que progredirá a taxas diferentes em organizações e setores individuais. (KAGERMANN; WAHLSTER; JOHANNES, 2013). Proporcionará maior flexibilidade e robustez, juntamente com padrões elevados de qualidade nos processos de engenharia, planejamento, fabricação, operação e logística. Os sistemas de manufatura e os objetos produzidos não estarão simplesmente conectados para extrair dados do ambiente físico para armazená-los no ambiente digital, mas também os utilizam para se comunicar e realizar análises, transformando-os em informações que auxiliam na tomada de decisão. (SNIDERMAN; MAHTO; COTTELEER, 2016).

Conforme Gimpel e Röglinger (2015), a digitalização pode ser entendida como a crescente penetração das tecnologias digitais na sociedade, com mudanças associadas na conexão de indivíduos e seus comportamentos. A transformação digital por sua vez será a adaptação progressiva a digitalização, a fim de garantir valor sustentável. (GIMPEL; RÖGLINGER, 2015).

A transformação digital na Cadeia de Suprimento permitirá a integração de dados e informações de diferentes fontes e locais para conduzir a produção e distribuição física de bens manufaturados. (MUSSOMELI; GISH; LAAPER, 2015). As Cadeias de Suprimento usualmente são lineares, com a evolução do projeto, para o planejamento, aquisição da matéria-prima, fabricação e entrega. (SNIDERMAN; MAHTO; COTTELEER, 2016). A transformação digital tornará a Cadeia de Suprimento uma matriz flexível e interconectada, permitindo que dados e informações sejam transferidos de maneira não-linear, maximizando a eficiência e o atendimento às demandas variáveis do consumidor e do mercado. (BURKE *et al.*, 2017).

Gunasekaran *et al* (2014) afirmam que a complexidade global faz as organizações necessitarem desenvolver suas *capabilities*. As *capabilities* da CS referem-se à habilidade de uma organização de identificar, utilizar e assimilar recursos e informações internas e externas para promover a CS. (WU *et al.*, 2006). As *capabilities* permitem que as organizações compartilhem informações com parceiros da CS, criando abordagens de planejamento da demanda, melhorando a gestão e movimentação de produtos físicos e simplificando os processos da CS. (RAI; PATNAYAKUNI; SETH, 2006).

A transformação digital na CS, possibilita maior conectividade na rede formada por fornecedores, organização e clientes, gerando comunicações multidirecionais entre os processos tradicionalmente desconectados da cadeia de suprimentos. (MUSSOMELI; GISH; LAAPER, 2015). Assim, será criado um sistema interconectado que pode incorporar parceiros ecossistêmicos e evoluir ao longo do tempo promovendo melhorias na produção e distribuição. (SNIDERMAN; MAHTO; COTTELEER, 2016).

Desta forma, organizações dinâmicas, otimizadas em tempo real e auto organizadas têm um desempenho superior em critérios competitivos, como custo, disponibilidade e consumo de recursos. (KAGERMANN; WAHLSTER; JOHANNES, 2013). Portanto, as organizações almejam a transformação digital para otimizar processos, ou seja, para fazer alterações que incluam melhorias da qualidade, reduções de tempo, flexibilidade e redução de custos. (SZOZDA, 2017).

As primeiras etapas para a transformação digital na CS ocorreram a partir da Internet e a simplificação da troca de informações entre cliente e fornecedor. A Internet proporciona a troca de informações rápida e confiável, permitindo a interconectividade de baixo custo para a CS. (GIMÉNEZ; LOURENÇO, 2004). Pode ser utilizada como

instrumento para gerenciar sistemas distribuídos e tecnologias como RFID (*Radio Frequency Identification Devices*) e assim, rastrear produtos na CS. (BRETTEL *et al.*, 2014).

Além disso, tecnologias digitais robustas utilizam-se do potencial da Internet. Desta forma, a IoT que visa conectar objetos e sistemas em uma fábrica, a *Cloud Computing* que fornece acesso simplificado a informações e serviços, *Big Data* e *Big Data Analytics* que geram elevada quantidade de dados e os utilizam para tomada de decisão são tecnologias digitais promovidas pela Internet que terão ampla aplicação na I4.0. (FRANK; DALENOGARE; AYALA, 2019).

Diante disso, a transformação digital nos processos da CS é o tema desta pesquisa. O impacto das tecnologias nos processos e *capabilities* da CS e o efeito nos critérios competitivos são estudados em função da adoção de tecnologias digitais. A seguir, serão apresentados o objeto e o problema de pesquisa.

### **1.1 Objeto e Problema de Pesquisa**

“Uma CS é uma rede de instalações que adquire matérias-primas, as transforma em produtos intermediários e depois em produtos finais, e entrega aos clientes por meio de um sistema de distribuição.” (HUANG; SHEORAN; KESKAR, 2005, p. 377). Essencialmente, as Cadeias de Suprimento consistem na troca de tempo, dinheiro, informação ou materiais físicos por alguma outra unidade de valor entre cliente e fornecedor, em diversos níveis da cadeia produtiva. (MUSSOMELI; GISH; LAAPER, 2015).

O Gerenciamento da Cadeia de Suprimento (GCS) propõe que a cadeia seja vista como um sistema integral e que as decisões sobre como operar os vários componentes (organizações, funções e atividades) sejam adotadas considerando esta totalidade, esperando produzir um desempenho geral mais desejável no longo prazo. (HUANG; SHEORAN; KESKAR, 2005). Entretanto, em uma CS tradicional, o volume e a complexidade das decisões a serem tomadas, bem como às condições (internas e externas) da organização dificultam uma gestão eficiente da CS. (HUANG; SHEORAN; KESKAR, 2005).

Incertezas e impossibilidade de previsão geralmente são causados por falhas na comunicação entre os membros da CS ou por informações distorcidas. (LEE, HAU L.; PADMANABHAN; WHANG, 1997). O excesso de estoque em determinados

momentos e desabastecimento em outros levam a um atendimento insatisfatório dos clientes. (RAI; PATNAYAKUNI; SETH, 2006).

Desta forma, as tecnologias digitais serão utilizadas para melhorar o fluxo de informação, reduzindo as incertezas e melhorando a satisfação dos clientes. (HUANG; SHEORAN; KESKAR, 2005). Logo, a transformação da CS trará benefícios em redução do custo e o aumento da inovação relacionada ao próprio processo de produção, podendo até mesmo contribuir com a fidelização dos clientes. (MUSSOMELI; GISH; LAAPER, 2015).

Porém, ao iniciar a transformação digital, as organizações devem considerar que a utilização de tecnologias digitais ou infraestruturas de informação, isoladamente, não trarão benefícios significativos para as organizações. (GURRÍA, 2017). Assim, a transformação digital não se refere apenas ao surgimento de tecnologias, mas principalmente sobre a convergência e integração que pode oferecer. (GURRÍA, 2017).

Assim, as empresas que adotarem tecnologias sem considerar a integração que estas podem oferecer, não estarão obtendo os benefícios esperados da transformação digital na CS. Porém, as tecnologias são estudadas isoladamente nos processos, dificultando a análise da integração que geram. Segundo Schneider (2018), os estudos realizam as análises em aplicações específicas e negligenciam a ligação com os processos.

Deste modo, a digitalização da CS deve ser estudada de maneira multidisciplinar e sistêmica, envolvendo tecnologias convergentes e sistemas de manufatura, integralmente nas organizações, nos produtos e na CS. (GURRÍA, 2017). Entretanto, Szozda (2017) identificou que as adoções recentes de tecnologias digitais proporcionam mudanças em determinados elos da cadeia e não dizem respeito a toda a organização da CS. Porém, é necessário entender como as tecnologias implementadas conjuntamente podem trazer benefícios à integração dos processos da CS, visto que este é um dos requisitos para a transformação digital.

Contudo, as publicações que se propõem a estudar mais de uma tecnologia, realizam as pesquisas em um processo da CS. Assim, o RFID, *cloud computing* e inteligência artificial são estudados conjuntamente no planejamento da CS. (ZHOU, LI; CHONG; NGAI, 2015). A tecnologia de *Internet of Things* é analisada associada com *Big Data Analytics* para criação de um sistemas de rastreabilidade (GIAGNOCAVO *et al.*, 2017), com *Big Data* gerado por meio de sensores do

smartphone para monitoramento em tempo real sobre as condições de alimentos perecíveis durante o transporte e armazenamento (ALFIAN; SYAFRUDIN; RHEE, 2017), com sistemas ciber-físicos para gerenciamento da cadeia de suprimentos de produtos perecíveis (BOGATAJ; BOGATAJ; HUDOKLIN, 2017), *cloud computing* (LEE, C. K.H., 2017). Todas estas publicações relacionadas ao processo de entrega. Neste mesmo processo, *Big Data*, *Cloud Computing*, Algoritmo Genético e Inteligência Artificial foram estudados simultaneamente para controlar remotamente a localização e as condições de remessas de produtos agroalimentares. (VERDOUW *et al.*, 2018). O impacto conjunto das tecnologias de *Big Data Analytics*, manufatura aditiva e sistemas avançados de rastreamento foi estudado para auxiliar o processo de planejamento da CS. (IVANOV, DMITRY; DOLGUI; SOKOLOV, 2018).

Algumas publicações se limitam a uma parte específica da CS, como: gestão de inventários, fornecedores, confiabilidade na entrega, otimização do transporte, interrupções nas CS e, mais recentemente, tópicos relacionados à sustentabilidade, práticas éticas e legais das organizações. (FERDOWS, 2018). Além disso, a maior parte das publicações sobre tecnologia digitais concentra-se em estudos de rastreabilidade de produtos perecíveis, sendo o RFID a tecnologia predominante. (KONOVALENKO; LUDWIG, 2019).

Ivanov, Dolgui e Sokolov (2018) baseiam-se na literatura sobre as tecnologias de sistemas ciber-físicos, manufatura aditiva, *Big Data Analytics* e sistemas avançados de rastreamento para avaliar os efeitos destas na redução dos riscos e melhoria da resiliência e robustez da CS e sugerem que trabalhos futuros realizem “uma pesquisa empírica rigorosa baseada em dados que obtenha *insights* mais generalizados e objetivos sobre esse campo de pesquisa.” (IVANOV, DMITRY; DOLGUI; SOKOLOV, 2018, p. 14). Ademais, consideram que tecnologias emergentes, como *blockchain*, terão aplicações que impactarão o GCS.

Além disso, a adoção de tecnologias envolve investimentos que precisam ser analisados. Assim, para que a organização obtenha melhor retorno dos investimentos em tecnologias digitais necessita realizar uma análise precisa da transformação digital. (BUGHIN; LABERGE; MELLBYE, 2017). As organizações em um ambiente competitivo podem ser desencorajadas em investir sem esta análise. (GURRÍA, 2017).

De tal modo, as organizações devem projetar a transformação digital no longo prazo e, necessitam desenhar estratégia de “quais produtos oferecerão, como os lucros serão obtidos e quais grupos de clientes devem ser atendidos, quais recursos

serão necessários: em resumo, como será o modelo de negócios.” (SCHEER, AUGUST-WILHELM, 2015, p. 21). Desta forma, a organização que planeja adotar tecnologias deve analisar o modelo de negócio, os processos da CS e quais as tecnologias que poderiam auxiliar. Entretanto, a limitada adoção de tecnologias digitais nas organizações (SZOZDA, 2017) dificulta o acesso a dados reais de aplicação e, conseqüentemente, dos benefícios obtidos com a transformação digital.

Ao mesmo tempo, poucos estudos apresentam as barreiras a adoção de tecnologias. A aplicação de RFID, *Cloud Computing* e Inteligência Artificial para monitoramento remoto da produção, foi dificultada pelo grau de instrução e resistência dos colaboradores e pela falta de comprometimento da gerência. (GUO *et al.*, 2015). As barreiras à adoção da manufatura aditiva foram apresentadas em relação os processos, tecnologias e implicações da cadeia de suprimento. (DURACH; KURPJUWEIT; WAGNER, 2017). Desta forma, as empresas terão dificuldade de projetar a adoção de tecnologias, visto que poucos resultados sobre barreiras à implementação são publicados.

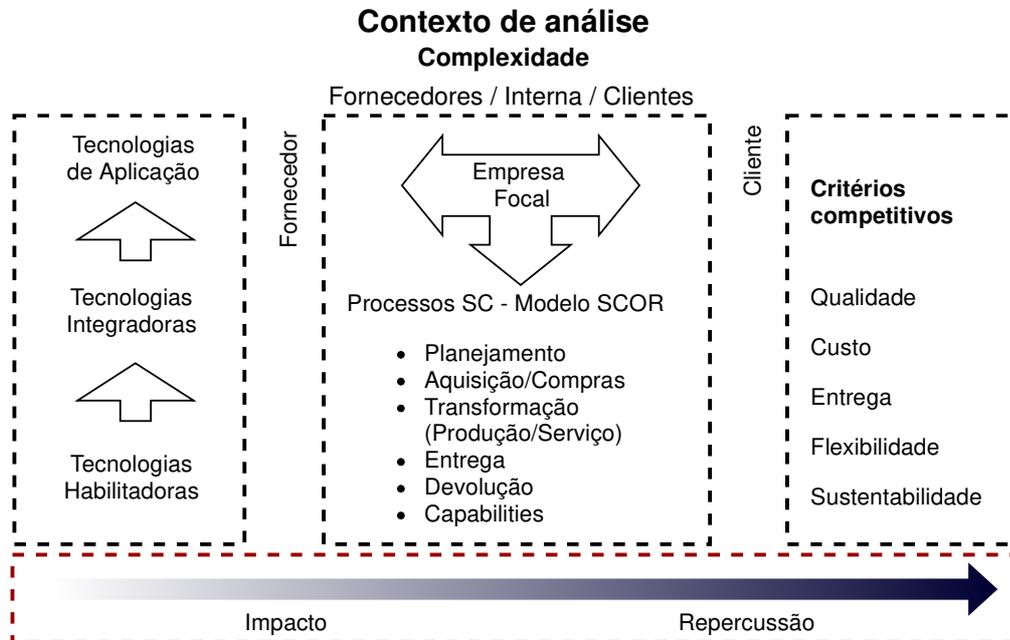
Segundo Frank, Dalenogare e Ayala (2019), faltam evidências empíricas e avaliação dos impactos das tecnologias no desempenho industrial. Ainda assim, trabalhos empíricos analisados utilizam os estudos de casos para testar aplicações de tecnologias, por exemplo, no ambiente industrial ou na cadeia de suprimento. Assim, Soroor *et al* (2011) criam um algoritmo inteligente para avaliar ofertas de fornecedores e validam em um caso real. Alfian, Syafrudin e Rhee (2017) utilizam uma cadeia de suprimento de alimentos perecíveis para testar uma plataforma de big data criada para lidar com dados de IoT. Guo *et al* (2015) utilizam o ambiente de produção têxtil para aplicar tecnologia de RFID, *cloud computing* e inteligência artificial, e assim monitorar a produção remotamente em tempo real.

Desta forma evidenciou-se, com base na literatura, que as pesquisas não exploram a adoção de tecnologias digitais como um processo de transformação digital das organizações. Mesmo que diversos estudos tenham analisado as tecnologias digitais, isoladamente ou uma quantidade limitada destas em conjunto, não foi possível verificar a avaliação da evolução de implementação, ocasionando uma carência no entendimento da transformação digital.

A Figura 1 exibe o desenho de pesquisa. Visto que a transformação digital é um processo gradual gerado pela incorporação de tecnologias digitais nas

organizações, esta é analisada no contexto dos processos da CS, observando os impactos nas *capabilities* e a repercussão nos critérios competitivos.

Figura 1 - Framework de pesquisa



Fonte: Adaptado de GMRG (2019).

A fim de avaliar o impacto que a adoção das tecnologias digitais gera nos processos da CS e nas *capabilities*, considerando a repercussão nos critérios competitivos e as barreiras à adoção, esta pesquisa visa contribuir com resultados empíricos respondendo a seguinte questão:

**Como ocorre a transformação digital nos processos e nas *capabilities* da CS e quais são seus efeitos nos critérios competitivos?**

## 1.2 Objetivos

Esta seção apresenta o objetivo geral, bem como os objetivos específicos a serem atingidos ao longo da pesquisa.

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo principal é avaliar como ocorre a transformação digital nos processos e nas *capabilities* da CS e seus efeitos nos critérios competitivos.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos da pesquisa subdividem-se em:

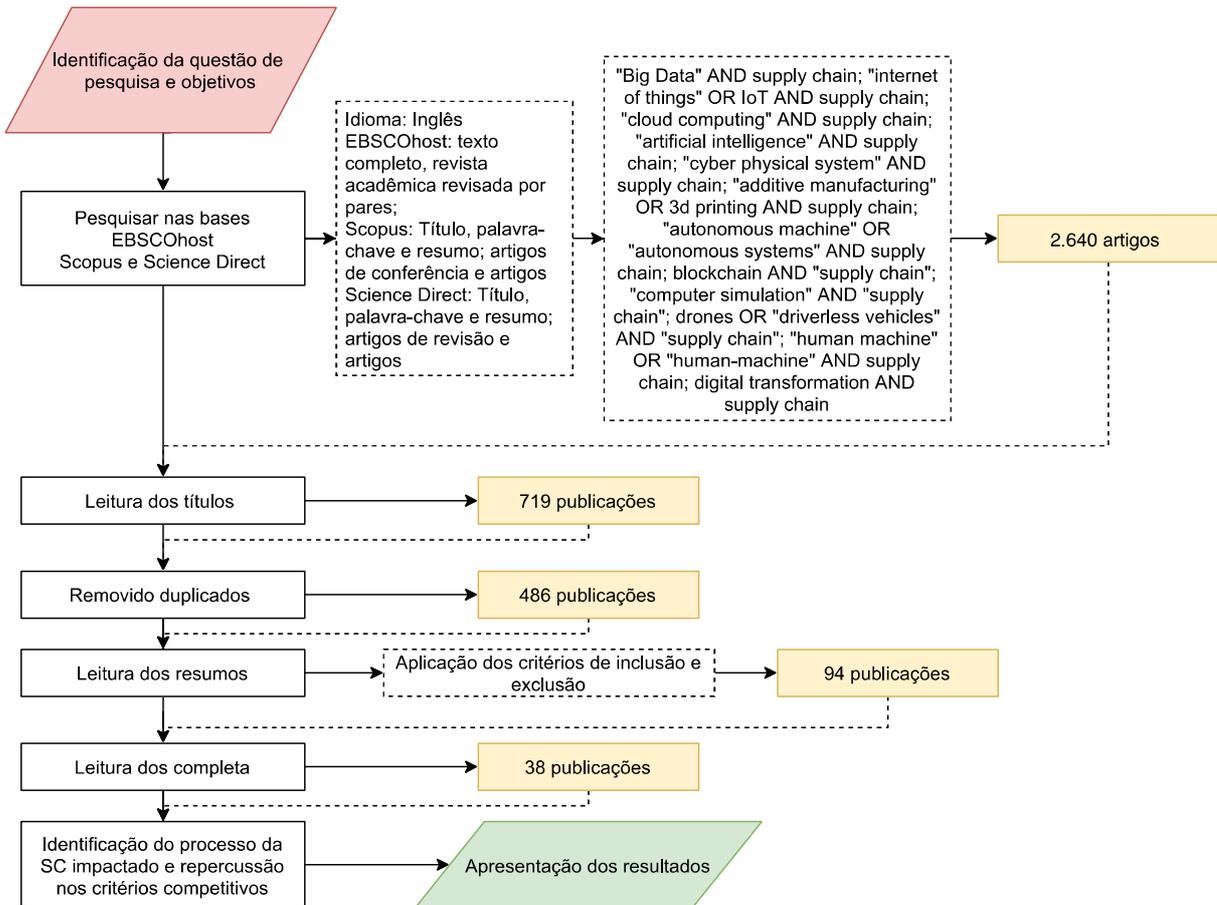
- a) Verificar o estágio de utilização de tecnologias digitais nos processos da Cadeia de Suprimento;
- b) Avaliar qual a influência do uso das tecnologias digitais nos processos da Cadeia de Suprimento na empresa focal;
- c) Avaliar o impacto que o uso das tecnologias ocasiona nas *capabilities* e a repercussão nos critérios competitivos;
- d) Propor um protocolo de estudo de caso para avaliação das tecnologias digitais nos processos e *capabilities* de CS.

### 1.3 Justificativa

Esta seção expõe as razões para a realização dessa pesquisa. A justificativa esta contextualizada sob a perspectiva acadêmica e do contexto empresarial. Para avaliar as pesquisas existentes realizou-se uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) conforme proposto por Morandi e Camargo (2015). O protocolo da RSL (Apêndice A) foi elaborado, definindo os termos de buscas, critérios de inclusão e exclusão, as bases pesquisadas, dentre outras definições.

A leitura completa foi realizada em textos que as tecnologias digitais foram associadas aos processos do CS, descritos no Supply Chain Operation Reference (SCOR), às *capabilities* de robustez e resiliência, ou aos critérios competitivos de custo, qualidade, entrega, flexibilidade e sustentabilidade. A Figura 2 apresenta as etapas da RSL realizada.

Figura 2 – Etapas da RSL



Fonte: Elaborado pela autora.

Como objetivo da revisão da literatura, as publicações analisadas apresentam os impactos das tecnologias digitais nos processos da CS, nas *capabilities* e repercussão nos critérios competitivos. As publicações analisadas estão no Apêndice B.

Para avaliar a transformação digital da CS é necessário considerar a integração nos processos internos da empresa, na Supply Chain e rede de organizações e no ciclo de vida do produto, do desenvolvimento a disposição final. (GURRÍA, 2017; KAGERMANN; WAHLSTER; JOHANNES, 2013). Todavia, análise de integrada dos processos da CS não é realizada.

Assim, a primeira contribuição acadêmica ocorre pela avaliação conjunta de diversas tecnologias digitais, analisando o nível de integração proporcionado por estas nos processos da CS. Mesmo os estudos de caso (ALFIAN; SYAFRUDIN; RHEE, 2017; BEARZOTTI; SALOMONE; CHIOTTI, 2012; GIAGNOCAVO *et al.*, 2017; SOROOR *et al.*, 2011; ZHOU, LI; CHONG; NGAI, 2015) e as survey (DE VASS; SHEE;

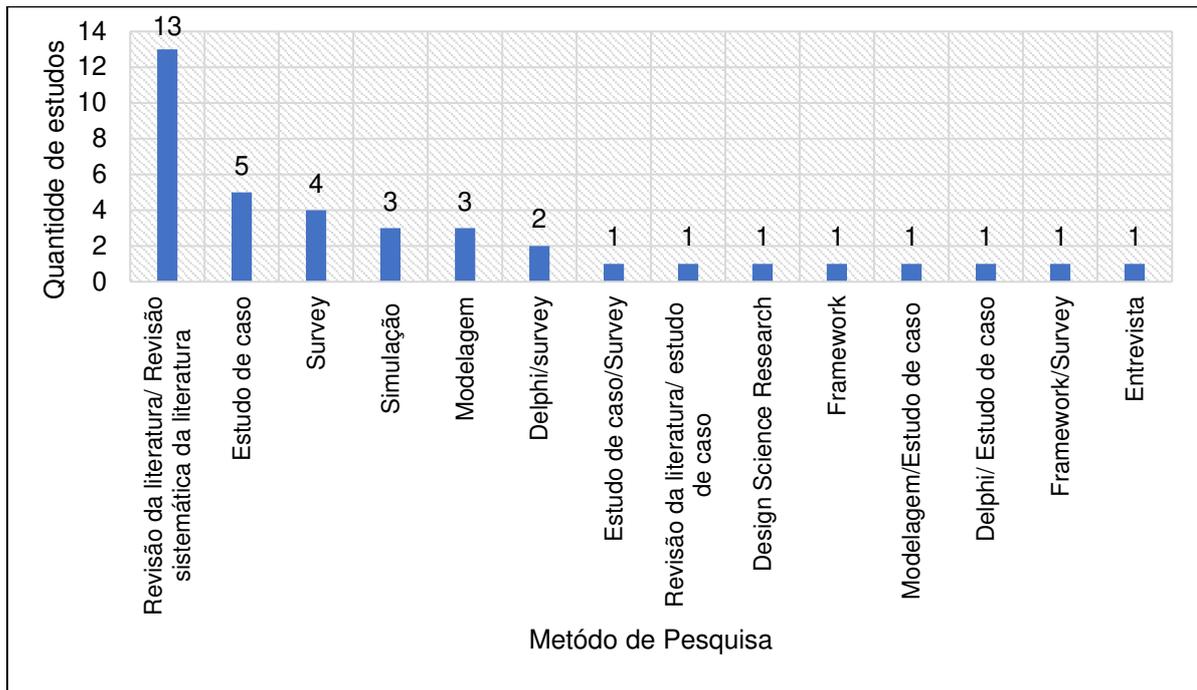
MIAH, 2018; DURACH; KURPJUWEIT; WAGNER, 2017; HADDUD *et al.*, 2017; RAMAN *et al.*, 2018), avaliam as tecnologias em um único processo da CS.

Visto que a transformação digital advém de uma adoção gradual de tecnologias (GIMPEL; RÖGLINGER, 2015) a avaliação conjunta destas permite verificar a sequência de implementação nas empresas. Concomitantemente, por meio da análise do nível da adoção das tecnologias, será avaliada a relação existente entre as tecnologias. Assim, será possível identificar a hierarquia de implementação e os caminhos que as organizações percorrem para adotar as tecnologias digitais. Portanto, possibilita às organizações que almejam iniciar a transformação digital ou avaliar o grau de maturidade, analisar a conexão existente entre as tecnologias.

Outra carência encontrada na literatura é que a maioria dos estudos são revisões da literatura, necessitando assim de dados empíricos para avaliar a transformação digital. O benefício real das tecnologias digitais ainda é uma preocupação para os profissionais e um estudo empírico que avalie estes benefícios pode ser útil para a teoria e prática. (FRANK; DALENOGARE; AYALA, 2019).

Dentre os estudos de casos encontrados, a tecnologia de Sistema Autônomo foi estudada no processo de planejamento (BEARZOTTI; SALOMONE; CHIOTTI, 2012), inteligência artificial no processo de aquisição (SOROOR *et al.*, 2011), *Big Data* e IoT no processo de entrega (ALFIAN; SYAFRUDIN; RHEE, 2017). Neste mesmo processo IoT e *Big Data Analytics* são estudados associadamente. (GIAGNOCAVO *et al.*, 2017). As tecnologias de RFID, *cloud computing* e inteligência artificial foram analisadas numa implementação piloto em um ambiente real de fabricação, buscando estabelecer um sistema de suporte à decisão inteligente. (ZHOU, LI; CHONG; NGAI, 2015). O gráfico 1 apresenta a distribuição das publicações selecionadas na RSL por método de pesquisa utilizado.

Gráfico 1 – Publicações da RSL por método de pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora

A pesquisa sobre Manufatura Avançada é caracterizada pela prevalência de estudos conceituais. (KOH; ORZES; JIA, 2019). A novidade do tema e a expectativa da reduzida adoção de tecnologias pelas empresas podem ser justificativas parciais para a quantidade restrita de trabalhos empíricos sobre a manufatura avançada. (KOH; ORZES; JIA, 2019). Porém, a pesquisa científica não pode ignorar o contato com o ambiente industrial, e assim, um dos principais desafios para pesquisas na Manufatura Avançada é, portanto, realizar mais investigações empíricas. (KOH; ORZES; JIA, 2019).

Assim, a presente pesquisa avalia a transformação digital nos processos da CS, contribuindo com a teoria visto que fornece dados reais da ocorrência desta. Além disso, permite avaliar se os resultados teóricos da adoção de tecnologia são condizentes com os empíricos. O ambiente industrial foi avaliado em duas empresas, apresentando evidências comparáveis da transformação digital nos processos da CS.

No âmbito empresarial, um estudo realizado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), verificou que apenas 1,6% das organizações fazem uso de tecnologia integradamente, com retroalimentação de informações na operação e apoio ao processo de decisão. (CNI, 2017). Sendo que 77,8% das organizações ainda não possui automação, integração e conexão entre as atividades e áreas. (CNI, 2017). A

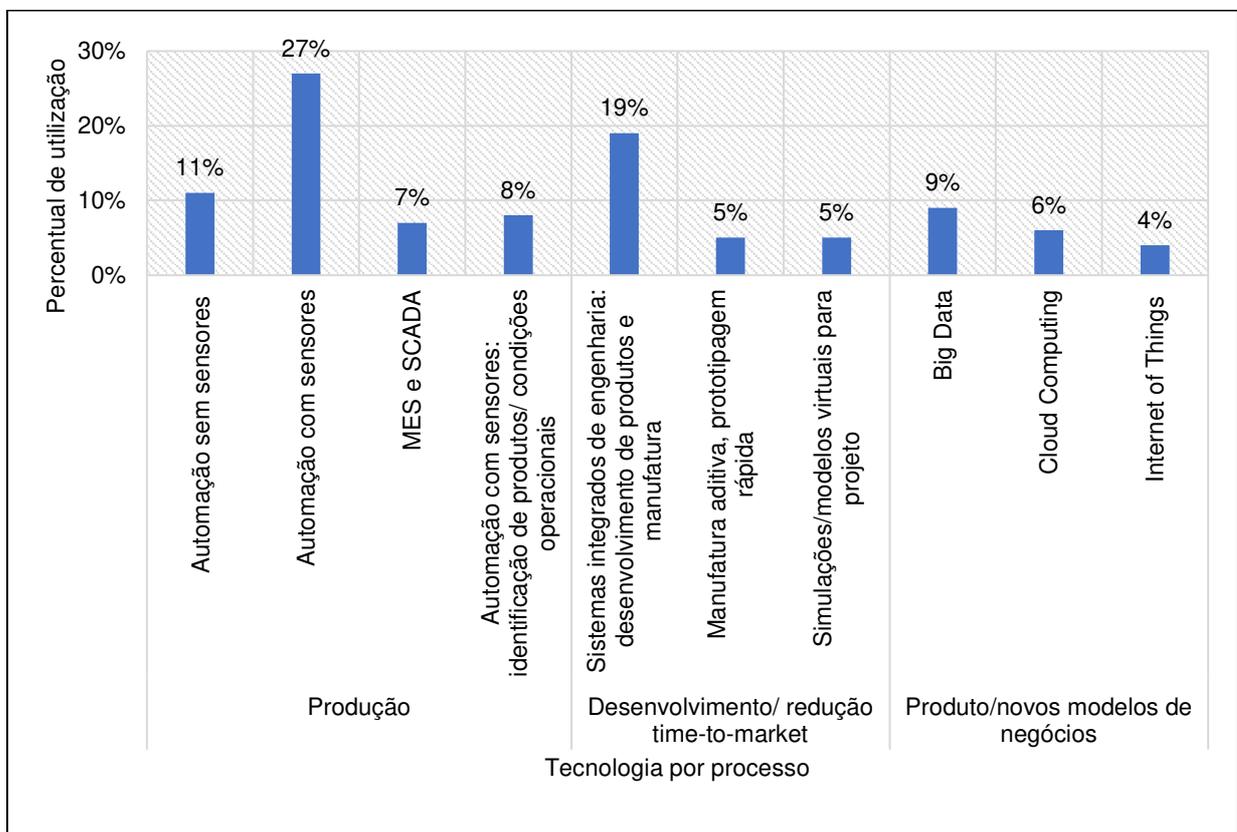
pesquisa evidenciou que os esforços para a incorporação das tecnologias digitais nas organizações são limitados.

Dentre as organizações estudadas, 30,2% estão realizando estudos iniciais e, 39,4% não possuem nenhuma ação para a adoção de tecnologias digitais. (CNI, 2017). Para estas organizações, ter um estudo em que possam avaliar os resultados das aplicações de tecnologias digitais pode auxiliar a projetar as futuras tecnologias digitais.

Logo, ter-se-á conhecimento das iniciativas digitais que estão ocorrendo, possibilitando a identificação das utilizações e processos em que as tecnologias digitais podem ser empregadas. A divulgação dos resultados da pesquisa pode servir de estímulo à Manufatura Avançada no Brasil, visto que as organizações precisam de um maior grau de conhecimento dos benefícios que podem obter com a adoção de tecnologias para projetar a implementação. (CNI, 2016).

Outro estudo da CNI (2016) buscou compreender quais as tecnologias digitais estavam sendo utilizadas na indústria brasileira. O Gráfico 2 apresenta as tecnologias utilizadas nas indústrias brasileiras.

Gráfico 2 - Tecnologias utilizadas nas indústrias brasileiras



Fonte: Sondagem Especial Indústria 4.0. (CNI, 2016)

Dentre as organizações que utilizam alguma tecnologia, e excluindo a utilização de apenas CAD/CAM, 53% das organizações utilizam tecnologias ligadas ao processo. Este resultado manifesta o objetivo principal das organizações de aumentar a produtividade e minimizar os custos operacionais. (CNI, 2016).

Neste estudo as principais barreiras a implementação citadas foram: i) custo de implantação (83%); ii) dificuldade de quantificar o retorno sobre o investimento (32%); iii) dificuldade para integrar novas tecnologias e softwares (28%); e iv) estrutura e cultura da organização (27%). O percentual total foi maior do que 100% pois respondentes indicavam três opções de resposta. (CNI, 2016).

Do mesmo modo, existe uma dificuldade em quantificar os benefícios e vantagens de custo (por exemplo, redução de custos de inventário, custos de complexidade, custos salariais) bem como os investimentos necessários (por exemplo, para infraestrutura ou treinamento de pessoal) envolvidos. (HOFMANN; RÜSCH, 2017). Logo, as organizações podem não estar dispostas a investir, a menos que tenham uma compreensão aproximada dos benefícios e investimentos. (HOFMANN; RÜSCH, 2017).

Devido ao percentual de empresas que empregam tecnologias digitais ser restrito, ao analisar os impactos da implementação de tecnologias digitais sobre competitividade, a avaliação fica mais a nível de impactos esperados do que de atuais. (CNI, 2017). Assim, as organizações que pretendem iniciar a transformação digital possuem poucos parâmetros para considerar os impactos das tecnologias digitais e, podem ser desestimuladas a iniciar a implementação.

Ivanov, Dolgui e Sokolov (2018) analisam a literatura e combinam os resultados do impacto da digitalização e do gerenciamento de riscos na cadeia de suprimento. Consideram ser este “o primeiro estudo que conecta perspectivas de negócios, informações, engenharia e análise quantitativa sobre digitalização em termos de seus impactos no gerenciamento de riscos de interrupção de CS” (IVANOV, DMITRY; DOLGUI; SOKOLOV, 2018, p. 13). Considerando que a digitalização da CS afeta o gerenciamento de risco da cadeia impactando as *capabilities* de robustez e resiliência, faltam evidências empíricas deste.

Assim, uma contribuição será a análise dos resultados empíricos dos impactos da adoção de tecnologias nas *capabilities*. Desta forma, auxilia as organizações na previsão das repercussões que terão caso optem pela utilização de algumas das tecnologias digitais observadas no estudo.

Por fim, esta pesquisa contribui no sentido de apresentar a transformação digital, analisando sua ocorrência em grandes empresas do Rio Grande do Sul. Possibilitando assim que profissionais e pesquisadores tomem conhecimento do estágio da transformação digital, bem como visualizem em que processos da CS as tecnologias estão sendo aplicadas e quais os efeitos desta utilização. Discutidas as contribuições, a seguir, as delimitações do trabalho serão detalhadas.

#### **1.4 Delimitações**

Nesse momento, principais delimitações são explicitadas, ou seja, os aspectos que não fazem parte do escopo desta pesquisa. O presente trabalho estuda os impactos positivos (benefícios) da transformação digital, no entanto, a transformação digital pode incluir impactos negativos (desvantagens). As questões sociais, por exemplo, redução do posto de trabalho, privacidade dos envolvidos, adequação dos colaboradores à utilização das tecnologias digitais, não foram avaliadas.

O trabalho parte do estudo do GMRG (2019). A classificação e as tecnologias digitais contidas em cada classe seguem a definição deste estudo sendo estas propostas por Gurría (2017). Os critérios competitivos utilizados neste trabalho são definidos no framework de pesquisa do GMRG (2019).

Da mesma forma, não foram realizadas avaliações quantitativas relacionadas aos impactos da transformação digital nos processos da Cadeia de Suprimento. Essa delimitação se deve ao fato de as empresas estudadas não possuírem os dados quantitativos para avaliação das tecnologias implementadas ou não os disponibilizarem para análise. Discutidas as delimitações, a próxima seção apresenta a estrutura desta pesquisa.

#### **1.5 Estrutura do trabalho**

Esta pesquisa foi estruturada em 6 capítulos. O presente capítulo apresenta os aspectos introdutórios da pesquisa, objeto e problema de pesquisa e questão de pesquisa, o objetivo geral e específicos, justificativa para realização da pesquisa, finalizado com a estrutura do trabalho. O segundo capítulo apresenta a fundamentação teórica do trabalho, com a apresentação dos conceitos de Cadeia de Suprimento e Gerenciamento da Cadeia de Suprimento, bem como a apresentação

do modelo SCOR, *capabilities* da CS e critérios competitivos. São apresentadas as tecnologias digitais e os conceitos da transformação digital na CS.

O terceiro capítulo faz o delineamento da pesquisa, caracterizando o método científico e método de pesquisa utilizados para realização desta pesquisa. Por fim, é apresentado o método de trabalho aplicado, com as fases e delimitações necessárias para alcançar aos objetivos propostos.

No quarto capítulo, são apresentados os estudos de caso realizados assim como a análise comparativa entre estes. A saber, os estudos de caso foram realizados em duas empresas localizadas no Rio Grande do Sul. As discussões dos resultados são apresentadas no quinto capítulo. Por fim, o sexto capítulo apresenta as considerações finais desta pesquisa.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção de referencial teórico serão contextualizados os principais elementos desta pesquisa. Inicialmente são feitas distinções entre os termos Cadeia de Suprimento (CS) e Gerenciamento da Cadeia de Suprimento (GCS) para então apresentar o modelo *Supply Chain Operation Reference* (SCOR), utilizado como referência para os processos de CS. Posteriormente serão apresentados os conceitos de *capabilities* da CS e de critérios competitivos das organizações. Em seguida, são expostas as tecnologias digitais, organizadas nas classes: tecnologias habilitadoras, tecnologias integradoras e tecnologias de aplicação. Por fim, a transformação digital na CS é caracterizada. A seguir, serão abordadas as principais definições relativas a Cadeia de Suprimento.

### 2.1 Processos, *capabilities* e critérios competitivos da CS

A Cadeia de Suprimento aborda diversas questões organizacionais e com isso sua definição pode não ser categórica, sendo, por vezes, equivocadamente usado com o mesmo sentido do termo logística.(CSCMP, 2019). Inicialmente, logística, Cadeia de Suprimento e Gerenciamento da Cadeia de Suprimento serão diferenciados, após o modelo SCOR (*Supply Chain Operation Reference*) será apresentado. Por último as *capabilities* da CS e os critérios competitivos organizacionais serão contextualizados.

#### 2.1.1 Cadeia de Suprimento (CS) e Gerenciamento da Cadeia de Suprimento (GCS)

O *Council of Supply Chain Management Professionals* (CSCMP) instituiu definições oficiais para os termos Gerenciamento da Cadeia de Suprimento (GCS) e gestão de logística. A gestão de logística pode ser entendida como a parte da GCS que planeja, implementa e controla de modo eficiente e eficaz o fluxo de mercadorias, serviços e informações entre o ponto de origem e o ponto de consumo para atender aos requisitos dos clientes.(CSCMP, 2019). O GCS engloba o planejamento e gerenciamento das atividades envolvidas na aquisição, transformação e atividades de logística. Inclui a coordenação e a colaboração com parceiros, que podem ser fornecedores, prestadores de serviços terceirizados e clientes. (CSCMP, 2019).

A Cadeia de Suprimento é um conjunto de firmas que transmitem materiais entre si até o consumidor final. (LONDE; MASTERS, 1994). Uma Cadeia de Suprimento é constituída de diversas empresas independentes envolvidas na fabricação de um produto. O fluxo na Cadeia de Suprimento inicia na extração de matéria-prima, passa pela fabricação de componentes, montagem de produtos, atacadistas, varejistas e transportadoras ao longo do processo até finalizar na entrega ao usuário final.(LONDE; MASTERS, 1994).

Para Handfield e Nichols (2002) o GCS é a integração e gerenciamento das atividades da CS adquiridos por meio de relacionamentos organizacionais cooperativos, processos de negócios efetivos e altos níveis de compartilhamento de informações, proporcionando vantagem competitiva sustentável para as organizações participantes. A ideia do GCS é considerar a cadeia como um sistema integral e ajustar as decisões sobre como operar os componentes (organizações, funções e atividades) buscando um desempenho geral do sistema mais desejável a longo prazo. (HUANG; SHEORAN; KESKAR, 2005).

### 2.1.2 Modelo SCOR

Em 1996, o *Supply Chain Council* (SCC) desenvolve a primeira versão do modelo SCOR (*Supply Chain Operations Reference*). A partir de 2014, o SCC passa a integrar a *American Production and Inventory Control Society* (APICS), e em 2019, fundam a *Association for Supply Chain Management* (ASCM), que se torna a instituição responsável pela atualização, certificação, treinamento e distribuição do modelo SCOR. (APICS, 2019). O modelo de referência do processo de CS (SCOR) visa avaliar e comparar as atividades e o desempenho da CS, e por meio de uma estrutura exclusiva, vincula processos de negócios, métricas, melhores práticas e tecnologia a uma estrutura unificada para oferecer suporte à comunicação, melhorar a eficácia do GCS e as atividades relacionadas à melhoria da CS. (SCC, 2012).

Segundo Pires (2010), o modelo SCOR é o primeiro modelo de referência construído para avaliar o GCS. O modelo fornece uma estrutura que possibilita caracterizar as práticas e os processos de GCS que resultam no melhor desempenho da categoria.(LOCKAMY; MCCORMACK, 2004). Adotando uma perspectiva de processo operacional, o modelo SCOR avalia a função de GCS incluindo todos os

fluxos de material, informação e monetários com clientes, fornecedores, prestadores de serviço. (BOLSTORFF; ROSENBAUM, 2012; ZHOU, H. *et al.*, 2011).

O modelo SCOR é desenvolvido com base nas atividades necessárias para atender a demanda dos clientes, abrangendo as interações com clientes, da entrada dos pedidos até a fatura ser paga, considerando ordens de compra, ordens de serviço, autorização de devolução, previsões e pedidos de reabastecimento. (SCC, 2012). Inclui todas as transações de material físico do fornecedor do fornecedor ao cliente do cliente, incluindo equipamentos, suprimentos, peças de reposição, produtos a granel, software dentre outros. (BOLSTORFF; ROSENBAUM, 2012; SCC, 2012). Entretanto, o modelo não descreve todos os processos ou atividades de negócios, não são abordadas as operações de vendas e marketing (geração de demanda), desenvolvimento de produtos, pesquisa e alguns elementos de suporte ao cliente pós-entrega. (SCC, 2012).

O modelo SCOR inclui três níveis de detalhamento do processo. (BOLSTORFF; ROSENBAUM, 2012; LOCKAMY; MCCORMACK, 2004; SCC, 2012). O Nível 1 define o escopo e conteúdo dos principais processos de GCS, como o desempenho é medido e os requisitos competitivos necessários para cada processo. O Nível 2 descreve as estratégias de planejamento e execução do fluxo de materiais, usando categorias padrão como *make-to-stock*, *make-to-order* e *engineer-to-order*. O Nível 3 fornece informações detalhadas a funcionalidade do sistema com foco nos processos, entradas e saídas, desempenho do processo, capacidades tecnológicas e habilidade dos funcionários. (BOLSTORFF; ROSENBAUM, 2012; LOCKAMY; MCCORMACK, 2004; SCC, 2012). Sendo o modelo SCOR projetado para ser um modelo de referência para qualquer indústria em qualquer configuração de CS, não é prescrito como a organização deve conduzir seus negócios e os fluxos de sistema/informação. (BOLSTORFF; ROSENBAUM, 2012; LOCKAMY; MCCORMACK, 2004; SCC, 2012).

A descrição utilizando macro atividades possibilita ao modelo SCOR analisar desde cadeias de suprimento simples até as complexas com um conjunto comum de definições. Assim, praticamente qualquer CS pode ser descrita em profundidade, independente da distinção que houver entre as indústrias que a compõe, permitindo ao modelo SCOR suportar o aperfeiçoamento tanto de CS globais quanto para CS locais. (SCC, 2012).

O modelo descreve processos e não funções, concentrando-se na atividade envolvida, não na pessoa ou elemento organizacional que realiza a atividade (SCC, 2012), permitindo que os elementos do processo, métricas, melhores práticas e os recursos associados à execução da CS sejam transcritos em termos de processo comum a CS. (HUANG; SHEORAN; KESKAR, 2005). A padronização da terminologia permite que as empresas entendam o processo geral de GCS e as melhores práticas que geram o desempenho ideal. (HUANG; SHEORAN; KESKAR, 2005).

Os processos no SCOR foram identificados como necessários de serem executados para suportar o objetivo principal de atender aos pedidos dos clientes. Os seis processos principais de Nível 1 podem ser visualizados no Quadro 1. (SCC, 2012).

Quadro 1 - Definição dos principais processos do modelo SCOR - Nível 1

Processo	Definição
Planejamento	Equilibra demanda e oferta para desenvolver um curso de ação que melhor atenda aos requisitos de fornecimento, produção e entrega. Incluem a coleta de requisitos, coleta de informações sobre recursos disponíveis, balanceamento de requisitos e recursos para determinar as capacidades planejadas e as lacunas na demanda ou nos recursos e identificar ações para corrigir essas lacunas.
Aquisição	Inclui atividades relacionadas à aquisição de bens e serviços para atender à demanda planejada e real. Incorpora a emissão de pedidos de compra ou agendamento de entregas, recebimento, validação e armazenamento de mercadorias e a aceitação da fatura do fornecedor.
Transformação	Atividades relacionadas à transformação de produtos em um estado acabado para atender à demanda planejada ou real. São todas as atividades associadas à conversão de materiais ou criação de serviços.
Entrega	Fornecer produtos acabados e serviços para atender à demanda planejada ou real. O processo de entrega incorpora o recebimento, a validação e a criação de pedidos de clientes, o agendamento de entrega de pedidos, a retirada, o empacotamento, o envio e o faturamento do cliente.
Devolução	Descrevem as atividades associadas ao fluxo reverso de mercadorias para os dois lados da CS. Incorpora a identificação da necessidade de devolução, a tomada de decisão de disposição, o agendamento do retorno, o embarque e recebimento das mercadorias devolvidas.
Suporte	Descreve as atividades associadas ao GCS, incluindo o gerenciamento de regras de negócios, do desempenho, de dados, de recursos, de instalações, de contratos, de rede de cadeia de suprimentos, de conformidade regulatória e de riscos.

Fonte: Adaptado de (BOLSTORFF; ROSENBAUM, 2012; LAMBERT; GARCÍA-DASTUGUE; CROXTON, 2005; SCC, 2012).

Desta forma CS pode ser entendida como uma "corrente" de execução dos processos de aquisição, transformação, entrega e devolução, na qual cada interação

de dois processos executados é uma “ligação”, criando um fluxo contínuo de atividades em todas as operações internas e externas da organização. (NASLUND; WILLIAMSON, 2010). O planejamento fica no topo dessas ligações e as gerencia. (HUANG; SHEORAN; KESKAR, 2005). A próxima seção apresenta os conceitos principais de *capabilities* da CS.

### 2.1.3 *Capabilities* da CS

As *capabilities* da CS aumentam a vantagem competitiva das organizações integrando os processos chaves interna e externamente, e com isso melhoram o desempenho dos negócios. A busca pela vantagem competitiva deve priorizar a utilização das *capabilities* da CS de duas maneiras, na primeira, as existentes devem ser aplicadas e exploradas ao máximo e, na segunda, novas devem ser adquiridas. (KRISTAL; HUANG; ROTH, 2010). A tecnologia da informação como um recurso da organização pode impor velocidade, qualidade e quantidade de dados transferidos, mas somente a integração, sendo uma *capability*, pode contribuir para melhorar a performance operacional. (HUO *et al.*, 2016).

Recursos são fatores que a empresa possui ou controla e que serão transformados em produtos ou serviços. As *capabilities*, em contraste, referem-se à habilidade da organização de combinar os recursos usando processos organizacionais, para efetuar um fim desejado. (AMIT; SCHOEMAKER, 1993). Para Amit e Schoemaker (1993, p. 35) “as *capabilities* baseiam-se no desenvolvimento, na presença e na troca de informações por meio do capital humano da empresa” e são desenvolvidas ao longo do tempo por meio de interações complexas de ativos tangíveis ou intangíveis sendo específicas de cada empresa. Podem ser geradas pelas empresas para melhorar a produtividade de seus recursos, garantir a flexibilidade estratégica e proteção para os produtos ou serviços finais. (AMIT; SCHOEMAKER, 1993).

Os estudos de *capabilities* são geralmente realizados por meio de Visão Baseada em Recurso (VBR). O VBR concentra-se na análise consciente e sistêmica da empresa de criar *capabilities* distintivas que permitem ganhar vantagem competitiva no mercado. (HÜLSMANN; GRAPP; LI, 2008; WERNERFELT; ZANDER; BAGOZZI, 1984). A literatura sobre VBR (BARNEY, 1991; WERNERFELT; ZANDER; BAGOZZI, 1984) identifica as condições e os fatores da organização que

fundamentam a vantagem competitiva. A organização é vista como um conjunto de recursos e *capabilities*, que busca a diferenciação na forma que os utilizam.(HANDFIELD; NICHOLS, 2002).

As *capabilities* de robustez e resiliência são determinantes da vantagem competitiva. (KWAK; YOUNG-JOON SEO; MASON, 2018). Uma CS resiliente gerencia os riscos de maneira eficaz. (WATERS, 2007). Focando em inovação, a resiliência é sustentada e a organização mantém-se robusta mesmo que ocorram disrupções na CS. Assim, a *capability* de resiliência significa que a CS pode retornar rapidamente a um estado anterior ou mudar para uma alternativa mais desejável assim que as disrupções tenham cessado. (WATERS, 2007). A resiliência na CS pode ser definida como a *capability* “para se preparar para eventos inesperados, responder a interrupções e recuperar-se, mantendo a continuidade das operações”, (PONOMAROV; HOLCOMB, 2009, p. 131) de maneira estável e positiva, com custo e tempo aceitáveis. (RIBEIRO; BARBOSA-POVOA, 2018).

Pode-se aumentar a resiliência com a criação de planos alternativos, flexíveis e versáteis. (BRUSSET; TELLER, 2017). Para atingir uma CS resiliente inicia-se considerando as organizações individualmente, assumindo uma visão estratégica, entendendo o conceito de risco da cadeia de suprimentos, projetando a CS considerando estes riscos e procurando soluções colaborativas.(WATERS, 2007).

A robustez por sua vez protege a CS contra interrupção e reduz o impacto uma vez que esta ocorra. Para isto pode utilizar alguma redundância planejada previamente, como fornecimento de backup, inventário de mitigação de risco ou flexibilidade de capacidade. (IVANOV, DMITRY; DOLGUI; SOKOLOV, 2018). *Capability* de robustez deve auxiliar a organização a reduzir custos e melhorar a satisfação do cliente em circunstâncias normais e também permitir que a organização sustente suas operações durante e após uma ruptura. (TANG, 2006).

Enquanto a *capability* de robustez se concentra em resistir e sustentar, a *capability* de resiliência se fundamenta na adaptação e na habilidade de retornar à situação estável após uma ocorrência. (BJØRN EGIL ASBJØRNSLETT, 2009). Ao aumentar as *capabilities* de robustez e resiliência as organizações obtêm maior reputação, poder de negociação e reduzem os custos de correção de falhas. (TAN; ZHAO; HALLIDAY, 2018). A seguir os critérios competitivos considerados nesta pesquisa serão detalhados.

### 2.1.3 Critério competitivo

Uma vantagem competitiva de longo prazo é criada quando “as estratégias das empresas são voltadas para atender e exceder continuamente as expectativas dos clientes quanto ao custo do produto e serviço, qualidade, confiabilidade, flexibilidade e sustentabilidade”. (WISNER; TAN; LEONG, 2015, p. 489). Assim, quando a concorrência é elevada, a capacidade de oferecer aos clientes o que estes procuram será um diferencial competitivo para as empresas. (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2019).

Os quatro critérios competitivos mais utilizados para avaliar o desempenho da CS são custo, qualidade, entrega e flexibilidade. Porém, em determinadas situações, outros objetivos podem ser adicionados, como inovação, segurança e sustentabilidade. (SCHROEDER; GOLDSTEIN, 2016).

Assim, nesta pesquisa foram utilizados os critérios competitivos definidos por Lira, Gomes e Cavalcanti (2015), sendo: custo, qualidade, desempenho nas entregas, flexibilidade e responsabilidade socioambiental. Desempenho de entrega e responsabilidade socioambiental serão tratadas nesta pesquisa como entrega e sustentabilidade, respectivamente.

Apesar de ser definido geralmente em relação aos recursos utilizados pelos processos, o custo pode ser afetado por outros critérios competitivos. (SCHROEDER; GOLDSTEIN, 2016). Assim, uma forma importante de melhorar o desempenho de custo é elevar os demais critérios. (SLACK; CHAMBERS; ROBERT JOHNSTON, 2008). Deste modo, a qualidade reduz custos com peças rejeitadas, inspeção, dentre outros. A confiabilidade de entrega minimiza a necessidade de fretes especiais, reduzindo custo logístico.

O critério de qualidade é facilmente julgado pelos consumidores, visto que é perceptível tanto em relação ao produto quanto ao serviço prestado. Logo, produtos e serviços de alta qualidade proporcionam satisfação aos clientes. (SLACK; CHAMBERS; ROBERT JOHNSTON, 2008). A qualidade pode afetar o critério competitivo de custo visto que sua elevação minimiza custos internos de qualidade (inspeção, peças rejeitadas, etc.) e externos (devolução peças defeituosas, garantias, etc.). Da mesma forma, eleva a confiabilidade de entrega, visto que garante que os pedidos serão entregues. (SLACK; CHAMBERS; ROBERT JOHNSTON, 2008).

A entrega é observada na avaliação de quanto tempo os clientes precisam esperar para receber seus produtos ou serviços. (SLACK; CHAMBERS; ROBERT JOHNSTON, 2008). Podendo ser avaliada no fornecimento do produto ou serviço com rapidez e pontualidade, que determinam a confiabilidade do processo de entrega. (SCHROEDER; GOLDSTEIN, 2016).

Flexibilidade é a capacidade de atender a novas demandas em termos de variedade e volume. (BRUSSET; TELLER, 2017; SLACK; CHAMBERS; ROBERT JOHNSTON, 2008). Podendo ser obtida caso a organização possua a capacidade de mudar rapidamente as operações. (SCHROEDER; GOLDSTEIN, 2016).

A sustentabilidade minimiza ou elimina o impacto ambiental das operações, fornecendo viabilidade socioambiental e econômica para a empresa no contexto atual e futuro. (SCHROEDER; GOLDSTEIN, 2016). Elkington (1997, p. 20) define sustentabilidade como “o princípio de garantir que nossas ações hoje não limitem o leque de opções econômicas, sociais e ambientais abertas às gerações futuras”. O conceito de *Triple Bottom Line*, define que as organizações devem gerenciar os requisitos sociais, ambientais e econômicos do sistema de produção em conjunto e de forma integrada. (JOHN ELKINGTON, 1997). Embora os objetivos das organizações sejam quase exclusivamente financeiros e a vantagem competitiva no mercado, segundo o conceito de *Triple Bottom Line*, também devem priorizar a responsabilidade social e a preservação ambiental. (CORRÊA; XAVIER, 2013). Nesta pesquisa o critério competitivo de sustentabilidade considera apenas a responsabilidade social e ambiental, visto que os demais critérios competitivos expressam os requisitos econômicos.

Estes critérios podem influenciar as escolhas dos clientes e, buscá-los deve ser parte do objetivo da organização. (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2019). De tal modo, a empresa deve priorizar os objetivos de desempenho, ou critérios competitivos, sob a perspectiva de mercado. Os objetivos de desempenho, neste estudo considerados critérios competitivos, são influenciados por dois fatores: as necessidades específicas dos clientes da empresa e as atividades dos concorrentes. (SLACK; CHAMBERS; ROBERT JOHNSTON, 2008). Assim, buscando uma vantagem competitiva, as empresas devem alinhar suas estratégias de operações aos critérios competitivos de maior importância para os clientes e para aqueles que possuem potencial de melhorar em relação à concorrência. (SLACK; CHAMBERS; ROBERT JOHNSTON, 2008).

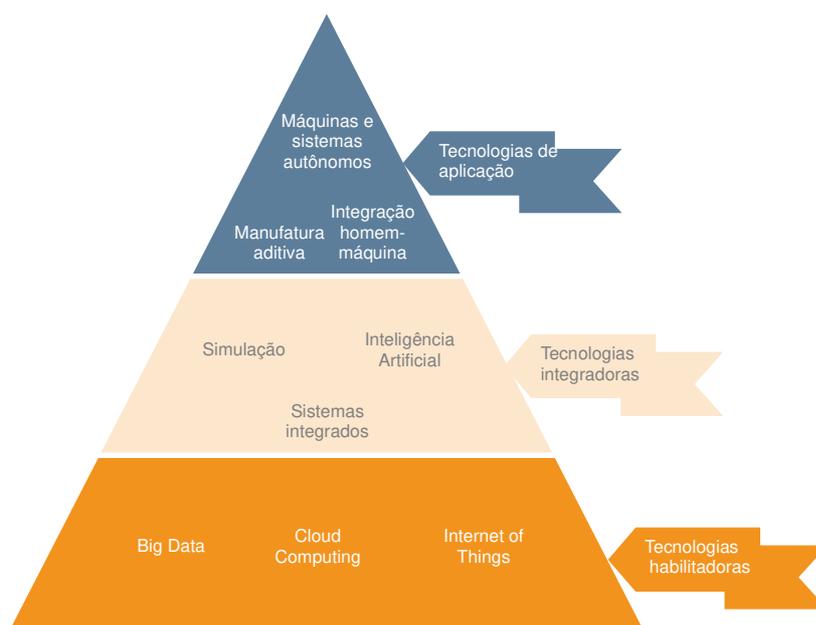
Definidos os conceitos de Cadeia de Suprimento e processos, *capabilities* e critérios competitivos, a próxima seção apresentará os conceitos da pesquisa relacionados às tecnologias da transformação digital.

## 2.2 Tecnologias da transformação digital

As tecnologias digitais permitem a integração de dados e informações de fontes e locais diferentes para impulsionar a produção e distribuição de bens e serviços (MUSSOMELI; GISH; LAAPER, 2015), sendo classificadas em três classes principais, nomeadamente habilitadoras de tecnologia digital, integradores de sistemas digitais e tecnologias de aplicação. (GURRÍA, 2017). A convergência de tecnologias de informação e comunicação com outras tecnologias potencializa a transformação digital até mesmo em setores tradicionais, como manufatura e agricultura. (GURRÍA, 2017).

A tecnologias habilitadoras são de base, como *Big Data*, *Internet of Things* e *Cloud Computing*, que utilizadas integradas com simulação, inteligência artificial e sistemas integrados permitem o emprego das tecnologias de aplicação, que incluem manufatura aditiva, máquinas e sistemas autônomos e integração homem-máquina. Esta classificação, proposta por Gurría (2017) e exposta na Figura 3, será empregada nesta pesquisa para organizar as tecnologias digitais.

Figura 3 – Convergência das tecnologias para transformação digital



Fonte: (GURRÍA, 2017, p. 78)

As tecnologias de aplicação produzirão os principais efeitos na produtividade nas organizações. Futuramente, em conjunto, essas tecnologias poderão levar a processos de produção totalmente automatizados, desde o projeto até a entrega. (GURRÍA, 2017). As próximas seções apresentam as classes de tecnologias digitais deste estudo, iniciando pela classe Habilitadora, seguida da Integradora e por fim, a de Aplicação.

### 2.2.1 Tecnologias Habilitadoras

As tecnologias digitais estão possibilitando novas técnicas de produção e modelos de negócios que transformarão os sistemas globais de produção (KEARNEY, 2018), certas tecnologias são consideradas habilitadoras desta transformação, sendo elas: IoT, *Big Data* e *Cloud Computing*. (GURRÍA, 2017).

Os sistemas de IoT são compostos de "objetos inteligentes", capazes de processar informações, interagir com o ambiente ao redor e com outros dispositivos (GIUSTO *et al.*, 2010), conectando os sistemas em rede por meio da Internet, são conscientes do ambiente e de modo intuitivo, com a ajuda de sensores e dispositivos, podem transmitir dados continuamente. (MANAVALAN; JAYAKRISHNA, 2018). Permite que produtos e sensores sejam conectados para criar novas competências, podendo ser aplicada em diversos segmentos incluindo: produtos e serviços para área médica e cuidados pessoais, automóveis, eletrodomésticos e eletrônicos de alta tecnologia e assim, tornam os produtos, serviços e operações mais inteligentes com habilidade de comunicação e interação. (MIORANDI *et al.*, 2012).

A tecnologia de IoT pode ser caracterizada pela presença generalizada em torno de interações de uma variedade de coisas ou objetos - tais como RFID, sensores, atuadores, telefones celulares, etc., capazes para interagir uns com os outros e cooperar entre si para alcançar objetivos comuns.(GIUSTO *et al.*, 2010). A tecnologia de RFID (*radio-frequency identification*), que permite a transmissão de informações de um *microchip* para um leitor, por meio de comunicação sem fio e de redes de sensores sem fio (*Wireless Sensor Networks* - WSNs) é fundamental para o desenvolvimento da IoT. (XU; HE; LI, 2014). A Figura 4 exibe a evolução da tecnologia de IoT.

Figura 4 - Tecnologias relacionadas à IoT



Fonte: Adaptado de Xu, Le, Hi (2014)

Conforme Xu, He e Li (2014), a arquitetura de uma rede IoT inclui quatro camadas, sendo: i) camada integrada com o hardware existente (RFID, sensores inteligentes, atuadores, redes de sensores, etc.) para detectar e controlar o objetos físicos e adquirir dados; ii) camada de rede que suporta a transferência de informações; iii) camada que cria e gerencia serviços e aplicativos que satisfaçam os usuários; iv) camada que fornece métodos de interação com usuário e outras aplicações.

A capacidade da tecnologia de IoT de adquirir e gerenciar dados do ambiente circundante abrirá caminho para várias aplicações. (GIUSTO *et al.*, 2010). O IoT pode coletar dados de parâmetros físicos e fenômenos complexos, como temperatura, umidade, presença, posição, velocidade ou eventos remotos. (GIUSTO *et al.*, 2010). Assim, pode melhorar o modo como as pessoas e os sistemas colaboram, coordenam e analisam os dados capturados nos processos da CS, elevando o desempenho tanto na cadeia de suprimentos quanto no nível organizacional. (VASS; SHEE; MIAH, 2018). Assim, “a IoT também permitirá o gerenciamento remoto das operações da CS, melhor coordenação com os parceiros e pode fornecer informações mais precisas para uma tomada de decisão mais eficaz.” (BEN-DAYA; HASSINI; BAHROUN, 2017, p. 2)

A geração de *Big Data*, promovida pela IoT, impulsionará tecnologias como *Machine Learning* e Inteligência Artificial. (CARBONNEAU; VAHIDOV; LAFRAMBOISE, 2007). Desta forma, *Big Data* é a tecnologia caracterizada por dados coletados em elevado volume, alta velocidade (geração, acesso, processamento e análise) e alta variedade (dados estruturados e não estruturados). Volume, Velocidade e Variedade (três “V” associados ao *Big Data*) descrevem propriedades técnicas que evoluem com o desenvolvimento de tecnologias de armazenamento e processamento de dados. O valor é o quarto “V” e está relacionado ao crescente Valor

socioeconômico a ser obtido a partir do uso de *Big Data*, constituindo o principal motivador para a acumulação, o processamento e o uso de dados. (OECD, 2013). Outro “V” relacionado ao Big Data é associado à Veracidade, pois “se os dados não tiverem qualidade suficiente no momento em que forem integrados a outros dados e informações, podem gerar uma correlação falsa e resultar numa análise incorreta de uma oportunidade de negócios.” (WHITE, 2012, p. 211).

Portanto, o valor do *Big Data* ocorre pela capacidade de acumulação, processamento e uso de expressiva quantidade de dados. Assim, o *Big Data Analytics*, definido como a capacidade das organizações de coletar e organizar dados de sistemas heterogêneos distribuídos em fronteiras organizacionais, analisar estes dados em lote ou em tempo real ou quase em tempo real e criar assim um sistema proativo de suporte a tomada de decisão mostra-se uma tecnologia adequada na CS. (ARUNACHALAM; KUMAR; KAWALEK, 2018).

Uma das tecnologias habilitadoras, a *Cloud Computing* é definida como “um modelo para permitir acesso de rede universal e conveniente a um conjunto compartilhado de recursos de computação que podem ser provisionados e liberados com esforço mínimo de gerenciamento ou interação com o provedor de serviços”.(MELL; GRANCE, 2011, p. 2). E, representa uma mudança de programas, servidores e computadores instalados localmente para a implantação de software e capacidade de computação na Internet. (AVILES, 2015). Sendo acessível a uma quantidade maior de organizações, possibilita que empresas menores tenham acesso, aumentando a capacidade de análise dos negócios em um tempo relativamente curto. (AVILES, 2015). Permite que mais organizações possam compartilhar informações, recursos e assim aprimorem a colaboração. (WANG, LIZHE *et al.*, 2010).

Desta forma, a *Cloud Computing* possibilita que o cliente decida automaticamente quais recursos de computação irá utilizar, quanto tempo de servidor e armazenamento de rede necessita, sem exigir interação humana com o provedor de serviços. (MELL; GRANCE, 2011; ZHANG; CHENG; BOUTABA, 2010). Recursos de processamento e armazenamento são fornecidos como utilitários e podem ser concedidos e liberados pelos usuários por meio da Internet conforme a demanda. (ZHANG; CHENG; BOUTABA, 2010).

A utilização da *Cloud Computing* pode ser monitorada, controlada e relatada fornecendo transparência tanto para o provedor quanto para o cliente que utiliza o

serviço.(MELL; GRANCE, 2011). O surgimento de *cloud computing* muda o modelo usado pelas organizações para armazenamento de informação. Permite o pagamento conforme o uso, possibilitando maior agilidade além de flexibilidade e integração de informações.(LIU et al., 2018). O Quadro 2 apresenta o resumo das tecnologias da classe Habilitadora.

Quadro 2 - Resumo das tecnologias da classe Habilitadora

Tecnologia	Conceito geral	Benefícios na CS	Autores
<i>Internet of Things</i>	Sistemas compostos de "objetos inteligentes", capazes de processar e compartilhar informações, dados e recursos, reagindo e agindo em face de situações e mudanças no ambiente. Interações de uma variedade de coisas ou objetos possibilitando a transformação do mundo físico em digital.	Aumentará a qualidade e o valor dos dados sobre as cadeias de suprimentos, fornecendo dados ricos sobre a localização e a condição das mercadorias. Acompanhamento de toda a vida útil do produto. Sensores podem permitir a manutenção preditiva, aumentando a eficiência.	(GIUSTO et al., 2010; MADAKAM; RAMASWAMY; TRIPATHI, 2015; MANAVALAN; JAYAKRISHNA, 2018)
<i>Big Data</i>	Dados coletados em grande volume, alta velocidade, alta variedade e valor socioeconômico. <i>Big Data Analytics</i> , analisa estes dados em lote ou em tempo real e criar assim um sistema proativo de suporte a tomada de decisão.	Decisões rápidas e melhores. Tomada de decisão em tempo real. Dados abertos para inovação. Redução de custo.	(ARUNACHALAM; KUMAR; KAWALEK, 2018; OECD, 2013; SCHWAB, 2016)
<i>Cloud Computing</i>	Modelo que permite acesso de rede universal e conveniente a um conjunto compartilhado de recursos de computação que podem ser provisionados e liberados com esforço mínimo de gerenciamento ou interação com o provedor de serviços.	Implantação rápida e fácil de soluções, maior flexibilidade de capacidade computacional e uma redução nos custos relacionados a ICT.	(MELL; GRANCE, 2011; OECD, 2015)

Fonte: Elaborado pela autora.

Porém, coletar os dados por meio da IoT não é suficiente para a tomada de decisões, assim uma plataforma analítica para identificar os padrões ocultos, prever tendências futuras e vendas e analisar fluxos de dados em tempo real, a fim de obter insights de negócios e otimizar as decisões de gerenciamento é necessária. (LI; LI, 2017). A IoT, juntamente com *Big Data* e *Cloud Computing*, serão as principais razões para a avanço das aplicações de Inteligência Artificial, possibilitando tecnologias como

carros autônomos e robótica avançada. (GURRÍA, 2017). Na próxima seção a classe de tecnologias Integradoras será apresentada.

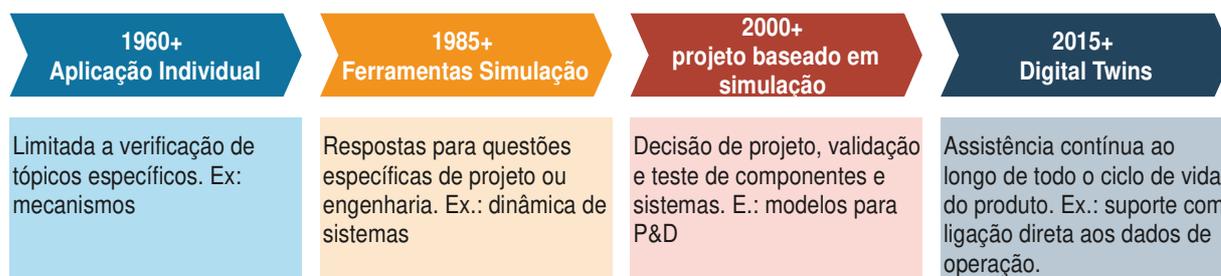
## 2.2.2 Tecnologias Integradoras

As tecnologias integradoras são aquelas que promovidas pelas tecnologias habilitadoras permitirão a utilização das tecnologias de aplicação. Sendo tecnologias integradoras a simulação, a Inteligência Artificial, *blockchain* e os sistemas ciberfísicos.

A simulação, tem sido usada para a tomada de decisões *off-line*, sendo uma das limitações para a tomada de decisões online a quantidade considerável de tempo gasto na coleta e análise de dados. (STRAKA *et al.*, 2018). Tecnologias de *Big Data*, *Cloud Computing* e IoT atenuarão estas limitações, fornecendo ampla quantidade de dados em tempo real. (ZÜLCH; JONSSON; FISCHER, 2002).

O desenvolvimento de sistemas avançados de simulação gera novas possibilidades (STRAKA *et al.*, 2018), assim “do ponto de vista da simulação, a abordagem *Digital Twin* é a próxima onda na tecnologia de modelagem, simulação e otimização.”(ROSEN *et al.*, 2015, p. 567). O “*digital twin*” é a simulação que representa uma cópia virtual da produção real, utiliza dados de entrada, execução e saída do sistema real, monitorados continuamente. Os dados aplicados, as avaliações e as soluções efetivas que serão transmitidas para o sistema são executados em tempo real. Esse processo é repetido continuamente e, portanto, o sistema real e o virtual são controlados simultaneamente. (STRAKA *et al.*, 2018). A Figura 5 apresenta a evolução da tecnologia de simulação.

Figura 5 - Evolução da tecnologia de Simulação



Fonte: (ROSEN *et al.*, 2015)

A inteligência artificial pode ser definida como “a capacidade de um sistema de interpretar dados externos corretamente, aprender com esses dados e usá-los para

atingir objetivos e tarefas específicos por meio de adaptação flexível”.(KAPLAN; HAENLEIN, 2019, p. 17). Inteligência Artificial e *Machine learning* são ferramentas para a análise baseadas em algoritmos que permitem que as máquinas aprendam automaticamente a partir de dados, construam modelos e forneçam soluções otimizadas. (CARBONNEAU; VAHIDOV; LAFRAMBOISE, 2007)

A utilização de microprocessadores e tecnologias de Inteligência Artificial tornam os produtos e as máquinas inteligentes. Nas habilidades existentes de computação, comunicação e controle são incorporadas as habilidades de autonomia e sociabilidade. (WANG, et al., 2016). Assim, as máquinas que utilizam Inteligência Artificial podem tomar decisões sem intervenção externa, além de negociar com outras máquinas. (WANG, et al., 2016). A abordagem baseada em agentes inteligentes pode ser uma maneira flexível e dinâmica de organização, planejamento e operação da CS. (SHEN et al., 2006)..

A Inteligência Artificial será utilizada para automatizar processos, entretanto, para que as empresas obtenham resultados concretos precisam combiná-la com habilidades humanas, aproveitando o melhor que pode surgir desta interação. (WILSON; DAUGHERTY, 2018). Certas atividades humanas são fundamentais para a utilização da Inteligência Artificial, por exemplo, treinar máquinas para executar certas tarefas, explicar os resultados dessas tarefas e manter o uso responsável da Inteligência Artificial (evitando, por exemplo, acidentes com seres humanos). (WILSON; DAUGHERTY, 2018). O melhor desempenho é adquirido quando as empresas utilizam uma inteligência colaborativa, ou seja, seres humanos e Inteligência Artificial utilizados em conjunto aprimorando as forças complementares de cada um: a liderança, trabalho em equipe, criatividade e habilidades sociais dos seres humanos, e a velocidade, escalabilidade e capacidades quantitativas da Inteligência Artificial. (LEODOLTER, 2017; WILSON; DAUGHERTY, 2018).

O termo Sistemas Ciber-Físicos (*cyber-physical systems* - CPS) “refere-se a uma nova geração de sistemas com capacidades computacionais e físicas integradas que podem interagir com os seres humanos.” (BAHETI; GILL, 2011, p. 1). Sistemas físicos e cibernético interagem por intermédio da Internet e redes móveis, gerando uma fábrica que pode ser executada e gerenciada em torno de dispositivos, abrangendo a coleta de dados, análise, processamento, monitoramento online, dentre outras funções. (CHENG et al., 2016).

Para Kang et al. (2016, p. 118), os sistemas ciber-físicos são “sistemas de colaboração de entidades computacionais que estão em intensa conexão com o mundo físico circundante e seus processos, fornecendo e utilizando, ao mesmo tempo, serviços de acesso e processamento de dados”. O projeto de um sistema ciber-físico deve prever que este seja equipado com recursos inteligentes, como detecção, comunicação, tomada de decisão e atuação no mundo físico. (USTUNDAG; CEVIKCAN, 2018).

Em geral, sistemas ciber-físicos consistem de dois componentes principais: a conectividade avançada, que garante aquisição de dados, fluxo de informações em tempo real, gerenciamento e análise de dados e a capacidade computacional. (LEE, JAY; BAGHERI; KAO, 2015). O fluxo para implementação de sistemas ciber-físicos consiste em cinco níveis, sendo: i) aquisição de dados confiáveis por meio de sensores; ii) conversão de dados para informações relevantes e utilizáveis; iii) ciber (rede formada com as informações) estabelecendo um espaço cibernético usando as informações adquiridas de todas as fontes iv) apresentação das informações para os usuários fornecendo conhecimento para otimização das decisões; e v) sistemas ciber-físicos com máquinas inteligentes com habilidades de autoconfiguração e auto adaptação que aplicam as informações para ajustar o processo. (LEE, JAY; BAGHERI; KAO, 2015).

Da mesma forma o *blockchain* é considerada uma tecnologia da classe Integradora. Porém, a tecnologia de *blockchain* fora da área financeira tem sido experimental, contudo, algumas das mais promissoras aplicações não-financeiras incluem CS, energia, alimentos e agricultura. (KSHETRI, 2018). *Blockchain* pode ser considerado “um banco de dados distribuído que é organizado como uma lista de blocos ordenados, cujos blocos envolvidos são imutáveis.” (CASINO; DASAKLIS; PATSAKIS, 2019, p. 55). *Blockchain* é um livro-razão distribuído entre os participantes de uma rede que permite manter registros e executar contratos ou acordos dentro da rede, sendo considerado descentralizado, pois qualquer participante da rede tem o direito de atualizar ou manter o registro (KOEPPPL; KRONICK, 2017), e por meio de assinatura atribui-se propriedade ou expressam-se decisões e ações dos participantes. Transações ou ações conduzidas dentro da rede são registradas e transmitidas para todos. (KOEPPPL; KRONICK, 2017). No Quadro 3 o resumo das tecnologias da classe Integradora é apresentado.

Quadro 3 - Resumo das tecnologias da classe Integradora

Tecnologia	Conceito geral	Benefícios na CS	Autores
Simulação	Simulação em tempo real, com dados detalhados relativos à duração das atividades a serem modeladas, determinam a qualidade e confiabilidade dos resultados da simulação.	Avaliação e solução efetiva são transmitidas para o sistema, permitindo, o controle do sistema real e virtual simultaneamente.	(STRAKA et al., 2018; ZÜLCH; JONSSON; FISCHER, 2002)
Inteligência Artificial	Máquinas podem tomar decisões sem intervenção externa, além de negociar com outras máquinas. Sistemas de aprendizagem; isto é, máquinas que podem se tornar melhores em uma tarefa tipicamente executada por humanos com intervenção humana limitada ou nenhuma.	Manutenção preditiva. Ajudam com a crescente complexidade dos produtos, processos e regulamentações. Monitoramento contínuo do mercado. Veículos autônomos. Gerenciamento do tráfego otimizado. Entrega sem tripulação.	(WANG, SHIYONG et al., 2016; WIPO, 2019)
Sistemas ciber-físicos	Dados sensoriais dos componentes críticos são convertidos em informação, criando um cyber-twin. Os parâmetros da máquina são agregados às informações dos componentes para monitorar o status e gerar o cyber-twin da máquina. Nos sistemas de produção, o conhecimento agregado de componentes e informações a nível de máquinas fornecem auto configurabilidade e automanutenção para a fábrica.	Reduz o tempo ocioso de máquinas e favorece o planejamento otimizado de produção e planos de gerenciamento de estoque.	(KANG et al., 2016; LEE, JAY; BAGHERI; KAO, 2015)
Blockchain	Banco de dados distribuído, em que os dados transferidos são imutáveis, garantindo a validade dos dados e confiança dentro da CS.	Identificação de produtos falsificados na logística. Diminuição do processamento e emissão de documentos. Facilitação do rastreamento de origem. Reduz os custos de transação, excluindo a necessidade de intermediação.	(CASINO; DASAKLIS; PATSAKIS, 2019; KSHETRI, 2018; MIN; ZACHARIA; SMITH, 2019; TAN; ZHAO; HALLIDAY, 2018; TIAN, 2017; WANG, YINGLI et al., 2019)

Fonte: Elaborado pela autora

As tecnologias da classe de Aplicação serão apresentadas na próxima seção.

### 2.2.3 Tecnologias de Aplicação

As tecnologias de aplicação são físicas, assim como o resultado dos seus processos. Dentro das tecnologias digitais aplicadas estão a manufatura aditiva (ou impressão 3D), robôs avançados e colaborativos e drones e veículos autoguiados.

A manufatura aditiva é o processo caracterizado pela produção realizada por deposição de camadas sucessivas de material, possibilitando a fabricação de objetos com formatos complexos em apenas uma operação. (ACATECH, 2017; THOMAS, 2016). Ao contrário das técnicas convencionais de manufatura, em que os processos de fabricação removem materiais para obter um produto, a manufatura aditiva cria a forma final pela adição de material. (HUANG *et al.*, 2013). Essa tecnologia pode ser utilizada para produzir modelos, protótipos, padrões, componentes e peças, usando uma variedade de materiais, incluindo plástico, metal, cerâmica, vidro e compósitos. (THOMAS, 2016).

A manufatura aditiva, por não ser subtrativa, utiliza menor quantidade de matéria-prima no processo de produção, de tal modo, para uma determinada quantidade de produto, a manufatura aditiva exige menos material em comparação com processos tradicionais de manufatura, gerando implicações na gestão de estoques, transporte, armazenagem e compra, com menores quantidades de pedidos, transporte e espaço para armazenamento. (HUANG *et al.*, 2013; WALLER; FAWCETT, 2014). A variedade de peças e componentes adquiridos de fornecedores diminui, visto que a manufatura aditiva exige uma menor quantidade de materiais diferentes. A agregação dos fluxos de mercadorias (menor quantidade de fornecedores), a redução dos estoques de segurança e custos de transporte geram uma simplificação na CS. (DURACH; KURPJUWEIT; WAGNER, 2017)

Da mesma forma, veículos autônomos são estudados como tecnologia de aplicação. Porém, carros autônomos eram idealizados com dispositivos de processamento de imagem semelhante a visão humana era ponderada. Todavia, como a IoT incorpora objetos físicos nos fluxos de informações e, fornece “inteligência” aos objetos, carros autônomos receberão as informações que precisam da estrutura viária, de outros carros e de serviços online. (GURRÍA, 2017). Veículos autônomos e inteligentes serão “capazes de reagir com agilidade a eventos

inesperados, [...], e de operar autonomamente entre o ponto de partida e o destino.” (STOCK; SELIGER, 2016, p. 539). Assim, veículos autônomos, controlados por uma tecnologia que respeita às regras de trânsito, irão minimizar os custos com motoristas e reduzir as interrupções devido à rotatividade destes. (STOCK; SELIGER, 2016).

Aeronaves não tripuladas podem entregar produtos com rapidez, com utilização, por exemplo, na entrega de remédios. (FAWCETT; WALLER, 2014). Drone pode ser considerado um veículo aéreo não tripulado, que oferecerá vantagens de velocidade, flexibilidade e facilidade na entrega de mercadorias aos clientes. (HEUTGER *et al.*, 2014). A utilização de drones para entregas pode reduzir o consumo de energia, reduzindo assim as emissões de gases de efeito estufa, e melhorando a sustentabilidade ambiental. (CHIANG *et al.*, 2019). A DHL Trend Research divide os casos de uso de drones em quatro categorias: i) primeira e última milha urbana; ii) entrega rural; iii) vigilância de infraestrutura e; iv) intralogística. (HEUTGER *et al.*, 2014).

Porém, o uso comercial de veículos autônomos ainda está sendo testado, além disso considera-se que falta infraestrutura e legislação. (GRUŽAUSKAS; BASKUTIS; NAVICKAS, 2018). No Reino Unido, “a legislação para promover o uso seguro de carros sem motorista deve ser desenvolvida pela Comissão de Direito e estar pronta em 2021, apoiando os avanços na tecnologia de veículos autônomos.” (BOWCOTT, 2017, p. 1).

Da mesma forma, quando os dispositivos e máquinas de uma fábrica trocarem informações entre si, aplicações robóticas serão executáveis. (GURRÍA, 2017). Logo, robôs avançados são máquinas com inteligência, recursos automatizados e incorporados. (BAYRAM; İNCE, 2018). Buscando melhorar os processos de fabricação, com produção mais precisa em um menor tempo, algumas empresas substituíram o trabalho humano por robôs. No entanto, um trabalho colaborativo de humanos e robôs é necessário para uma fabricação eficiente e robusta. (BAYRAM; İNCE, 2018).

Robôs eram programados para executar tarefas repetitivas e predefinidas, seguindo uma mesma sequência de ações por um longo tempo. (BAYRAM; İNCE, 2018; RIDGWAY; CLEGG; WILLIAMS, 2013). A autonomia alcançada pela utilização de novos componentes das tecnologias de informação, permitem que os robôs detectem e monitorem os processos de produção, o ambiente de trabalho e até os próprios robôs. Com o desenvolvimento de sensores e de redes, a interação homem-

máquina torna-se possível, sendo o trabalho com robôs simples e seguro para seres humanos. (BAYRAM; İNCE, 2018). Robôs avançados, devem ser capazes de monitorar, entender e otimizar o processo de produção, reconfigurar novos produtos, diagnosticar e recuperar falhas, sendo projetados e desenvolvidos com habilidades de autoconsciência, automanutenção. (BAYRAM; İNCE, 2018).

As capacidades inteligentes desenvolvidas para robôs avançados são auto adaptação para monitorar os processos e reagir aos distúrbios detectados, auto-organização para maximizar a autonomia e aumentar a capacidade de resposta e flexibilidade. (USTUNDAG; CEVIKAN, 2018). Além disso, os robôs avançados e colaborativos têm mais aplicações, pois podem ser reprogramados para outras atividades na manufatura e logística. (MERLINO; SPROGE, 2017)

A multifuncionalidade das capacidades dos robôs produzirá habilidades crescentes, sensores (visão, tato, etc.), precisão e velocidade. A flexibilidade será melhorada com o uso de cabeçotes multi-funções e interações complexas com vários robôs. O benefício final desse ambiente integrado pode ser o projeto e a fabricação de produtos bastante diversos usando o mesmo ambiente de fabricação e montagem. (RIDGWAY; CLEGG; WILLIAMS, 2013). No Quadro 4 é apresentado o resumo dos conceitos e aplicações na CS das tecnologias da classe de Aplicação.

Quadro 4 – Resumo das tecnologias digitais da classe de Aplicação

Tecnologia	Conceito geral	Aplicação na CS	Autores
Manufatura Aditiva	Processo caracterizado pela produção realizada por deposição de camadas sucessivas de material, possibilitando a fabricação de objetos com formatos complexos em apenas uma operação.	Agilidade no desenvolvimento; redução do ciclo de projeto; produção de peças com projeto complicado; benefícios ambientais com a redução do transporte; redução do custo logístico.	(ACATECH, 2017; ATTARAN, 2017; SCHWAB, 2016; THOMAS, 2016)
Drone e veículo autoguiado	Veículos autônomos controlados por uma tecnologia que obedece às regras de trânsito. Aeronaves não tripuladas.	Reduz custo - financeiro com funcionários e humano com a redução de acidentes. Entregas rápidas.	(FAWCETT; WALLER, 2014).

Tecnologia	Conceito geral	Aplicação na CS	Autores
Robôs avançados e colaborativos	Robôs avançados são máquinas com inteligência, recursos automatizados e incorporados. Permitem que os robôs detectem e monitorem os processos de produção, o ambiente de trabalho e até os próprios robôs. Projetados e desenvolvidos com habilidades de autoconsciência, automanutenção.	Robôs adaptáveis e flexíveis com ênfase na colaboração entre humanos e máquinas. Robôs colaborativos executam tarefas cognitivas e tomam decisões autônomas.	(BAYRAM; İNCE, 2018)

Fonte: Elaborado pela autora

Tendo explanado os conceitos das tecnologias digitais que farão parte da transformação digital, a seguir, é apresentado como esta ocorrerá nas cadeias de suprimento.

### 2.3 Transformação Digital na CS

Com o surgimento das tecnologias digitais, as cadeias de suprimento tradicionais podem se transformar em cadeia de suprimento digital. Essa transformação trará eficiência e conexão desde o desenvolvimento de produtos, compras, manufatura, logística, fornecedores até a entrega de produtos ou serviços aos clientes. (BRETTEL et al., 2014).

A transformação digital na CS é provocada pela convergência de duas linhas de mudanças distintas. De um lado, as tecnologias e aplicativos, como *cloud computing*, sensores inteligentes e sistemas ciber-físicos, IoT, que impulsionam a transformação digital, são cada vez mais pesquisados, testados e aplicados em ambientes reais. De outro lado, expectativas elevadas por parte dos agentes envolvidos (fornecedores, clientes, funcionários) estimulam as empresas a desenvolver cadeias de suprimento mais confiáveis e receptivas (SCHRAUF; BERTTRAM, 2016).

Na cadeia de suprimento digital existe potencial para interações de cada elo com todos os outros pontos da rede, permitindo a conectividade entre áreas que anteriormente não existia. Neste modelo, as comunicações são multidirecionais, sendo a digitalização o núcleo desta rede. Assim é gerada a interligação entre os

processos tradicionalmente desconectados da CS. (MUSSOMELI; GISH; LAAPER, 2015).

A digitalização da cadeia de suprimento modifica a forma que a organização coleta, armazena e processa os dados para a tomada de decisão. O Quadro 5 apresenta diferenças entre os processos das CS tradicionais e CS digitais.

Quadro 5 - Diferença entre CS tradicional e CS digital

Parâmetro	CS tradicional	CS digital
Latência de dados	Horas, dias e semanas	Dados em tempo real
Tecnologia	Implantações de projetos de software usando modelos de software licenciados	Implementações baseadas em nuvem com adaptação contínua
Foco do processo	Processos são concebidos internamente e então apresentados aos clientes.	Processos são requeridos pelos clientes e então desenvolvidos e apresentados para o mercado.
Tomada de decisão	Baseada no histórico	Detecção baseada em IoT, ajuste baseado na aprendizagem cognitiva

Fonte: (CECERE, 2014)

Entretanto, a falta de habilidades técnicas faz que as empresas desconheçam o potencial das tecnologias. Em estudo realizado na Alemanha, Hammermann e Stettes, 2016 *apud* Gurria (2017, p. 100) sugerem que a “capacidade de planejar, organizar e agir autonomamente”, combinada com a experiência da empresa e dos trabalhadores, são cruciais para o sucesso da transformação digital das empresas. Empresas em fase inicial da transformação tendem a focar em tecnologias individuais para melhorar as operações. (KANE et al., 2015). Empresas com maturidade digital, ou seja, empresas que a digitalização transformou processos, existe engajamento, modelos de negócios e estratégias digitais voltadas para a transformação dos negócios. (KANE et al., 2015). A estratégia digital considera a implementação de tecnologias com foco na transformação dos negócios, e não apenas em tecnologias individuais com foco operacional. (KANE et al., 2015).

Uma abordagem holística para a transformação digital da CS, baseada em uma estratégia digital e em um modelo operacional digital, resultará em uma execução bem-sucedida, permitindo o desenvolvimento das *capabilities* e a melhoria do desempenho operacional. Cadeias de suprimento digitais oferecem ampla disponibilidade de informações e integração, resultando em uma maior confiabilidade, agilidade e eficácia. (RAAB; GRIFFIN-CRYAN, 2011).

Uma cadeia de suprimentos de tal modo reinventada é uma cadeia de suprimentos de última geração: inteligente, conectada e ágil, com o cliente no centro. Essa cadeia de suprimentos também é a base de um negócio inteligente, que adota uma mudança tecnológica constante e lucra com isso. (SCHULMAN *et al.*, 2018).

A digitalização da CS contribui com o gerenciamento da complexidade da CS, acelera a capacidade de resposta ao mercado, com melhor desempenho do fluxo de produtos e informações constituindo um fator chave para que a CS obtenha vantagem competitiva. (SCHULMAN *et al.*, 2018). A integração interna de dados e externa com fornecedores, clientes e parceiros por meio de tecnologias digitais terá importância significativa na CS. (SCHMIDT *et al.*, 2015).

No Quadro 6, o resultado da Revisão Sistemática da Literatura é apresentado como síntese. Neste, as tecnologias digitais são relacionadas com os processos da CS que cada publicação analisou. Uma das limitações deste quadro é que a categorização nos processo SCOR é interpretativa (NGUYEN *et al.*, 2018), visto que a maioria das publicações não descreve precisamente qual processo foi estudado. Os estudos analisaram tecnologias digitais isoladamente ou em conjunto, avaliando utilizações, reais ou teóricas, nos processos da CS. Alguns estudos consideram as tecnologias em mais de um processo, assim a quantidade total de relações entre tecnologias e processos é diferente da quantidade de publicações selecionadas na RSL.

Quadro 6 - Tecnologias digitais avaliadas nos processos do modelo SCOR

	Processo SCOR/ Tecnologia Digital	Planejamento	Planejamento/ Aquisição	Planejamento/ Transformação	Planejamento/ Entrega	Planejamento/ Suporte	Aquisição	Transformação	Entrega	
(ALFIAN; SYAFRUDIN; RHEE, 2017; BRINCH <i>et al.</i> , 2018; GIAGNOCAVO <i>et al.</i> , 2017; HOFMANN, 2017; IVANOV, DMITRY; DOLGUI; SOKOLOV, 2018; LEE, C. K.H., 2017; NGUYEN <i>et al.</i> , 2018; RAMAN <i>et al.</i> , 2018; ROSSMANN <i>et al.</i> , 2018; SINGH, ANKIT <i>et al.</i> , 2017; VIET; BEHDANI; BLOEMHOF, 2018)	Habilitadoras	<i>Big Data</i>	3	1	-	-	4	-	-	3
(CHAN; LIU; SZETO, 2017; GUO <i>et al.</i> , 2015; LEE, C. K.H., 2017; VERDOUW <i>et al.</i> , 2018)		<i>Cloud Computing</i>	1	-	1	-	-	-	-	2
(ALFIAN; SYAFRUDIN; RHEE, 2017; BOGATAJ; BOGATAJ; HUDOKLIN, 2017; GIAGNOCAVO <i>et al.</i> , 2017; HADDUD <i>et al.</i> , 2017; HOFMANN; RÜSCH, 2017; LI; LI, 2017; MAKSIMOVIĆ; VUJOVIĆ; OMANOVIĆ-MIKLIČANIN, 2015; MANAVALAN; JAYAKRISHNA, 2018; VASS; SHEE; MIAH, 2018; VERDOUW <i>et al.</i> , 2018; ZOU <i>et al.</i> , 2014)		<i>Internet of Things</i>	1	-	-	-	3	-	-	7
(CARBONNEAU; VAHIDOV; LAFRAMBOISE, 2007; GUO <i>et al.</i> , 2015; LEE, C. K.H., 2017; SINGH, L. P.; CHALLA, 2016; SOROOR <i>et al.</i> , 2011)	Integradoras	Inteligência Artificial	2	-	1	-	-	1	-	1
(BOGATAJ; BOGATAJ; HUDOKLIN, 2017; HOFMANN; RÜSCH, 2017)		<i>Cyber physical</i>		-	-	-	-	-	-	2
(CASINO; DASAKLIS; PATSAKIS, 2019; QUEIROZ <i>et al.</i> , 2019; WANG, YINGLI <i>et al.</i> , 2018, 2019; YUAN <i>et al.</i> , 2019)		Blockchain	1	-	-	-	4	-	-	1
(BOGERS; HADAR; BILBERG, 2016; CHERGUI; HADJ-HAMOU; VIGNAT, 2018; DURACH; KURPJUWEIT; WAGNER, 2017; HALASSI; SEMEIJN; KIRATLI, 2018; HUANG <i>et al.</i> , 2013; IVANOV, DMITRY; DOLGUI; SOKOLOV, 2018; POUR <i>et al.</i> , 2017; THOMAS, 2016)	Aplicação	Manufatura aditiva	3	-	-	1	1	-	2	2
(BEARZOTTI; SALOMONE; CHIOTTI, 2012)		Sistemas autônomos	-	-	-	-	1	-	-	-

Fonte: Elaborado pela autora.

A tecnologia digital de IoT é principalmente relacionada à entrega, sendo a tecnologia mais vezes associada a um processo. Esta associação pode ser entendida visto que a tecnologia de IoT é habilitada por RFID, sendo esta utilizada a mais tempo em processos de movimentação de objetos visando a rastreabilidade.

Haddud et al. (2017) avaliam a percepção da comunidade acadêmica sobre o impacto da adoção da IoT nas Cadeias de Suprimento, com o objetivo de verificar possíveis benefícios e desafios-chave existentes na literatura. Aplicação de IoT para rastreamento da produção e entrega (ALFIAN; SYAFRUDIN; RHEE, 2017; GIAGNOCAVO *et al.*, 2017; MAKSIMOVIĆ; VUJOVIĆ; OMANOVIĆ-MIKLIČANIN, 2015) e infraestrutura de IoT possibilitando a tomada de decisão de melhor rota para produtos perecíveis (BOGATAJ; BOGATAJ; HUDOKLIN, 2017), são algumas das possíveis aplicações na CS de alimentos.

Brinch et al. (2018) apontam que os processos de logística e planejamento da CS são mais propícios a aplicação de *Big Data* que a aquisição, produção e devolução, contudo consideram a adoção na CS moderada. Roßmann et al (2018) avaliam projeções de especialistas até o ano de 2035 sobre o futuro do *Big Data Analytics* no GCS e, sugerem que o *Big Data Analytics* melhora as previsões de demanda, o gerenciamento do desempenho do fornecedor e reduzirá os estoques de segurança. Nguyen et al. (2018) enfatizam que, para o gerenciamento de demanda e aquisição, o *Big Data Analytics* é utilizado em análises preditivas, especialmente para previsão de demanda e gerenciamento de risco de fornecimento, enquanto logística, transporte, manufatura e armazenamento utilizam o *Big Data Analytics* para análises prescritivas.

Na fase estratégica do planejamento da cadeia de suprimentos, o *Big Data Analytics* desempenha um papel fundamental, sendo aplicado para tomada de decisões sobre fornecimento, projeto de redes de CS, bem como no desenvolvimento de produtos. (WANG, GANG *et al.*, 2016). Na fase de planejamento operacional, tem sido usado para auxiliar o gerenciamento na tomada de decisões de operação, que geralmente incluem planejamento de demanda, aquisição, produção, estoque e logística. (WANG, GANG *et al.*, 2016).

Hofmann (2017) avalia a aplicação do *Big Data* objetivando compreender o potencial da tecnologia para mitigar as disrupções da CS. Outro objetivo do estudo é avaliar qual a característica do *Big Data* (velocidade, volume e variedade) tem maior impacto no planejamento da CS. Assim, o estudo confirma, por meio de simulação,

que a propriedade “velocidade” do *Big Data* oferece a maior oportunidade para aumentar a eficiência do planejamento da CS. Assim, os maiores benefícios da tecnologia são atingidos quando os dados são capturados, processados e transferidos o mais rápido possível. (HOFMANN, 2017).

Chan, Liu e Szeto (2017) desenvolvem um modelo de *cloud computing* relacionado com dispositivo inteligente para abordar o desvio estocástico entre oferta e demanda. O dispositivo possibilita a visualização da demanda real em toda a cadeia de suprimento. Outras aplicações de *Cloud Computing* combinam a tecnologias com IoT (VERDOUW *et al.*, 2018), Inteligência Artificial, *Big Data* (LEE, C. K.H., 2017) em simulações e desenvolvimento de arquiteturas para soluções de entrega.

Técnicas de otimização inteligente geram soluções eficazes de programação da produção. (GUO *et al.*, 2015). Carbonneau, Vahidov e Laframboise (2007) avaliaram a utilização de *Machine Learning*, incluindo redes neurais artificiais, para previsão de demanda em CS. SOROOR *et al.* (2011) elaboraram um algoritmo inteligente para avaliar as ofertas dos fornecedores sem intervenção humana direta.

A tecnologia de *blockchain* pode ser usada para rastrear produtos, podendo determinar a localização e o tempo das ações em uma CS. Os dados de rastreamento transferidos são imutáveis, característica esta que garante a validade dos dados e confiança dentro da CS. (KSHETRI, 2018; WANG, YINGLI *et al.*, 2018). Wang *et al.* (2019) identificaram que a tecnologia contribui com o planejamento e suporte fornecendo visibilidade e rastreabilidade estendidas às partes envolvidas, promovendo a simplificação, digitalização e otimização das operações da CS. Permite contratos inteligentes, diminuindo a necessidade de intermediação na CS, devendo a implementação inicial priorizar as CS de itens de luxo (por exemplo, diamantes) e commodities-chave (por exemplo, petróleo) ou CS que necessitam entregas rápidas (por exemplo, itens perecíveis). (WANG, YINGLI *et al.*, 2019). Queiroz *et al.* (2019) objetivam, por meio de uma revisão da literatura, esclarecer as principais aplicações atuais e futuras do *blockchain* na CS. Utilizações atuais em contratos inteligentes na indústria de energia nortearão implementações em outras indústrias, também são esperadas aplicações futuras na rastreabilidade de entregas. (QUEIROZ *et al.*, 2019).

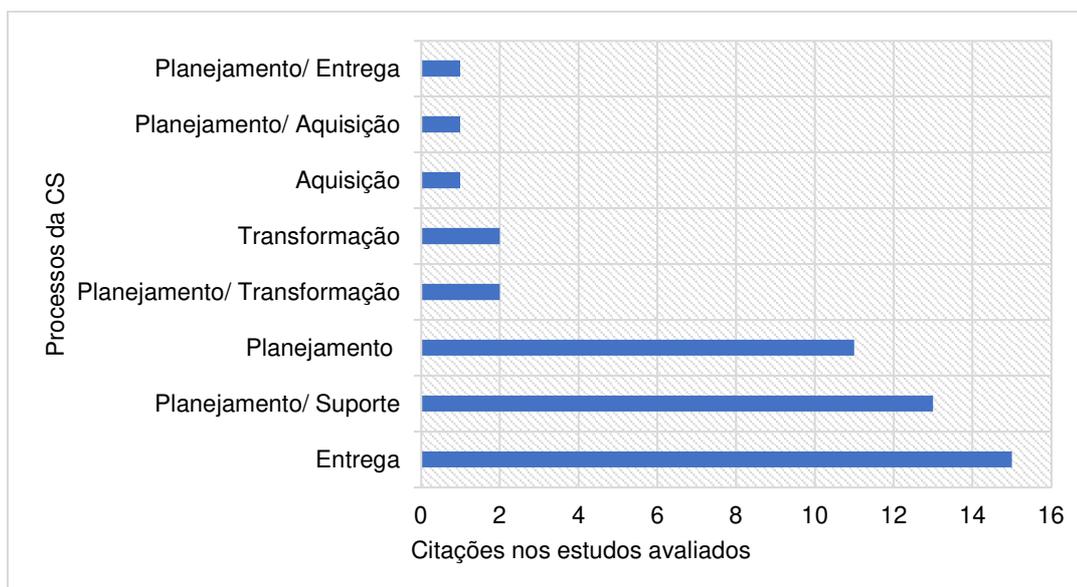
A integração dos sistemas ciber-físicos (CPSs) e da IoT na logística possibilita um acompanhamento em tempo real dos fluxos de materiais, melhor gerenciamento do transporte, bem como gerenciamento de risco. (HOFMANN; RÜSCH, 2017). CPSs podem ser utilizados na entrega para controlar produtos perecíveis ao longo

transporte, assim um conjunto de sensores embutidos em contêineres e conectados ao veículo são integrados ao sistema de suporte à decisão na nuvem, permitindo que gerentes e também o usuário final (como opção) monitorem esses produtos e rejeitem o produto caso detectem que algum desvio de padrão tenha ocorrido durante o transporte.(BOGATAJ; BOGATAJ; HUDOKLIN, 2017).

A tecnologia de manufatura aditiva permite “formas personalizadas, interação digital com os consumidores e fabricação direta, o que traz benefícios em termos de custos mais baixos, complexidade reduzida da cadeia de suprimentos e prazos de entrega, etc.” (BOGERS; HADAR; BILBERG, 2016, p. 225). Lotes reduzidos, produção de peças para reposição, priorização da funcionalidade diante da dificuldade de projeto, alto nível de personalização da produção são características encontradas na fabricação por manufatura aditiva. Porém, os benefícios da manufatura aditiva não se limitam a questões operacionais, questões táticas como a redução do tamanho da CS, redução da necessidade de estoques e do *lead-time* podem melhorar o desempenho CS.(POUR *et al.*, 2017).

No Gráfico 3, os processos da CS relacionados as tecnologias digitais nas publicações da RSL são apresentados.

Gráfico 3 – Processos da CS



Fonte: Elaborado pela autora.

Corroborando com Konovalenko e Ludwig (2019) que ressaltam o predomínio de estudos de rastreabilidade de objetos, o resultado da RSL comprova o interesse

em estudos relacionados à entrega. O Quadro 7 apresenta as publicações da RSL relacionando-as as *capabilities* de resiliência e robustez.

Quadro 7 - *Capabilities* relacionadas a tecnologias

<i>Capabilities</i>	Tecnologia Habilitadora			Tecnologia Integradora			Tecnologia de Aplicação	
	<i>Big Data Analytics</i>	<i>Cloud computing</i>	<i>Internet of Things</i>	Inteligência Artificial	<i>Blockchain</i>	Sistemas ciber-físicos	Manufatura aditiva	Robô avançado e
Resiliência	6	3	4	-	1	2	3	2
Robustez	2	1	2	2	1	1	2	2

Fonte: Elaborado pela Autora

A *capability* de resiliência tem ligação com a integração visto que uma CS resiliente devem possuir relacionamentos colaborativos e confiáveis, com visibilidade e integração dos processos, permitindo a solução conjunta dos problemas. (WATERS, 2007).

*Big Data Analytics* proporciona coordenação, integração de atividades e capacidade de resposta na CS. A volatilidade das demandas de clientes obriga as organizações a aumentarem a flexibilidade e a capacidade de resposta. (YU *et al.*, 2018). Uma maior transparência, visibilidade e automação de processos permite que vários parceiros da CS interajam perfeitamente no projeto, produção, entrega e serviço conjuntos de pedidos complexos de clientes. (YU *et al.*, 2018).

*Big Data Analytics*, *Cloud Computing*, IoT, Robôs e manufatura aditiva utilizadas em conjunto podem oferecer robustez e resiliência aos processos da CS visto que possibilitarão uma tomada de decisão com maior quantidade de dados,

gerando uma maior transparência, aumentarão a flexibilidade da CS e com isso minimizam os riscos e custos envolvidos aumentando a robustez e resiliência. (AGRAWAL; NARAIN, 2018).

*Big Data* auxilia na predição das necessidades dos clientes, entendendo as preferências e criando uma experiência única em relação a marca. Combinando análise de dados históricos, mapeamento e planejamento de cenários permite uma análise prévia dos riscos aumentando a robustez da CS. (MERLINO; SPROGE, 2017). Da mesma forma, permite responder rapidamente às mudanças no ambiente, permitindo integração com os fornecedores e aprimorando os recursos de planejamento de vendas e operações. (GUNASEKARAN *et al.*, 2017).

Influenciados pela *Big Data Analytics*, há uma redução nos riscos de demanda devido à melhor visibilidade e precisão da previsão do CS. Gerando uma redução nos riscos de interrupção, melhor qualidade do plano de contingência. (IVANOV, DMITRY; DOLGUI; SOKOLOV, 2018)

A manufatura aditiva poderá proporcionar uma CS simplificada que aumentará a eficiência e a capacidade de cumprimento da demanda aumentando a resiliência da CS. (HUANG *et al.*, 2013). Da mesma forma, reduz a complexidade operacional, enquanto incorpora complexidade nos componentes na indústria automotiva e aeroespacial, por exemplo. (KHAJAVI; HOLMSTRÖM, 2015).

Por fim, pode-se concluir que “as tecnologias digitais podem ser amplamente utilizadas para obter informações em tempo real sobre o escopo e a escala das interrupções, sua propagação no CS e para simular possíveis estratégias de recuperação.” (IVANOV, DMITRY; DOLGUI; SOKOLOV, 2018, p. 14) ampliando a robustez e resiliência da CS.

O Quadro 8 apresenta as publicações da RSL relacionando-as aos critérios competitivos.

Quadro 8 – Critérios competitivos relacionados às tecnologias digitais

Critério competitivo	Tecnologia Habilitadora				Tecnologia Integradora			Tecnologia de Aplicação		Total
	<i>Big Data Analytics</i>	<i>Big Data</i>	<i>Cloud Computing</i>	<i>Internet of Things</i>	<i>Block-chain</i>	Sistema ciber-físico	Inteligência artificial	Manufatura aditiva	Robô colaborativo	
	(ARUNACHALAM; KUMAR; KAWALEK, 2018; CHOI; WALLACE; WANG, 2018; HOFMANN; RUTSCHMANN, 2018; IVANOV, DMITRY; DOLGUI; SOKOLOV, 2018; KACHE; SEURING, 2017)	(AGRAWAL; NARAIN, 2018; BRINCH et al., 2018; GUNASEKARAN et al., 2017; MERLINO; SPROGE, 2017; NAGY et al., 2018; YU et al., 2018)	(AGRAWAL; NARAIN, 2018; ANGELEANU, 2015; CÁMARA; FUENTES; MARÍN, 2013; MAQUEIRA; MOYANO-FUENTES; BRUQUE, 2018; RAUT et al., 2013; SHEE et al., 2018)	(DE VASS; SHEE; MIAH, 2018; HADDUD et al., 2017; HOFMANN; RÜSCH, 2017; IVANOV, DMITRY; DOLGUI; SOKOLOV, 2018; MANAVALAN; JAYAKRISHNA, 2018; NAGY et al., 2018; REDDY; SINGH; HARIHARAN, 2016)	(IVANOV, DMITRY; DOLGUI; SOKOLOV, 2018; KSHETRI, 2018; QUEIROZ et al., 2019)	(HOFMANN; RÜSCH, 2017; NAGY et al., 2018; QUEIROZ et al., 2019; REDDY; SINGH; HARIHARAN, 2016)	(PAN et al., 2009; SINGH, L. P.; CHALLA, 2016)	(AGRAWAL; NARAIN, 2018; ANGELEANU, 2015; ATTARAN, 2017; BOGERS; HADAR; BILBERG, 2016; HUANG et al., 2013; IVANOV, DMITRY; DOLGUI; SOKOLOV, 2018; KHAJAVI; HOLMSTRÖM, 2015; SCOTT; HARRISON, 2016; THOMAS, 2016)	(AGRAWAL; NARAIN, 2018; IVANOV, DMITRY; DOLGUI; SOKOLOV, 2018; MERLINO; SPROGE, 2017)	
Custo	-	3	3	-	-	-	1	6	2	15
Entrega	1	3	4	1	1	1	1	6	3	21
Qualidade	-	4	4	-	-	-	-	3	2	13
Flexibilidade	1	3	2	4	1	2	-	7	1	21
Sustentabilidade	-	-	1	1	-	1	-	3	-	6
Total	2	13	14	6	2	4	2	25	8	76

Fonte: Elaborado pela Autora

Da utilização conjunta de tecnologias digitais de *Big Data Analytics*, *Cloud Computing*, IoT, robôs e manufatura aditiva pode-se originar os seguintes benefícios nos critérios competitivos: níveis de estoque reduzidos, com visibilidade destes em toda a CS, descentralização da armazenagem, reduzindo os prazos de entrega, minimização da quantidade de processos reduzindo custo e aumentando a velocidade de entrega, melhoria na margem de lucro gerada pelo intenso vínculo com o cliente permitindo assim a manutenção de vantagem competitiva. (AGRAWAL; NARAIN, 2018).

Com a utilização do *Big Data Analytics* as organizações esperam melhorar a visibilidade, flexibilidade, integração das cadeias de suprimento e processos logísticos além de gerenciar efetivamente a volatilidade da demanda e lidar com as flutuações de custo. (GENPACT, 2015). Organizações que utilizam *Big Data*, CPS e *Internet of Things* possuem processos mais eficientes com seus parceiros da CS, cooperação aprimorada, mercado, desempenho financeiro e competitividade superior.(NAGY *et al.*, 2018).

*Big data* na análise preditiva pode gerar benefícios significativos em termos de melhoria nos custos e na eficiência da CS, oferecendo uma resposta rápida às mudanças no ambiente, e melhorando o relacionamento com os fornecedores e aprimorando os recursos de planejamento de vendas e operações. (GUNASEKARAN *et al.*, 2017). A volatilidade das demandas de clientes força as organizações a aumentarem a flexibilidade e a capacidade de resposta. Uma maior transparência, visibilidade e automação de processos permite que vários parceiros da CS interajam perfeitamente no projeto, produção, entrega e serviço conjuntos de pedidos complexos de clientes. (YU *et al.*, 2018).

Sistemas ciber-físicos e IoT são relevantes na logística da CS, particularmente em termos de fluxos de informações em tempo real, transparência de ponta a ponta da CS e melhorias na flexibilidade, contribuindo na criação de valor. (HOFMANN; RÜSCH, 2017). Sistemas ciber-físicos podem ser utilizados para a tomada de decisão sobre a quantidade de reabastecimento e o ponto de reabastecimento ideal, a fim de minimizar o custo de estoque. (PAN *et al.*, 2009).

A tecnologia de *blockchain* pode contribuir com a CS avaliando a procedência de produtos em cadeias complexas e difíceis de rastrear.(KIM; LASKOWSKI, 2018). Na CS de produtos perecíveis os dados logísticos, como tempo e temperatura do transporte e da armazenagem, procedência dos produtos, podem ter a garantia da

veracidade das informações fornecidas mediante utilização de *blockchain*. (KSHETRI, 2018; TIAN, 2017).

Os benefícios do *Blockchain* nas CS podem ser entendidos como: i) melhoria na visibilidade da CS; ii) compartilhamento seguro de informações e geração de confiança; iii) melhorias operacionais pois um maior volume e precisão dos dados auxilia as organizações a monitorar e avaliar o desempenho, permite detectar problemas antes que ocorram e acelera o lead-time da CS. (WANG, YINGLI *et al.*, 2019). A visibilidade em tempo real permite maior transparência nos processos da CS contribuindo com a redução de custo de monitoramento de processo. (QUEIROZ *et al.*, 2019). Ao eliminar a necessidade de auditores intermediários no processo de entrega, a eficiência pode ser aumentada e os custos reduzidos na CS. (KSHETRI, 2018).

A manufatura aditiva poderá proporcionar uma CS simplificada que aumentará a eficiência e a capacidade de cumprimento da demanda. (HUANG *et al.*, 2013). A manufatura aditiva fará as organizações alterar de uma lógica autocentrada para uma centrada no consumidor, passando de cadeias de suprimento centralizadas para descentralizadas (BOGERS; HADAR; BILBERG, 2016; LEODOLTER, 2017), com as operações de transformação mais próximas dos mercados consumidores, podendo tornar a customização em massa realidade. (WALLER; FAWCETT, 2014).

Robôs podem realizar rápidas operações de armazenagem, garantindo localização apropriadas no estoque ou nos contêineres de expedição, sem causar defeitos nos produtos, o que poderia ocasionar devoluções ou atrasos desnecessários no processo de atendimento de pedidos. (MERLINO; SPROGE, 2017). Os robôs também podem detectar problemas que surgem ao seu redor antecipando uma reação e minimizando os efeitos indesejados, também possuem capacidade superior aos humanos, como levantar objetos pesados ou alcançar pequenas áreas, podendo levar a maneiras mais rápidas e eficientes de criar um produto. (AGRAWAL; NARAIN, 2018).

Assim, a relação das tecnologias apresentadas nas publicações selecionadas na RSL com os processos da CS, as *capabilities* e os critérios competitivos foi exposta. Resta evidente que as tecnologias apresentam possibilidade de aplicação nos diversos processos da CS e que a repercussão nos critérios competitivos ocorre diferentemente para cada tecnologia. Finalizado o referencial teórico, a próxima seção apresenta os procedimentos metodológicos para realização da pesquisa.

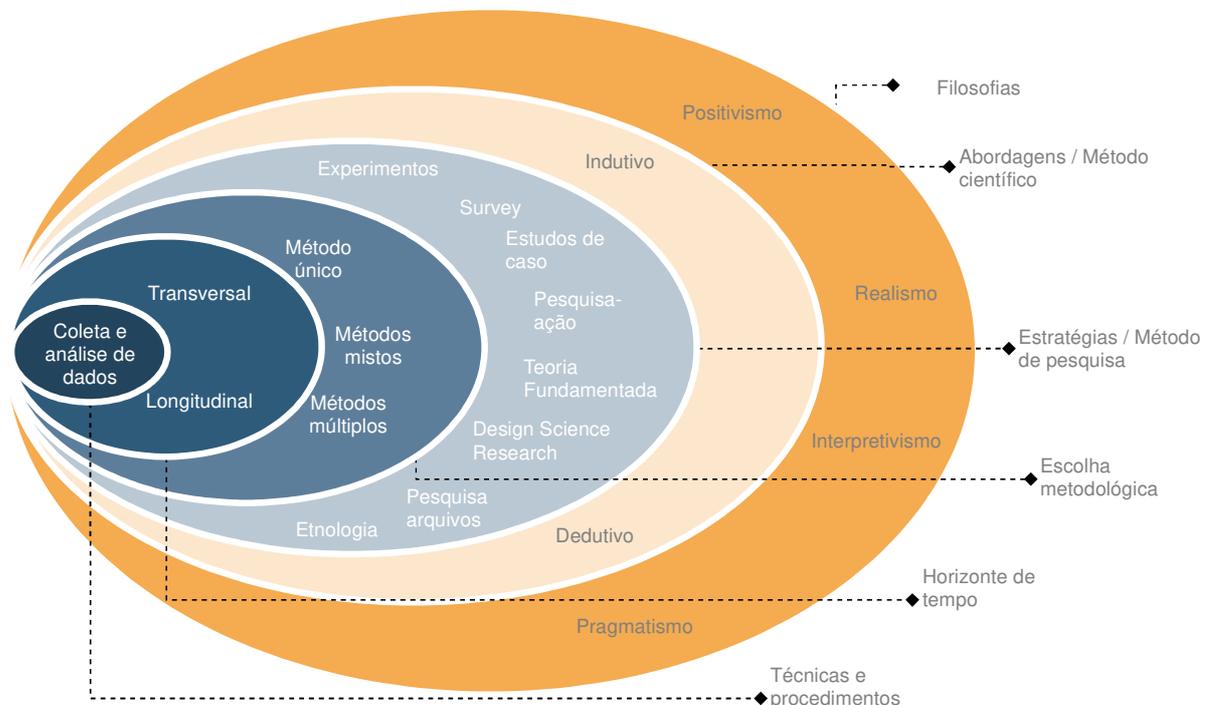
### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para que uma pesquisa científica seja confiável, esta precisa ser realizada com rigor científico. Visando atender este objetivo, esta seção contém o delineamento da pesquisa, expondo o método de científico, o método de pesquisa, abordando suas características, bem como o método de trabalho, com as etapas e os procedimentos de coleta e análise dos dados.

#### 3.1 Delineamento da Pesquisa

Conforme Marconi e Lakatos (2010, p. 65) “não há ciência sem o emprego de métodos científicos”, assim para que a pesquisa tenha valor científico é necessário que um método seja utilizado. A confiabilidade dos resultados de uma pesquisa científica é obtida com a observação de alguns procedimentos. (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015). Esses procedimentos serão delineados utilizando a Lógica da Cebola proposta por Saunders, Lewis e Thornhill (2009) e apresentados de fora para dentro, conforme a Figura 6.

Figura 6 - Lógica da Cebola



Fonte: (SAUNDERS; LEWIS; THORNHILL, 2009, p. 108)

A filosofia de pesquisa contém as proposições sobre a maneira como o pesquisador observa e interpreta o mundo. (SAUNDERS; LEWIS; THORNHILL, 2009). Essas proposições sustentam a estratégia de pesquisa seguida e os métodos escolhidos como parte dessa estratégia. (SAUNDERS; LEWIS; THORNHILL, 2009). Para esta pesquisa, o positivismo foi a filosofia adotada. A pesquisa positivista trabalha com a realidade observável, objetivando um resultado final generalizável. (SAUNDERS; LEWIS; THORNHILL, 2009). As pesquisas que utilizam a filosofia positivista consideram que apenas fenômenos que podem ser observados levam a geração de dados confiáveis. (SAUNDERS; LEWIS; THORNHILL, 2009). Logo, este trabalho observou como a transformação digital está afetando os processos da CS nas empresas e assim, identificou quais tecnologias digitais estão sendo aplicadas e quais os efeitos destas fornecendo dados confiáveis sobre os fenômenos da transformação digital na CS de duas grandes empresas.

O método científico utilizado na pesquisa é caracterizado como método indutivo. Indução é um processo mental, que baseado em dados particulares suficientemente constatados, infere-se uma verdade geral ou universal, não contida nas partes analisadas. (MARCONI; LAKATOS, 2010). Conforme Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015, p. 18), o método indutivo “se fundamenta em premissas e na inferência de uma ideia a partir de dados previamente constatados ou observados”.

A utilização de um método de pesquisa depende da adequação deste com a pergunta e com os objetivos propostos. O estudo de caso foi realizado pois oferece a oportunidade de estudar o fenômeno no ambiente em que ocorre, com conexões complexas e significados subjacentes. (YIN, 2015). Desta forma, estudar a transformação digital em duas grandes empresas possibilitou coletar dados e identificar a ocorrência da transformação digital, assim como analisar as tecnologias digitais, no contexto que estas ocorrem.

O estudo de caso gera resultados adequados como pesquisa e a ampliação do conhecimento sobre o fenômeno, pois não estando limitado por rígidos questionários e modelos, pode levar a descobertas e até ao desenvolvimento de teoria tendo validade acadêmica e prática ao contexto pesquisado. (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002). No planejamento do estudo de caso, algumas características precisam ser definidas.

Segundo Yin (2015), quatro configurações de estudos de caso são possíveis, sendo: caso único com unidade de análise unitária, caso único com unidades de

análise múltipla, caso múltiplo com unidade de análise unitária e caso múltiplo com unidades de análise múltiplas. (YIN, 2015). Conforme configuração proposta, o estudo de caso realizado foi múltiplo. Sendo as empresas as unidades de contexto analisadas.

Yin (2015) sugere que as chances de o estudo ser considerado legítimo aumentam com a utilização de múltiplos casos. A vulnerabilidade de um estudo de caso único advém até mesmo, do fato do pesquisador ter apostado “todas as suas fichas num único número”.(YIN, 2005, p. 75). As conclusões analíticas independentes, que surgem dos dois casos (ou mais), conferem ao estudo de caso múltiplo uma avaliação mais ampla sobre o fenômeno estudado. (YIN, 2015).

Nos estudos de caso, quando a pesquisa prevê a utilização de múltiplos casos a seleção dos casos deve seguir a lógica de replicação. A replicação literal prevê resultados semelhantes nos casos analisados. A replicação teórica produz resultados contrários, mas por razões previsíveis do estudo. (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002; YIN, 2015). Quando se busca a replicação literal, poucos casos (2 ou 3) são suficientes, enquanto uma quantidade maior de casos (4 a 6) são necessários em replicações teóricas, visto que se objetiva avaliar dois ou mais padrões diferentes.(YIN, 2015). Na replicação literal, os casos devem ao final da análise, constituir resultados similares como previsto no início da pesquisa. (YIN, 2015). Para esta pesquisa, buscou-se a replicação literal, ou seja, os casos foram escolhidos por serem propícios à observação do fenômeno da transformação digital na CS.

Com relação ao horizonte de tempo, a pesquisa se limitou a pesquisar a atualidade. A pesquisa assim é classificada como transversal, com o fenômeno sendo estudo em um determinado momento. (SAUNDERS; LEWIS; THORNHILL, 2009).

Utilizou-se respondentes múltiplo, pois para atender a complexidade das perguntas, foi necessário que mais de uma área funcional da empresa participasse do estudo. Com a utilização do *Supply Chain Operations Reference* (SCOR) para a definição dos processos da CS, diferentes áreas da empresa foram estudadas. O Modelo SCOR (*Supply Chain Operations Reference*) versão 12, reconhece seis processos, sendo: planejamento, aquisição, transformação, entrega, devolução (para fornecedor ou de cliente) e suporte. No estudo de caso, foram avaliados os cinco processos principais, abrangendo: planejamento, aquisição, transformação, entrega e devolução. Quando, o processo de suporte foi observado nas entrevistas, registros de arquivos/documentos ou *shadowing*, foi analisado e adicionado ao resultado.

Tendo como contexto de pesquisa as empresas, o estudo de caso múltiplo foi realizado em duas empresas focais. A seleção de casos múltiplos reduz a necessidade de aprofundamento comparado com caso único. Ainda em estudos de caso múltiplos a validade externa é maior que em casos únicos. (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002).

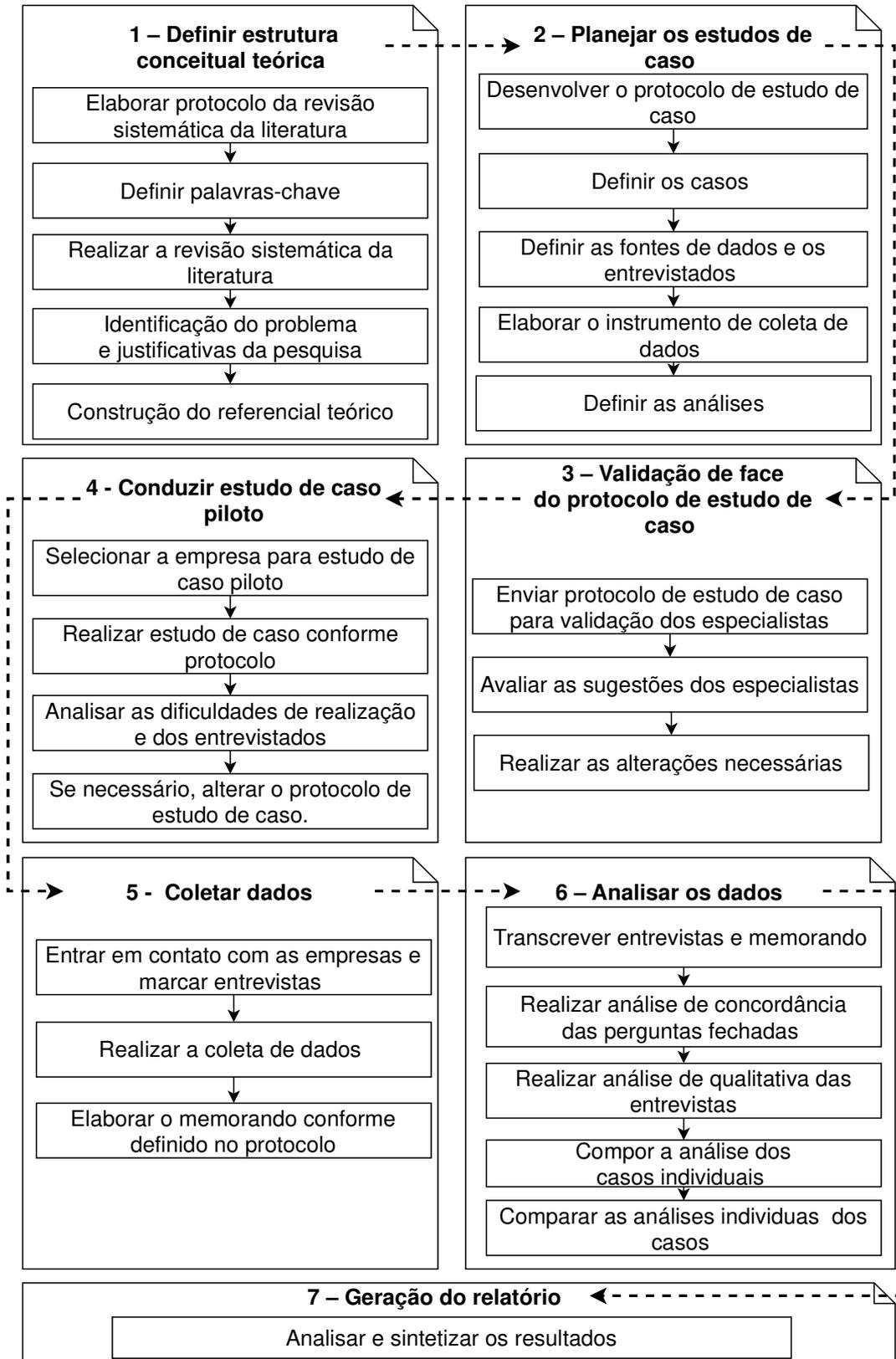
As múltiplas fontes de evidências são utilizadas para proporcionar maior validade para o estudo. (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002). O estudo de caso utiliza a triangulação de dados com múltiplos meios de coleta de dados. (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002). Assim, utilizou-se de questionário semiestruturado, com perguntas fechadas e abertas, registro de arquivos/documentos, *shadowing* e análise de artefatos físicos.

### **3.2 Método de Trabalho**

O método de trabalho pode ser descrito como uma sequência de passos que delimitam e orientam o trabalho, garantindo que o resultado da pesquisa seja válido e replicável. A clareza e transparência de um método de trabalho possibilita que a pesquisa seja reconhecida como válida por outros pesquisadores. (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015).

De maneira geral, o método de trabalho está estruturado em sete macro etapas distintas, a saber: i) definição da estrutura conceitual teórica; ii) planejamento do estudo caso; iii) validação de face do protocolo de estudo de caso; iv) condução do teste piloto; v) coleta de dados; vi) análise dos dados; e vii) análise dos resultados. A Figura 7 apresenta a sequência lógica seguida neste trabalho a fim de responder à questão de pesquisa.

Figura 7 - Método de trabalho



Fonte: Elaborado pela autora

A primeira etapa realizou a revisão sistemática da literatura, sendo considerada a etapa exploratória da pesquisa. Nesta etapa os conceitos de transformação digital, tecnologias digitais na CS foram estudados em profundidade a fim de gerar familiaridade com o tema. A análise deteve-se nas tecnologias digitais relacionadas aos processos da CS, às *capabilities* de robustez e resiliência e à repercussão nos critérios competitivos. O protocolo para a realização da revisão sistemática da literatura (Apêndice A) foi elaborado para garantir a replicabilidade do estudo.

Essa etapa foi apresentada na introdução desta dissertação. Com base na RSL definiu-se o problema de pesquisa e as justificativas. A RSL também serviu para a construção do referencial teórico.

Na segunda etapa, o protocolo de estudo de caso foi desenvolvido, sendo este considerado o planejamento da pesquisa. O protocolo de estudo de caso (Apêndice C) contém o instrumento de pesquisa que será utilizado, mas também, os procedimentos e as instruções a serem seguidas na coleta e análise dos dados em cada caso. (YIN, 2015). O protocolo serviu tanto como um roteiro para a entrevista, quanto como uma lista de verificação para certificar-se que todos os tópicos foram abordados. Em pesquisas de caso múltiplos, como a realizada, o protocolo é importante para que a coleta de dados seja realizada semelhantemente entre os casos. (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002). Assim, foi parte fundamental da pesquisa e norteou as etapas de planejamento, coleta e análise dos dados.

Após a elaboração do protocolo de estudo de caso (Apêndice C) realizou-se a validação de face deste. A validação de um instrumento de pesquisa é conhecida como validade interna. (BOWLING, 2014). A validação interna pode ser realizada por meio de avaliação subjetiva dos pesquisadores. Assim, os pesquisadores avaliam a forma de apresentação e relevância do instrumento, analisando se as perguntas parecem relevantes, razoáveis, claras e não ambíguas. (BOWLING, 2014).

Nesta etapa o protocolo de estudo de caso (Apêndice C) foi validado pelos pesquisadores do GMRG (*Global Manufacturing Research Group*) no Brasil. O Quadro 9 apresenta o perfil dos pesquisadores/especialistas que realizaram a validação de face do protocolo de estudo de caso. Para realizar está validação o protocolo foi enviado para os especialistas que após analisarem, recomendaram alterações. As propostas de alteração foram condensadas e tratadas em vídeoconferência com a participação dos especialistas.

Quadro 9 - Relação dos pesquisadores/especialistas

Pesquisador/ especialista	Formação	Instituição formação	Instituição vinculado
Especialista 1	Doutor em Engenharia de Produção	PUC-Rio	PUC-Rio
Especialista 2	Doutorando em Engenharia de Produção	PUC-Rio	UFRJ, Brasil
Especialista 3	Doutor em Engenharia de Produção	UFRJ, Brasil.	UFF
Especialista 4	Doutor em Engenharia de Produção	UFRJ, Brasil	UFF

Fonte: Elaborado pela autora.

Após análise das propostas de alteração e concordância dos pesquisadores/especialistas sobre pontos a alterar, o protocolo foi modificado e enviado novamente para o grupo. Os pesquisadores/especialistas corroboraram com a revisão e a etapa de validação de face do protocolo de estudo de caso foi finalizada.

Tendo realizado a validação de face do protocolo de estudo de caso, este foi considerado aprovado. Compreendendo que a etapa final antes da coleta de dados é o estudo-piloto (YIN, 2005), este foi realizado visando aprimorar e testar a aplicabilidade do protocolo de estudo de caso.

O teste-piloto verificou os procedimentos de aplicação do protocolo, a qualidade dos dados obtidos e como estes contribuem para o atendimento dos objetivos da pesquisa. (CAUCHICK MIGUEL *et al.*, 2012). Para realização do teste-piloto a empresa foi escolhida pela localização e disponibilidade.

A empresa em que se realizou o teste piloto localiza-se em São Leopoldo. A empresa manufatura termoplásticos de engenharia e alta performance. A matriz na Alemanha, conta com 33 unidades produtivas e comerciais localizadas na Europa, Ásia, América do Norte e América do Sul. A unidade estudada é a única situada na América do Sul. A fundação foi no ano de 1996. Atualmente possui aproximadamente 100 colaboradores. A empresa realiza o desenvolvimento, produção e comercialização de resinas compostas, produtos semiacabados fundidos, peças usinadas e injetadas de alta precisão, perfis industriais e tubos, perfis de isolamento térmico, bem como peças moldadas por compressão e fundidas. Fornece para a indústria mecânica, construção civil, automotiva, aeroespacial, médica e alimentos, petróleo e gás, engenharia elétrica, semicondutores, dentre outras.

As entrevistas foram realizadas com conforme o planejado no protocolo de estudo de caso. Iniciou-se com o gerente de vendas, passando para supervisor de logística, supervisor de compras e diretor de produção (Quadro 10). A entrevista com

supervisor de logística não será utilizada pois no momento da entrevista, o entrevistado estava apenas duas semanas na empresa.

Quadro 10 - Entrevistados caso piloto

Entrevistado	Cargo	Tempo empresa (anos)	Tempo função (anos)	Formação
Entrevistado 1	Vendas	13	11	Ensino médio
Entrevistado 2	Logística	-	-	Tecnólogo em logística
Entrevistado 3	Compras	3	3	Administrador
Entrevistado 4	Produção	15	15	Engenheiro mecânico

Fonte: Elaborado pela autora

A organização possui, aproximadamente mil clientes, sendo que, 80% dos clientes compram aproximadamente 5 produtos. No processo de extrusão existem aproximadamente 600 itens, sendo chapas e tarugos. No processo de injeção são peças acabadas destinadas 80% para a indústria automotiva, com aproximadamente 300 itens ativos. O processo de fundição de polímeros possui em torno de ativos 400 itens ativos. A grande variação no número de itens ocorre visto que o mesmo item pode receber aditivos que alteram a tonalidade, coeficiente de atrito, coeficiente de deslize, dentre outros, tornando-se um item diferente.

A partir do teste-piloto, as dificuldades e contribuições na aplicação do protocolo de estudo de caso foram analisadas. Quando pertinente, as modificações no protocolo foram realizadas. No Quadro 11 as dificuldades e contribuições na aplicação do teste piloto são apresentadas, assim como as modificações realizadas.

Quadro 11 – Análise do teste-piloto

Ponto no protocolo	Dúvidas e contribuições da aplicação do piloto	Modificação no Protocolo de Estudo de Caso
Perfil dos entrevistados	Os entrevistados não tinham 3 anos de trabalho na empresa	Preferencialmente, entrevistar o profissional com maior tempo na empresa, assim como o de maior tempo na função.
Roteiro B	Falta possibilidade de responder que conhece a tecnologia, mas não tem projeto de implementação.	Estágio 1 dividido em: Estágio 1: desconhece a tecnologia. Estágio 2: Não tem projeto de implementação.

Ponto no protocolo	Dúvidas e contribuições da aplicação do piloto	Modificação no Protocolo de Estudo de Caso
Roteiro C e Roteiro D	Mapear o procedimento para os roteiros que abordam o impacto da utilização da tecnologia digital em empresa não utilize nenhuma tecnologia.	Inclusão do ponto de atenção, para somente prosseguir com os roteiros C e D, se no mínimo alguma das tecnologias for pontuada com estágio 3, e estando a tecnologia no estágio 3 a resposta deve estar em função da expectativa de contribuição da tecnologia digital implementada.
Roteiro E	Não foi possível identificar as pessoas que responderiam inteiramente o roteiro.	Inclusão de campo para anotar o respondente e refinamento dos fatores competitivos agrupando para facilitar a coleta.

Fonte: Elaborado pela autora

Assim, após o teste-piloto e as alterações no protocolo de estudo de caso, este foi considerado aprovado. Assim, iniciou-se a coleta de dados com a seleção dos casos.

Os critérios de seleção das organizações para a aplicação do estudo de caso, buscando uma replicação literal, (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002), e considerando a aplicação em duas organizações, considerou empresas que:

- i) Tivessem atividades condizente com indústria na classificação nacional;
- ii) Fossem consideradas de médio ou grande porte a partir da classificação do país, e integrassem uma CS;
- iii) Fossem propícias para a análise do fenômeno da digitalização e seus impactos nos processos da CS.

O procedimento para coleta das evidências foi repetido o mais integralmente possível em cada caso estudado. Por conveniência o contato foi realizado com duas empresas do Rio Grande do Sul. Estas manifestaram-se disponíveis para realização do estudo de caso e, sendo promissoras para análise da transformação digital foram selecionadas para o estudo.

Assim, o Caso A atende aos critérios de seleção das organizações para a aplicação do estudo de caso. Na Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) a empresa se enquadra na seção de Indústria de Transformação na classe de Fabricação de peças e acessórios para os sistemas de marcha e transmissão de veículos automotores. (IBGE, 2015). Segundo a nota metodológica do SEBRAE (2012), a empresa classifica-se como grande porte, visto que emprega mais de 500 colaboradores.

A empresa, na qual o Caso B foi realizado, é uma indústria de transformação classificada, segundo o CNAE (2015), como fabricação de máquinas, equipamentos e aparelhos para transporte e elevação de cargas e pessoas. Na classificação segundo a nota técnica do SEBRAE (2012), a empresa é considerada de grande porte, visto que emprega mais de 500 colaboradores. Após contato inicial, verificou-se que iniciativas para a transformação digital são empregadas na empresa. E, além disso, a empresa possui um produto/serviço com tecnologias digitais implementadas.

A utilização de diferentes fontes de evidências sobre os fenômenos estudados é um requisito do estudo de caso. As fontes podem ser documentação, registros em arquivo, entrevistas, observação direta, observação participante e artefatos físicos. (YIN, 2015). Para este estudo de caso foram utilizadas entrevistas semiestruturadas com questões fechadas e abertas, registros em arquivos/documentos, *shadowing* quando autorizado e artefatos físicos quando disponíveis.

O *shadowing* é uma técnica que o pesquisador pode utilizar para obter uma melhor compreensão do contexto da pesquisa. (SAUNDERS; LEWIS; THORNHILL, 2009). O *shadowing* é utilizado quando se quer coletar dados por observação no local onde são gerados. Nesta técnica os pesquisadores imersos no ambiente real, acompanham as atividades dos pesquisados, podendo ser estes usuários do sistema, pessoal de atendimento ou funcionários. São observados os comportamentos e experiências, além do padrão da tomada de decisão. (MARTIN; HANINGTON, 2012; STICKDORN; SCHENEIDER, 2014).

Em determinado momento, as observações realizadas pelo pesquisador podem revelar fatos sequer reconhecidos pelos observados. (STICKDORN; SCHENEIDER, 2014). O *shadowing* do ambiente permite desenvolver uma visão holística de como as atividades ocorrem, fornecendo um entendimento das interações que acontecem. (STICKDORN; SCHENEIDER, 2014). “O *shadowing* também é uma técnica útil para identificar aqueles momentos em que as pessoas às vezes dizem uma coisa e, no entanto, fazem outra.” (STICKDORN; SCHENEIDER, 2014, p. 158).

O Quadro 12 apresenta as fontes de evidências e quais foram os dados avaliados, quando presentes, em cada processo do modelo SCOR.

Quadro 12 - Fonte de dados do estudo de caso

Fonte	Planejamento	Aquisição	Transformação	Entrega	Devolução
Entrevista	Gerente e/ou Analista de CS	Gerente e/ou Analista de CS Gerente e/ou analista de compras	Gerente e/ou Analista de CS Gerente e/ou analista de produção	Gerente e/ou Analista de CS Gerente e/ou analista de vendas	Gerente e/ou Analista de: - CS - Logística - Compras/vendas
<i>Shadowing</i>	Processo de Planejamento	Processo de Aquisição	Processo de transformação (produção/serviço)	Processo de entrega	Processo de devolução
Documentos/ Registros em arquivos	- Planos estratégico; - Planos de clientes e fornecedores; - Estudos da variabilidade da demanda; - Estudo das prioridades dos clientes.	- Planos de aquisição; - Planos de fornecimento; - Contratos de fornecimento; - Indicador da redução de fornecedor; - Lista de fornecedores estratégicos.	- Plano de produção; - Tamanho dos lotes; - Indicadores de qualidade; - Indicadores de manutenção.	- Indicadores de desempenho de entrega; - Indicadores da acuracidade do inventário; - Indicadores da qualidade de entrega.	- Indicador de devolução, tanto para fornecedor quanto de cliente; - Rastreabilidade das devoluções.
Artefatos físicos	Tecnologias digitais que auxiliam o processo de planejamento estratégico, análise de variabilidade de demanda e prioridade de clientes.	Tecnologias digitais que auxiliam o processo de planejamento de aquisição, planos de fornecimento, contratos de longo prazo, redução de fornecedores e aumento dos fornecedores estratégicos.	Tecnologias digitais que auxiliam o processo de planejamento de produção, reduzem lotes; aumentam qualidade; reduzem lead-time; melhorem a manutenção preventiva.	Tecnologias digitais que auxiliam o processo de rastreamento e monitoramento da entrega, monitoramento do inventário; monitoramento da satisfação do cliente; monitoramento do pedido.	Tecnologias digitais que auxiliam o processo de rastreamento e monitoramento da devolução, do material devolvido; da satisfação do cliente referente ao processo de devolução.

Fonte: Elaborado pela autora

Foi estabelecido que, assim como nas entrevistas, a análise de artefatos físicos, registros em arquivos/documentos, e *shadowing* também poderiam variar entre os casos estudados, porém a análise daqueles que estivessem disponíveis deveriam ser realizadas equivalentemente. Assim, coleta de dados, além das entrevistas, apresentou variação dependendo do acesso permitido pelos entrevistados.

O estudo de caso iniciou com as entrevistas, partindo posteriormente para *shadowing*, artefatos físicos, registros em arquivos/documentos (Figura 8). As entrevistas iniciaram com o profissional de CS e posteriormente buscou-se manter a ordem de processos da CS, inquirindo os responsáveis pelo processo de aquisição, produção, entrega e devolução. Cabe ressaltar que esta era uma orientação, contudo devido a disponibilidade de agenda dos entrevistados não foi possível segui-la como determinado.

Como a pesquisa abrangeu cinco processos da CS, foi necessário entrevistar profissionais de áreas distintas. Assim, fontes de informações desde o planejamento da CS, passando pela aquisição de insumos, transformação, entrega, até uma possível devolução, foram analisadas. Além dos envolvidos no gerenciamento da cadeia de suprimento (geralmente, gerente ou analista de CS) que possuem uma visão geral do processo da CS, foi necessário entrevistar os responsáveis pela aquisição de insumos (produtos/serviços) sendo o contato com o fornecedor avaliado por meio desta entrevista, produção ou serviço (transformação), entrega (o contato com o cliente foi analisado por este entrevistado) e devolução (tanto para fornecedor quanto de cliente).

Definiu-se que os cargos dos entrevistados poderiam variar de uma empresa para outra, sendo necessário que as funções desempenhadas fossem semelhantes. O Quadro 13 apresenta o perfil dos entrevistados em cada processo da CS.

Quadro 13 - Perfil dos entrevistados

Entrevistado	Perfil	
	Formação	Critérios específicos em função do cargo
Gerente Cadeia de suprimento	Superior em logística ou CS ou área correlata.	Ter conhecimento ou participado da implementação tecnologia na CS ou logística
Analista Cadeia de suprimento	No mínimo curso técnico	
Gerente Logística	Superior em logística ou CS ou área correlata.	

Entrevistado	Perfil	
	Formação	Critérios específicos em função do cargo
Analista de Logística	No mínimo curso técnico	
Gerente Compras	Superior administração ou área correlata.	Ter participado ou adquirido da implementação tecnologia em compras
Analista Compras	No mínimo curso técnico.	
Gerente Produção	Superior em engenharia ou área correlata	Ter participado ou participar da implementação tecnologia na transformação
Analista Produção	No mínimo curso técnico.	
Gerente de Marketing	Superior administração ou área correlata.	Ter participado ou observado da implementação tecnologia no marketing
Analista de Marketing	No mínimo curso técnico.	
Gerente de planejamento de vendas e operações	Superior administração ou área correlata.	Ter participado ou participar da implementação tecnologia no planejamento de vendas e operações
Analista de planejamento de vendas e operações	No mínimo curso técnico.	
Gerente Vendas	Superior administração ou área correlata.	Ter participado ou observado da implementação tecnologia na entrega
Analista Vendas	No mínimo curso técnico.	

Fonte: Elaborado pela autora

Assim, no Caso A, as entrevistas ocorreram entre 26 de setembro e 07 de novembro de 2019. Não foi possível entrevistar o responsável pelo processo de entrega (vendas), visto que este setor se localiza em outro estado e não houve possibilidade de realizar por videoconferência. O Quadro 14 apresenta os entrevistados, a descrição do perfil e o roteiro respondido por entrevistado comprovando a adequação dos mesmos para o estudo de caso.

Quadro 14 – Entrevistados do Caso A

Entrevistado	Cargo	Roteiro	Tempo (anos)		Formação	Duração da entrevista (em minutos)
			Empresa	Função		
1	Gerente de CS	CS	22	8	Mestre em Engenharia de Produção e logística	121
2	Líder de Melhoria Contínua	Manufatura	15	6	Mestrando em Engenharia Industrial	51
3	Gerente de compras	Aquisição	4	2	MBA em Gestão da Cadeia de Suprimento e Logística	27
4	Analista de CS	Planejamento	6	2	Engenheiro Mecânico	75
5	Analista de CS Interna	Planejamento / entrega	3	1	Engenheiro de Produção	51

Entrevistado	Cargo	Roteiro	Tempo (anos)		Formação	Duração da entrevista (em minutos)
			Empresa	Função		
6	Engenheiro de Manufatura	Produção	3	1	Engenheiro Mecânico	58
7	Gerente de Inovação	Produção	13	1	Engenheiro Mecânico	64

Fonte: Elaborado pela autora.

Todas as entrevistas foram realizadas na sede da empresa e a duração média das entrevistas foi de, aproximadamente, 65 minutos. Após as entrevistas, quando necessário, realizou-se a análise visual dos artefatos físicos. Da mesma forma, foi permitida a realização de *shadowing* na reunião de planejamento de tecnologias digitais para a Cadeia de Suprimento.

No caso B as entrevistas foram realizadas entre 04 de setembro e 08 de novembro de 2019. O Quadro 15 apresenta os entrevistados do Caso B.

Quadro 15 – Entrevistados no Caso B

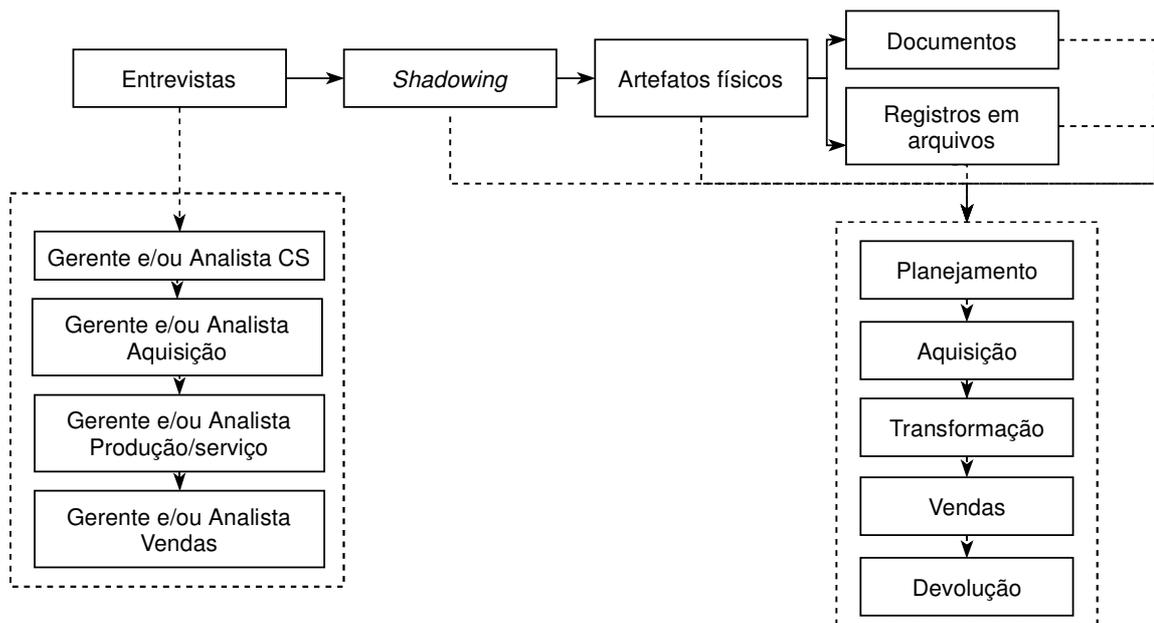
Entrevistado	Cargo	Roteiro	Tempo (anos)		Formação	Duração da entrevista (em minutos)
			Empresa	Função		
1	Analista Comercial de Modernização	Entrega	11	5	Administradora	19
2	Supervisor logística de serviços	Cadeia de Suprimento	11	11	Tecnólogo em logística	51
3	Analista de Projetos de Serviço	Cadeia de Suprimento	6	2	Engenheiro de Produção	50
4	Coordenador de PCP (Planejamento e Controle da Produção)	Manufatura/ produção	5	2	Engenheiro de Produção	47
5	Coordenador de logística	Cadeia de Suprimento	17	2	Tecnólogo em logística	41
6	Gerente de logística	Planejamento/ entrega	26	26	Engenheiro Mecânico	51
7	Gerente de compras	Compras/ aquisição	3	1	Engenheiro Mecânico	45
8	Gerente corporativo	Cadeia de Suprimento	19	2,5	Mestre logística e pesquisa operacional	55

Fonte: Elaborado pela autora

As entrevistas foram realizadas na sede da empresa. Porém, cabe destacar que o posto de trabalho do entrevistado 3 é diferente dos demais entrevistados, visto que, sendo responsável pelo serviço, tem sua localização próxima aos clientes. A duração média das entrevistas foi de, aproximadamente, 45 minutos.

Após as entrevistas quando aplicável o *shadowing*, em conjunto com análise de artefatos físicos, documentos, foram realizadas. Os roteiros de entrevistas continham pontos de atenção, que foram verificados pelo pesquisador ao realizar as entrevistas. Estes pontos de atenção referem-se ao fato que as entrevistas somente deveriam prosseguir caso o entrevistado respondesse que, no mínimo, estudos e projetos para implementação de tecnologia digital. Os roteiros de entrevistas e demais coletas de dados propostos no Apêndice C, foram realizados seguindo a ordem apresentada na Figura 8.

Figura 8 - Fluxo de realização do estudo de caso



Fonte: Elaborado pela autora

Os roteiros de entrevista foram respondidos pelos entrevistados, sendo preenchido pelo entrevistador. Mesmo que a entrevista estivesse sendo gravada anotou-se pontos relevantes observados em memorando (Apêndice D). As notas contribuíram na análise de dados, fornecendo percepções que não podiam ser verificadas em áudio.

Ao final das entrevistas, os memorandos foram complementados. A realização de memorandos, proporciona densidade e integração conceitual entre a teoria e a

entrevista realizada, servindo para que na análise final da pesquisa a reconstrução dos detalhes da pesquisa ocorra de maneira mais coesa. (CORBIN; STRAUSS, 1998).

Corbin e Strauss (1998) distinguem três tipos de memorandos: notas de código, notas teóricas e notas operacionais. As notas de código identificam códigos e seus significados. As notas teóricas abrangem uma variedade de tópicos: reflexões das dimensões e significados mais profundos de conceitos, relações entre conceitos, teoria, proposições, e assim por diante. Notas operacionais tratam principalmente de questões metodológicas, podendo ser pontos de interesse na coleta que serão relevantes para compreender os dados coletados ou direcionamentos para coletas futuras. (BABBIE, 2008; CORBIN; STRAUSS, 1998).

Desta forma, o Caso B foi escolhido buscando estabelecer uma replicação literal do Caso A, visto que as duas empresas apresentam tecnologias para a transformação digital. Durante a entrevista nos dois casos realizados, registraram-se tópicos relevantes em memorandos e, quando aplicável e permitido, foram realizadas observações diretas, análise de artefatos físicos e documentos. Estas observações e análises buscaram identificar tecnologias digitais implementadas e sua utilização em benefício da CS. A síntese da coleta de dados realizada é apresentada no Quadro 16.

Quadro 16 – Síntese da coleta de dados realizada nos casos A e B

Coleta de dados	Caso A	Caso B
Entrevistas	Sim	Sim
Artefatos físicos	Sim	Não
Documentos	Sim	Sim
<i>Shadowing</i>	Sim	Não

Fonte: Elaborado pela autora

Nos dois estudos de caso realizados, após as entrevistas, *shadowing*, análise de artefato físico (quando aplicável e autorizado), os memorandos foram complementados. A elaboração dos memorandos (notas teóricas e operacionais) logo após a finalização do estudo de caso (preferencialmente ainda no local do estudo de caso ou logo após deixar o local) objetiva que as informações, percepções, sentimentos e relações entre teoria e realidade observadas não fossem esquecidas e acabassem perdidas.

As entrevistas transcritas, juntamente com os memorandos criados e os documentos coletados em cada caso, foram inseridos no software ATLAS.ti versão 8.4.4. Desta forma a coleta de dados foi concluída e o *corpus* de análise definido.

Segundo Yin (2015), os estudos de caso múltiplos podem ser analisados de três formas. Na primeira, o relatório completo de casos múltiplos, será composto de capítulos ou seções dos casos únicos, além de um capítulo ou uma seção adicional abrangendo as análises entre os casos e os resultados. A segunda forma, o relatório é composto por seções com perguntas e respostas dos casos. A terceira pode não haver capítulo ou seção para os casos individuais, todo o relatório será uma análise entre os casos, podendo ser puramente descritiva ou ter tópicos explicativos.(YIN, 2015).

Esta pesquisa realizou a análise de cada caso isoladamente, e uma seção com a análise comparativa entre os casos. As etapas da análise de cada caso estão descritas no Quadro 17.

Quadro 17 - Análises realizadas em cada caso

Etapa	Análise	Objetivo	Roteiro
Etapa 0	Análise qualitativa da performance da empresa em relação à fornecedores, transformação e vendas.	Contextualização e Descrição do caso	A
Etapa 1	Fleiss'Kappa resultados da empresa focal – Tecnologia Digital	Elicitação e Nível de adoção das Tecnologias para a Transformação Digital da CS	B
	Análise qualitativa dos resultados sobre as tecnologias digitais		B
Etapa 2	Alfa de Krippendorff dos resultados da empresa focal – processos da CS	Impactos das Tecnologias da Transformação Digital nos Processos da Cadeia de Suprimento	C
	Análise qualitativa da utilização das tecnologias digitais nos processos da CS		C
Etapa 3	Análise qualitativa do impacto da utilização das tecnologias digitais nas <i>capabilities</i> da CS	Impactos das Tecnologias nas <i>Capabilities</i> da Cadeia de Suprimento	D
Etapa 4	Análise quantitativa dos critérios competitivos em relação à concorrência e importância dada pelos clientes	Percepção dos entrevistados sobre os critérios competitivos	E
	Análise de conteúdo da repercussão das tecnologias nos critérios competitivos na empresa focal	Repercussões nos Critérios Competitivos dos Impactos nos processos da Transformação Digital da Cadeia de Suprimento	Todos os roteiros

Fonte: Elaborado pela autora

Etapa 1: Conforme Quadro 17, as perguntas fechadas sobre estágio de adoção e nível de investimento, foram analisadas utilizando o índice de concordância

Fleiss'Kappa. O teste de concordância Kappa (K), foi proposto por Jacob Cohen em 1960, com a finalidade de medir o grau de concordância entre proporções derivadas de amostras dependentes. A análise refere-se à capacidade de aferir resultados idênticos (mesma unidade de medida) aplicados ao mesmo sujeito/fenômeno, quer por instrumentos diferentes, pelo mesmo instrumento em tempos diferentes, por avaliadores diferentes, ou por alguma combinação dessas situações. (MIOT, 2016). Fleiss'Kappa é uma proposta do cálculo do Kappa para o caso em que há mais de dois examinadores. (FLEISS, 1971). O Quadro 18 apresenta como a análise das tecnologias digitais utilizadas na empresa focal foi realizada.

Quadro 18 - Análise Fleiss'Kappa da tecnologia digital utilizada na empresa focal

Tecnologias Digitais	Caso n				Concordância
	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3	Entrevistado n	
Tecnologia Habilitadora					
Big Data Analytics					
Internet of Things (IoT)					
Cloud Computing					
Tecnologia Integradora					
Machine Learning/AI					
Simulation					
Cyber-physical systems					
Blockchain					
Tecnologia de Aplicação					
Manufatura aditiva					
Drone/Veículos autoguiados					
Robôs avançados e colaborativos					

Fonte: Elaborado pela autora

Etapa 2: A análise de Alpha de Krippendorff das questões fechadas sobre o processo de CS na empresa, visou identificar a concordância entre os respondentes sobre o impacto da implementação de tecnologia digital nos processos da CS (Quadro 19). A vantagem do alfa de Krippendorff é que este pode ser utilizado para qualquer métrica (nominal, ordinal, intervalo, proporção e dentre outros) e principalmente, a utilização quando há dados estão incompletos ou ausentes. (KRIPPENDORFF, 2011, p. 1). Assim, como somente o responsável pela CS respondia por todos os processos a utilização do Alpha de Krippendorff fez-se necessária.

Quadro 19 - Análise Alpha de Krippendorff ( $\alpha$ )

Processo	Alpha de Krippendorff ( $\alpha$ )
Planejamento	
Aquisição	
Transformação (Produção/Serviço)	
Entrega	
Devolução	

Fonte: Elaborado pela autora

Para análise de Fleiss'Kappa, propõe a classificação do resultado conforme Landis e Koch (1977). A classificação dos índices é apresentada no Quadro 20.

Quadro 20 - Classificação dos índices Fleiss'Kappa

Índice	Classificação	Legenda
$K < 0$	Insignificante	IN
$0,01 < K < 0,20$	Leve concordância	LC
$0,21 < K < 0,40$	Concordância razoável	CR
$0,41 < K < 0,60$	Concordância moderada	CM
$0,61 < K < 0,80$	Concordância Considerável	CC
$0,81 < K < 1$	Alta concordância	AC

Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977)

Para o Alpha de Krippendorff considera-se valores acima de 0,800 como índice de concordância confiável. Valores entre 0,667 e 0,800 são aceitáveis para conclusões preliminares. O Quadro 21 apresenta os índices para Alpha de Krippendorff e legenda.

Quadro 21 - Classificação do Alpha de Krippendorff

Índice	Classificação	Legenda
$\alpha < 0,667$	Insignificante	IN
$0,667 < \alpha < 0,800$	Concordância aceitável	CA
$0,800 < \alpha$	Alta concordância	AC

Fonte: Adaptado de Krippendorff (2004)

Etapa 3: O *corpus* para análise de conteúdo foi composto da transcrição dos resultados de entrevista de questões abertas, dos memorandos criados e documentos coletados. A análise de conteúdo pode ser descrita como:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das

mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens. (BARDIN, 2011, p. 48).

Foi realizada uma análise de conteúdo clássica, com quadro categorial, privilegiando a ocorrência dos temas. (BARDIN, 2011). A análise categorial levou em consideração os termos definidos *a priori*. Os termos foram dispostos como *capabilities* e relacionados aos processos da CS que são atingidos com a utilização de tecnologias digitais na CS. Assim, caso as tecnologias digitais observadas proporcionassem condições para as *capabilities*, estas foram correlacionadas. O Quadro 22 apresenta as *capabilities* e os critérios que as habilitam.

Quadro 22 - Critérios para a existência da *capability*

<i>Capability</i>	Condição proporcionada pela tecnologia que gera a <i>capability</i>
Robustez	CS permanece eficaz e sustentável mesmo quando ocorrem rupturas internas/ externas.
	Evita ou minimiza a ocorrência de riscos permitindo se antecipar e preparar para eles.
	Permite absorver um nível significativo de impactos negativos de riscos recorrentes.
	Proporciona tempo suficiente para considerar reações mais efetivas.
Resiliência	Permite se adaptar às situações disruptivas, reestruturando rapidamente os processos da CS
	Permite responder prontamente e adequadamente a interrupções da CS
	Permite recuperar rapidamente o nível de desempenho anterior ou um nível mais desejável
	Permite reduzir a extensão dos impactos negativos por meio de respostas rápidas.

Fonte: Elaborado pela autora

As *capabilities* foram apresentadas correlacionadas com a tecnologia digital e o processo da CS. As condições foram apresentadas nas análises. O Quadro 23 é o demonstrativo de como as *capabilities* foram apresentadas.

Quadro 23 - Apresentação das *capabilities*

Classe da tecnologia	Tecnologia	Estágio	Planejamento		Aquisição		Produção		Entrega	
			Robustez	Resiliência	Robustez	Resiliência	Robustez	Resiliência	Robustez	Resiliência
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pela autora

Etapa 4: Os critérios competitivos foram desdobrados em fatores competitivos para análise de conteúdo. Os fatores competitivos definidos *a priori* são apresentados no Quadro 24. Este quadro é utilizado somente para a análise das entrevistas e, devido a quantidade de tecnologias digitais por caso analisado, não é viável inseri-lo neste formato na análise.

Quadro 24 - Categorias de análise da repercussão nos fatores competitivos

Critério competitivo	Fator competitivo	Tecnologia n	
		Real	Esperado
Custo	Custo unitário de mão-de-obra		
	Custo unitário total do produto		
	Custo unitário de matéria-prima		
Entrega	Velocidade de entrega		
	Confiabilidade de entrega		
	Resposta a mudanças nas datas de entrega		
Qualidade	Desempenho do produto		
	Conformidade do produto com as especificações do cliente		
	Serviço de pré-venda e serviço pós-venda		
Flexibilidade	Flexibilidade do volume de produção		
	Flexibilidade da variedade de produção		
	Novos produtos introduzidos anualmente		
	Prazo de entrega para introduzir novos produtos		
	Prazo de execução para implementar novos processos ou alterar os existentes		
Sustentabilidade	Acidentes com afastamento		
	Consumo de recursos escassos		
	Descarga de materiais perigosos		

Fonte: Elaborado pela autora

A partir das entrevistas emergiram fatores competitivos não previstos inicialmente, assim foram considerados na análise de conteúdo *a posteriori*. Desta forma são analisados e apresentados no resultado final juntamente ao critério competitivo que estão relacionados.

As entrevistas foram analisadas (Análise de Conteúdo) com auxílio do Software ATLAS.ti versão 8.4.4. As análises foram realizadas do ponto de vista da repercussão das tecnologias digitais nos fatores competitivos relacionando-os aos processos da CS. A repercussão das tecnologias (real e esperado) nos fatores competitivos (previstos e não previstos), assim como o processo que impactam foram apresentados conforme o Quadro 25.

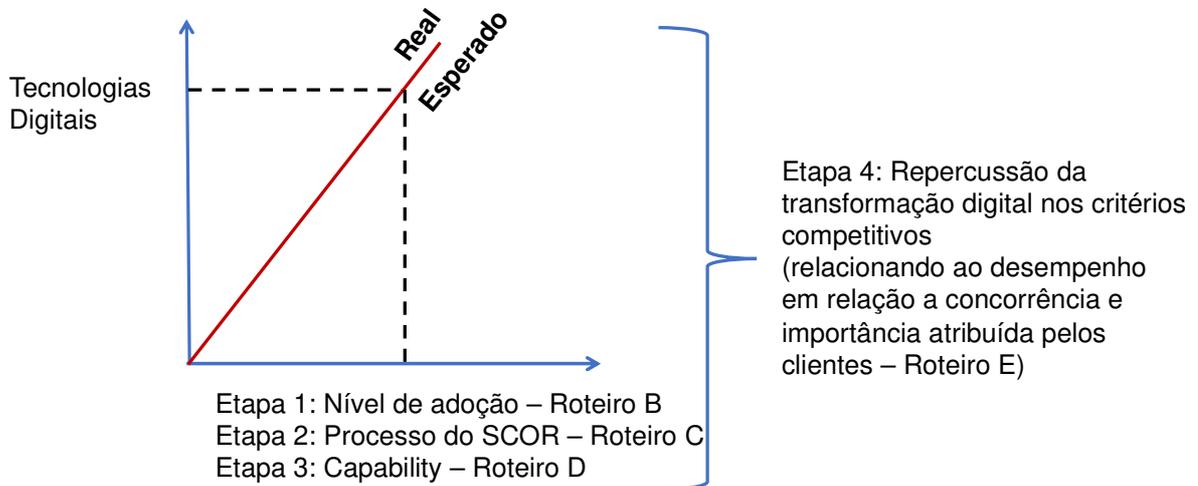
Quadro 25 - Apresentação da repercussão das tecnologias no fatores competitivos

Classe da tecnologia	Tecnologia	Processo CS impactado	Real	Esperado	Não previsto	
					Real	Esperado
-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pela autora

Cabe esclarecer que a análise da repercussão nos critérios competitivos foi realizada com base na percepção que os entrevistados apresentaram ao longo das entrevistas, não estando restrita a um roteiro no protocolo. A Figura 9 apresenta a síntese da análise dos resultados realizada para cada caso.

Figura 9 – Esquema da análise dos resultados



Fonte: Elaborado pela autora

Após estas etapas, a análise comparativa entre os casos foi realizada. Esta não se limitou a comparação dos roteiros de entrevista. Assim, as evidências dos casos foram analisadas comparativamente quanto a convergência, divergência ou complementariedade.

Por fim, buscou avaliar as repercussões das tecnologias convergentes, apresentando esta análise em relação aos critérios competitivo e ao período de tempo de ocorrência destes. O Quadro 26 apresenta o demonstrativo de como será a consolidação das ocorrências na análise comparativa de tecnologias convergentes.

Quadro 26 - Síntese das tecnologias convergentes

Classe	Tecnologia	Caso n										Caso x													
		Estágio	Real					Esperado					Estágio	Real					Esperado						
			Custo	Entrega	Qualidade	Flexibilidade	Sustentabilidade	Custo	Entrega	Qualidade	Flexibilidade	Sustentabilidade		Custo	Entrega	Qualidade	Flexibilidade	Sustentabilidade							
Classe	Tecnologia convergente	nE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	xE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Legenda:	<b>C</b>	Converge totalmente		<b>CD</b>	Converge no critério, porém diverge no período										<b>D</b>	Diverge totalmente									

Fonte: Elaborado pela autora

A seguir, serão apresentadas as análises dos casos, assim como o resultado da comparação entre estes.

## **4 ANÁLISE DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL**

Neste capítulo serão apresentadas as descrições dos Casos A e B. A partir dessa descrição serão realizadas as análises que expõem a transformação digital em ambas as empresas. Por fim, foram analisados comparativamente os casos buscando contrastar e evidenciar convergências, divergências, complementariedades e inferir possíveis explicações.

### **4.1 Análise na empresa A**

Para compreensão das análises subsequentes o termo corporação se refere às políticas globais que devem ser adotadas a todas as empresas/plantas que a compõe. Por sua vez o termo empresa refere-se à organização em que o estudo de caso foi realizado. O termo planta diferencia a empresa de outras unidades produtivas localizadas no Brasil ou sob responsabilidade da corporação.

A corporação possui instalações em mais de 30 países e conta com aproximadamente 55 mil colaboradores. Atualmente um grupo de investimento administra a corporação.

A corporação fornece sistemas, estruturas, componentes e serviços. As divisões são estruturadas em: operações aeroespaciais, sistemas e soluções de transmissão automotiva, pó metálico e sinterizado, produtos e serviços para os mercados agrícola, de construção, de mineração e de veículos utilitários e soluções integradas de geração e transmissão de força.

A divisão de transmissão, objeto deste estudo, é líder mundial no fornecimento de sistemas e soluções de transmissão automotiva. Atende aos principais fabricantes de veículos no mundo, caracterizando-se, assim, como uma corporação global. Além disso, desenvolve, produz e fornece um amplo portfólio de produtos e sistemas de transmissão automotiva – variando de veículos de pequeno até grande porte. A corporação estima que metade dos carros produzidos mundialmente utiliza suas peças, componentes ou sistemas.

A empresa, fundada na década de 1940, situa-se na região metropolitana de Porto Alegre. Dispõe de um parque fabril de aproximadamente 300 mil metros quadrados, contando com 2,1 mil colaboradores. As plantas situadas no Rio Grande do Sul suprem cerca de 80% do mercado nacional de transmissão automotiva. Apesar

do contexto das vendas no Brasil declinarem devido a retração do mercado automotivo nacional, a empresa manteve-se estável com 35% de sua produção destinada para países como Argentina, Colômbia, Estados Unidos, Índia e México.

A corporação possui um *roadmap* global lançado em 2017, com cinco fases para a transformação digital e Indústria 4.0. O Roadmap I4.0 propõe prazos até 2024 para implementação de tecnologias digitais e evidencia a visão da corporação para a transformação digital. O Quadro 27 apresenta o Roadmap I4.0.

Quadro 27 - Roadmap I4.0

Fase	Fase 0	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
Ano	2017	2019	2020	2022	2024
Objetivo	Definir e planejar Estratégia	Compreender e responder Produtividade e qualidade	Predizer e agir Desempenho dos ativos	Descentralizar e adaptar Funções integradas	Sustentar e avançar Empresa digital
Iniciativas chave	Visão	MES ( <i>Manufacturing Execution System</i> )	EAM ( <i>Enterprise Asset Management</i> )	Produtos inteligentes	Gerenciamento de energia
	Infraestrutura TI (Tecnologia da Informação)	Rastreabilidade	Monitoramento das condições	Equipamentos flexíveis	Transformação das habilidades
	Dashboards em tempo real	Chão-de-fábrica sem papel	Acesso remoto	Supply Chain Inteligente	Segurança dos dados
	Requerimentos de equipamento	Qualidade digitalizada	Gerenciamento do tempo de vida do ferramental	Custos em tempo real	<i>Big Data Analytics</i>
	Ação	Automação inteligente	Simulação de processo	Corporação integrada	PLM ( <i>Product Lifecycle Management</i> )
		Sistemas de engenharia	Manufatura aditiva	Realidade aumentada	

Fonte: dados da pesquisa

As implementações das tecnologias do Roadmap I4.0 serão realizadas em todas as plantas da corporação, ainda que como um projeto piloto, sendo 2019 o prazo para finalização da Fase 1. De tal modo, durante a realização deste estudo, constatou-se que a empresa possui algumas das tecnologias digitais da Fase 1 implementadas como piloto e outras ainda não estabelecidas.

A complexidade da Cadeia de Suprimento (CS) está ligada ao produto fornecido, visto que é um item de segurança do produto final (automóveis). Assim, o processo de aquisição deve oferecer prazos de entrega confiáveis e assegurar a qualidade dos produtos. O processo produtivo é composto essencialmente por linhas de usinagem e montagem. Sendo os itens usinados utilizados posteriormente para a montagem dos produtos. Cabe destacar que a fabricação é *make-to-order*, com estoque de quatro dias de produtos acabados para absorver variações de entregas de fornecedores, problemas de produção e antecipações de clientes. O Quadro 28 apresenta a estrutura da CS, com a caracterização das vendas, produção e aquisição.

Quadro 28 – Estrutura da Cadeia de Suprimento do Caso A

Vendas	Clientes - 11 clientes/ 22 montadoras - 6 internacionais/ 16 nacionais - 5 clientes de kit's	Produtos - 300 itens para montadora - 4.500 <i>after-market</i>	Planejamento - <i>make-to-order</i> - 4 meses de demanda cliente e 20 meses de histórico
Produção	Produto - Conjunto com 25 itens /17 comprados/ 8 usinagem interna	Processo - 5 Unidades de produção/ 50 células produtivas	
Aquisição	Fornecedores - 224 fornecedores – 60 nacionais/160 internacionais	Entregas ~ 2.300 entregas mensais ~ 14 giros de estoque anuais	Itens - Cada item possui um fornecedor homologado - 3.000 itens no <i>Bill-of-material</i>

Fonte: Elaborado pela autora.

Devido à migração de fornecedores para China, Leste Europeu e Índia os patamares de giro de estoque elevados não são mais possíveis, aumentando a complexidade do processo de aquisição e os custos de estoque. Do mesmo modo, a empresa realiza, aproximadamente, 14 giros de estoque anuais.

Para a produção os itens são organizados segundo a classificação ABC, assim, os itens A são fabricados semanalmente, itens B, a cada 15 dias e, itens C, uma vez por mês. Essa classificação contribui para o adequado sequenciamento de setup,

buscando reduzir o tempo de equipamentos ociosos. Contudo, eventuais variações nos pedidos podem ser atendidas, visto que a empresa opera com quatro dias de antecipação.

Assim, devido à complexidade dos processos da CS, a empresa busca implementar tecnologias digitais que desenvolvam as condições de operação e reduzam as incertezas nos processos. A corporação compartilha esta visão ao criar o Roadmap I4.0. A próxima seção apresenta a elicitación e nível de adoção das tecnologias digitais no Caso A.

#### 4.1.1 Elicitación e Nível de adoção das Tecnologias para a Transformación Digital da CS no Caso A

Não existe uma convergência entre pesquisadores e profissionais de quais são as tecnologias digitais da I4.0. As tecnologias atribuídas à I4.0 nem sempre são as mesmas, gerando uma imprecisão conceitual. (KLINGENBERG; BORGES; ANTUNES, 2019). Inicialmente, a classificação das tecnologias digitais fornecidas por Gurría (2017) foi considerada, sendo esta composta pelas classes: Habilitadora, Integradora e de Aplicação.

Contudo, algumas tecnologias observadas e citadas pelos entrevistados não se enquadram na classificação de Gurría (2017), mas foram consideradas como tecnologias digitais por parte da empresa. Sendo assim, para melhor compreender o fenômeno da Transformación Digital na Cadeia de Suprimento no Caso A, propõe-se uma quarta classe de tecnologias. Essa quarta classe é denominada de Infraestrutura Digital.

A classe Infraestrutura Digital abrange as tecnologias digitais que podem evoluir em direção a I4.0. A classe Infraestrutura Digital foi subdividida em três subclasses: Tecnologia para Aquisição de Dados, Sistema de Informação e Micro Automação. As tecnologias para Aquisição de Dados coletam dados que serão analisados, em relatórios ou inseridos em Sistemas de Informação, para suportar a tomada de decisão. Os Sistemas de Informação: i) armazenam dados; ii) permitem o acesso à informação; iii) possibilitam a análise dos dados, o planejamento e a colaboração; iv) proporcionam a integração funcional na empresa e entre os elos da CS. (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2019). As Micro Automações utilizam-se de alguma tecnologia de Infraestrutura, sejam Sistemas de Informação ou tecnologias de

Aquisição de Dados, para auxiliar a execução de processos, criar funcionalidades ou garantir a segurança dos colaboradores.

As tecnologias digitais de realidade aumentada e de reconhecimento de imagem apontadas pelos entrevistados não estavam previstas no protocolo do estudo de caso. Visto que estas tecnologias possuem aplicação nos processos, são tangíveis e não dependem de outras tecnologias digitais de infraestrutura, adotar-se-á a realidade aumentada e o reconhecimento de imagem, juntamente com manufatura aditiva, drones/veículos autoguiados e robôs avançados e colaborativos, na classe de tecnologias de Aplicação proposta por Gurría (2017).

O Quadro 29 apresenta as tecnologias de Infraestrutura Digital do Caso A e as definições das subclasses. As tecnologias digitais que compõem a classe e as subclasses de tecnologia de Infraestrutura Digital não representam uma unidade imutável, variando conforme o caso analisado, mas devem se enquadrar nas definições propostas.

Quadro 29 – Tecnologias digitais da Classe de Infraestrutura Digital do Caso A

Subclasse	Definição	Tecnologia
Aquisição Dados	Tecnologias que coletam dados para análises em relatórios, sistemas de informação ou outras formas de visualização. Podem coletar dados “desde o projeto passando pela produção e entrega, até o ponto de consumo e, eventualmente, durante o uso” (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2019, p. 373), promovendo visibilidade à CS.	RFID ( <i>Radio Frequency Identification</i> )
		Tridimensional na máquina
		Rastreabilidade eletrônica de peças
		Rastreamento cargas
Sistema de Informação	São sistemas de gerenciamento apoiados por tecnologias da informação. (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2019).	MES
		ERP ( <i>Enterprise Resource Planning</i> )
		EDI ( <i>Electronic Data Interchange</i> )
		Portal de Fornecedores
Micro Automação	Utilizam-se de tecnologias de aquisição de dados ou sistemas de informação para gerar funcionalidades.	RPA ( <i>Robotic Process Automation</i> )
		Conexão Empilhadeira-cartão operador
		Acesso remoto a máquina

Fonte: Elaborado pela autora.

Logo, as tecnologias digitais adotadas na empresa serão apresentadas considerando a classe, seguindo a ordem: Habilitadoras, Integradoras, Aplicação e Infraestrutura Digital. Para a classe de Infraestrutura Digital, a apresentação das

tecnologias digitais ocorre pela subclasse a qual pertencem, e seguirá a seguinte ordem: Aquisição de Dados, Sistema de Informação e Micro Automação.

A tecnologia digital de Aplicação manufatura aditiva está implementada na empresa. A empresa possui uma impressora de polímeros na matrizaria que fabrica dispositivos de fixação para auxiliar a produção. Mesmo com esta utilização, o entrevistado considerou a utilização de manufatura aditiva em estudo, visto que a organização prevê a utilização para peças de reposição até 2020.

A empresa possui um cobot para a produção, definido e fornecido pela corporação, sendo este padronizado em todas as plantas. O cobot realiza a operação de abastecimento de material a ser processado no equipamento e remoção após a operação. Na análise do artefato físico realizada no cobot verificou-se cercamento mínimo da operação comparado com o robô convencional.

O robô colaborativo ou cobot, patenteado em 1999 por James Colgate e Michael Peshkin, possibilita a colaboração física direta com o operador. (COLGATE; PESHKIN, 1999). Robôs convencionais não colaboram com operadores, podendo o contato ser lesivo aos operadores. Além disso, um robô convencional é projetado para operar em alta velocidade e transportar objetos pesados, exigindo atuadores de grande porte. Erros de hardware e software podem fazer o robô sair do controle e atingir operadores. Deste modo, as operações que utilizam robôs são totalmente isoladas para evitar acidentes. Os cobots, por sua vez, utilizam elementos de transmissão variáveis e motores de direção de capacidade reduzida (COLGATE; PESHKIN, 1999), atenuando a necessidade de isolar a operação realizada.

Ainda como tecnologia de Aplicação, a empresa estuda a utilização de *Automated Guided Vehicles* (AGVs) para a logística interna. AGVs não são consideradas tecnologias digitais recentes, visto que desde a década de 1960 estão em uso na logística interna em organizações da Alemanha. (MAURER et al., 2016). AGVs utilizam rotas magnéticas, faixas, etc., para autoguiar a movimentação, não proporcionando flexibilidade de utilização. Ao abordar a tecnologia digital de AGV, o layout da planta foi mencionado como limitante, pois possivelmente a empresa projeta uma implementação baseada em rotas magnéticas e guias. Como alternativa, um entrevistado mencionou AGVs que operam como robôs, detectando a rota automaticamente.

A empresa estuda a tecnologia digital de realidade aumentada e suas possíveis aplicações. No trecho a seguir o estudo da tecnologia digital de realidade aumentada é apresentado:

*“a gente tem várias iniciativas, mas assim como visão de futuro, né? A gente tem uma reunião semanal que a gente faz, que a gente visualiza novas tecnologias. Enfim, que a gente pode aplicar, uma delas que a gente visualizou, é, por exemplo, o SmartGlass. Pegou uns benchmarks aí de fábricas no exterior que utilizam SmartGlass, para fazer picking de materiais sem precisar utilizar as mãos. O que é bastante importante, aqui a gente faz a entrega do material, tá com o material numa mão o coletor de dados na outra. Então se pudesse fazer isso através do Smartglass.” (Entrevistado 5).*

Em síntese, compreende-se que a empresa apresenta tecnologias de Aplicação em algum estágio. Sendo que, a manufatura aditiva está implementada na empresa e a corporação prevê ampliação do uso, o cobot é utilizado como piloto e executa a operação para a qual foi programado e, estudos são realizados para implementação de AGVs. Para a realidade aumentada os estudos são iniciais, necessitando de maior conhecimento da tecnologia para definir se a adoção será realizada.

Tecnologias digitais que realizam a aquisição de dados foram mencionadas pelos entrevistados. A rastreabilidade eletrônica de peças encontra-se em estágio piloto de implementação. O rastreamento de carga é uma tecnologia digital implementada. O RFID (*Radio Frequency Identification*) e a medição tridimensional na máquina são tecnologias digitais projetadas na empresa.

Desta forma, a rastreabilidade eletrônica de peças é uma tecnologia utilizada pela empresa para aquisição de dados. A peça recebe uma gravação 2D (bidimensional) na primeira operação de manufatura e posteriormente cada operação lê o código 2D e grava informações de produção, como data e hora, equipamento, operador, componentes montados, etc., em um banco de dados. No entanto, o código 2D gravado não transmite dados e não pode ser lido sem um leitor específico. A rastreabilidade eletrônica de peças foi caracterizada como IoT e reclassificada pois não transmite dados e não conecta a outros objetos, equipamentos ou rede. O Quadro 30 apresenta a característica que justifica a reclassificação como tecnologia de Infraestrutura Digital na subclasse de Aquisição de Dados.

Quadro 30 - Reclassificação da tecnologia de Rastreabilidade de Peça

Classificação dada pelo entrevistado	Característica que define como Rastreabilidade de peça	Reclassificação
Internet of Things (IoT)	"e que vai se encaixar como um IoT, é uma questão que a gente vai implementar para você acompanhar a peça por todo o processo, mas no fim das contas é um IoT. Você batizar a peça e vir usando IoT para fazer o acompanhamento desta peça." (Entrevistado 6)	Infraestrutura Digital (Aquisição de Dados)

Fonte: Elaborado pela autora.

Na rastreabilidade eletrônica da peça os dados gravados e disponíveis em formato digital auxiliam na busca por informações quando problemas de qualidade são apresentados pelos clientes. Atualmente, análises e tomadas de decisões não são realizadas a partir dos dados coletados.

Da mesma maneira, o rastreamento de carga também realiza a aquisição de dados. A tecnologia é implementada por meio de GPS (*Global Position System*), sendo gerenciada pelo operador logístico para alguns fornecedores regionais. Esta tecnologia auxilia na detecção de falhas de transporte, enviando e-mail automático para programador quando ocorrer atraso. Como o rastreamento fornece apenas dados de localização, não foi considerado um CPS, visto que um sistema ciber-físico deve ser capaz de "se comunicar, perceber seu ambiente, interpretar informações e agir no mundo físico." (JESCHKE *et al.*, 2017, p. 59). Dessa forma, o Quadro 31 apresenta a reclassificação da tecnologia para Infraestrutura Digital na subclasse de Aquisição de Dados.

Quadro 31 - Reclassificação da tecnologia de Rastreamento de carga

Classificação dada pelo entrevistado	Característica que define como Rastreamento na carga	Reclassificação
<i>Cyber-physical systems</i>	"com 7 fornecedores aqui da região e que daí por <b>rastreador</b> a gente tem esse monitoramento e vem e-mail automático, avisa se o caminhão tá atrasado para chegar no fornecedor, tem todo um roteiro pré-estabelecido" (Entrevistado 1, grifo nosso)	Infraestrutura Digital (Aquisição de dados)

Fonte: Elaborado pela autora.

A tecnologia digital de rastreamento de carga não interpreta as informações e não possui sensores para monitorar as condições do ambiente, fazer análises e tomar ações. Cabe também destacar que a tomada de ação de enviar e-mail em caso de atraso baseia-se em regras, ou seja, coleta no horário programado ou atrasada.

Igualmente, a tecnologia de RFID é estudada para realizar a coleta de dados. Existem divergências dos conceitos da literatura com a forma pela qual o entrevistado classificou a tecnologia de RFID. Segundo o entrevistado 4, o RFID pode ser a tecnologia de *Big Data Analytics* e *Internet of Things*. Ao analisar os conceitos, o RFID foi reclassificado com uma tecnologia de Infraestrutura Digital, visto que fará a aquisição de dados apenas para utilização futura. A característica que define esta reclassificação pode ser observada no Quadro 32.

Quadro 32 - Reclassificação da tecnologia de RFID

Classificação dada pelo entrevistado	Característica que define como RFID	Reclassificação
<i>Big Data Analytics</i> e <i>Internet of Things</i>	"utilizando para rotas. Então tu tem sensores em locais que ele vai, que horas, em que momento passou a rota para entregar aquele material, e se ele está no horário ou não tá". (Entrevistado 4)	Infraestrutura Digital (Aquisição de Dados)

Fonte: Elaborado pela autora.

O RFID irá gerar dados automaticamente, porém o volume, a velocidade e a variedade não caracterizam a tecnologia de *Big Data*. Ademais, a coleta não garante a análise e a transformação dos dados em informações para auxiliar a tomada de decisão e, assim, não alcança o conceito de *Big Data Analytics*. A proposta de coletar dados da logística interna com RFID não proporcionará benefícios, a menos que estes dados sejam transferidos para sistemas de informação e gerem fluxo de informação entre logística interna, produção e planejamento.

A tecnologia digital que permite a realização de medição tridimensional de peças diretamente na máquina está em estudo na organização e poderá coletar dados das medições realizadas. Foi citada como *Machine Learning* e Inteligência Artificial, porém a definição destas na literatura não abrange a utilização apresentada. Assim, no Quadro 33 a reclassificação como tecnologia de Infraestrutura, na subclasse de Aquisição de Dados é apresentada.

Quadro 33 - Reclassificação da tecnologia tridimensional

Classificação dada pelo entrevistado	Característica que define como tridimensional	Reclassificação
Machine Learning/AI	<i>“Principalmente a <b>questão de equipamentos para a gente utilizar como leituras tridimensionais das peças</b>, que, por exemplo, a gente evite hoje de tirar peças da produção e enviar para um laboratório dimensional, a gente tem práticas disso funcionando em outras plantas”.</i> (Entrevistado 2, grifo nosso)	Infraestrutura Digital (Aquisição de dados)

Fonte: Elaborado pela autora.

Os Sistemas de Informação observados no Caso A possuem nível de adoção distintos. As tecnologias digitais de ERP e EDI estão implementadas, o MES encontra-se em estágio piloto de implementação e o Portal de Fornecedores está sendo desenvolvido.

O ERP, com base Oracle, foi um desenvolvimento próprio da empresa. As alterações e desenvolvimentos são realizados internamente pelo departamento de tecnologia da informação. Foi mencionado durante as entrevistas como sendo a tecnologia de *Big Data Analytics* e Simulação. Contudo, o ERP utilizado não abrange os conceitos de *Big Data Analytics* e Simulação, sendo então reclassificado como tecnologia de Infraestrutura Digital na subclasse Sistemas de Informação. As características que definem as tecnologias citadas pelos entrevistados como ERP podem ser observadas no Quadro 34.

Quadro 34 - Reclassificação da tecnologia de ERP

Classificação dada pelo entrevistado	Característica que define como ERP	Reclassificação
<i>Big Data Analytics</i>	<i>“Analytics assim, da gente principalmente em gestão de inventário né, a gente hoje tem uma ferramenta de <b>simulação vinculada a ERP</b> e cenário de flutuação de mercado, mas seria ainda <b>muito braçal</b> no sentido, que não tá automatizado, ele pode ser melhor automatizado”.</i> (Entrevistado 1, grifo nosso).	Infraestrutura Digital (Sistema de Informação)
Simulação	<i>“[...] simulador de sequenciamento fino de produção [...] o MRP rodou eu criei ordem de produção, eu pego essas ordens pendentes da semana, e eu tenho um algoritmo que roda um sequenciamento fino, observando uma série de restrições”.</i> (Entrevistado 1).	

Fonte: Elaborado pela autora.

O ERP implementado apresenta características que dificultam extrair maiores benefícios. Os dados utilizados estão limitados aos da corporação e as análises para tomada de decisão são manuais. Essa afirmação é exemplificada no trecho a seguir:

*“[...] porque acho que hoje é muito manual, a parte de, tanto de... olhando demanda assim, tipo a curto prazo, [...] analisar alguma variação, alguma coisa que tá fora, do **que nós achamos que é um padrão**, e para frente é muito uma informação comercial, ah o comercial estipula que daqui a tantos meses a venda vai ser tal, **baseado em histórico do ano passado** [...] mas nada assim que uma tecnologia te ajude a ver”. (Entrevistado 4, grifo nosso).*

O ERP não integra com outros sistemas de informação implementados ou em fase piloto, ocasionando informações redundantes e falhas nos lançamentos de dados. O trecho a seguir ilustra essa afirmação:

*“[...] são iniciativas digitais isoladas, e aí **muito pouco se viu dessa parte de integração**, especialmente entre áreas, tá muito cada área puxa para facilitar o seu processo”. (entrevistado 6, grifo nosso).*

O MES por sua vez, foi uma definição da organização por meio do Roadmap I4.0. O sistema instalado foi definido por plantas na Europa. A definição do Roadmap I4.0 estabelecia a instalação do MES, ainda que como um projeto piloto, em todas as plantas da organização até 2019. Assim, o sistema não é plenamente implementado na empresa, operando como piloto em apenas uma linha produtiva. Evidenciam-se, ainda, problemas de execução e falta de assistência técnica do fornecedor do sistema de informação que dificultam a operação do piloto.

O MES foi mencionado durante as entrevistas, como aplicação de *Big Data Analytics*, IoT, Inteligência Artificial e *Cyber-Physical System* (CPS). O sistema de informação MES como está implementado não caracteriza as tecnologias digitais descritas, sendo reclassificado como tecnologia de Infraestrutura Digital na subclasse de Sistemas de Informação como pode ser visto no Quadro 35.

Quadro 35 - Reclassificação da tecnologia de MES

Classificação dada pelo entrevistado	Característica que define como MES	Reclassificação
<i>Big Data Analytics</i>	<i>“nós temos algumas células piloto hoje, [...] onde nós estamos fazendo <b>controle de dados reais na célula</b>, mas ainda tá muito ligado a indicadores da produção”. (Entrevistado 2, grifo nosso) “tem a <b>informação que a gente tira de máquina</b>, porém eu acho, eu <b>acho que ainda não é analisada e retornada</b>”</i>	Infraestrutura Digital (Sistema de Informação)

Classificação dada pelo entrevistado	Característica que define como MES	Reclassificação
	<b>como ações ainda</b> , ainda eu acho que é um processo de aprendizado para tirar o máximo daquelas informações e confiar naquelas informações". (Entrevistado 4, grifo nosso). "hoje eu mal tenho dado e não tenho confiança no dado que eu tô tirando, então fazer qualquer tipo de análise em cima é...". (Entrevistado 7)	
Internet of Things (IoT)	"nesta parte de internet das coisas [...] (suprimido sistema) foi pensado nisso, em colocar o vínculo de <b>ter os sensores da célula, buscando as liberações automáticas, com pulsos da própria liberação da célula</b> quando faz leitura das peças, gera as leituras que a gente tem hoje na televisão na célula, [...] nos temos apenas uma célula" (entrevistado 2, grifo nosso) "iot, bom eu diria que um 3, nos estamos com estudos, <b>temos um pilotinho implementado mas não está como iot, está só como...</b> [...] pensando como... <b>a gente tem hoje esse MES no caso, ele está monitorando as máquinas, [...]</b> eu não tenho nada remoto, de acesso" (Entrevistado 7, grifo nosso)	
Machine Learning/AI	"eu acho que machine learning é o mesmo caso do (suprimido sistema), ele tem sensores e se tá saindo fora da medida ele aprende com os próprios erros e se auto corrige, então entra tudo nesse projeto do (suprimido sistema) que é um projeto maior" (entrevistado 4) "essa questão de máquinas podem tomar decisões sem intervenções externas, eu acredito que deva ter alguma coisa mais específica na manufatura, principalmente nessas iniciativas de indústria 4.0" (entrevistado 5)	
Cyber-physical systems	"a gente pode dizer que a gente trabalha, aquisição de dados confiáveis através de sensores, ok, conversão de dados para informações relevantes é utilizáveis também... A: essa conversão ainda manual? E5: sim" (Entrevistado 5) "é um ciber físico, é captura de dados mais confiáveis [...] hoje ela tá capturando ciclo e..., tá em tempo de ciclo, basicamente, produção" (Entrevistado 6)	

Fonte: Elaborado pela autora

O MES captura dados de tempo de operação e quantidade de peças produzidas. As justificativas para o tempo que os equipamentos ficaram ociosos, (equipamento em manutenção, treinamento ou alimentação dos operadores, etc.) e peças rejeitadas são inseridos manualmente no sistema MES e não são integrados a outros sistemas. Os dados de peças produzidas e rejeitadas são apontados em papel e, posteriormente, registradas no sistema ERP. Informações confiáveis geradas no MES, como quantidade de peças produzidas, são inseridas no ERP. Como consequência, as informações ficam disponíveis no sistema ERP após horas/dias.

Assim, quanto mais tempo entre a geração de dados e a inserção no sistema, menos o ERP possibilita o controle da produção.

Desta forma, o planejamento da CS e o atendimento ao cliente ficam comprometidos, visto que os dados em tempo real não estão disponíveis para a tomada de decisão. E assim, são realizados com informações desatualizadas ou os responsáveis devem conferir *in loco*. Os trechos apresentados a seguir ilustram essa afirmação:

*“a supply chain a gente tem muita coisa no papel, em um papel de pão digamos, às vezes tem uma interrupção isso exige que uma pessoa vai lá, e consiga coletar todas as informações, de todo mundo e montar um cenário e tomar a decisão, então **não é a tecnologia digital que faz isso e realmente na conversa**”.* (Entrevistado 6, grifo nosso)  
*“hoje é tudo ordem de produção manual, o cara tem que ir lá no computador, lançar, [...] **as vezes alguém esquece ou atrasa alguma coisa**, o outro entra bem naquele meio, naquele instante intermediário, [...] só que faltou lançar uma ordem de 2 mil peças, e quando lança, fisicamente a peça já foi consumida”.* (Entrevistado 7, grifo nosso)

As possibilidades de geração de dados no MES não estão claras para os entrevistados. A utilização não captura dados de processo. Sobre isso, um dos entrevistados entende que o sistema MES é capaz de capturar vibrações do equipamento, enquanto outro entrevistado considera que são apenas dados de produção, conforme trechos a seguir:

*“nós estamos enxergando liberação, **vibração automática**, o output da célula, quanto ela tá fazendo por hora, quanto ela tá eficiente, número de operadores que ela tá usando, quanto isto tá dando de produtividade, com base produção gerada versus operadores empregados, essa parte nos estamos usando hoje, [...] mas ainda tem um vínculo muito forte, tá olhando hoje diretamente nas células os indicadores operacionais.”* (Entrevistado 2, grifo nosso).  
*“tempo de ciclo, é isso aí, **tempo de ciclo, peças produzidas, sucata, bem indicadores de OEE digamos assim**.”* (Entrevistado 6, grifo nosso).

Para esclarecer sobre a possibilidade de o MES capturar dados de operação e especificamente sobre vibração, o entrevistado 7 foi questionado e respondeu: *“não, ou até mesmo acessar o CNC da máquina para fazer um ajuste, isso nós não temos ainda”*. Assim sendo, fica evidenciado que o MES não captura dados de processo.

Desta forma, os dados do MES não são confiáveis, pois assim como a justificativa da ociosidade do equipamento, outros dados são inseridos manualmente no sistema. Além disso, não permite a análise do processo com parâmetros de vibração, temperatura, esforço de eixo, etc., o que poderia contribuir para o gerenciamento do funcionamento dos equipamentos à distância, bem como para

tomada de decisão preditiva de manutenção e qualidade. Os equipamentos não podem ser acessados remotamente para ajuste do processo. Durante a análise do artefato físico verificou-se que dos seis equipamentos que compõem a célula, quatro estavam inoperantes e o sistema de informação MES desatualizado, sem a justificativa do operador.

Problemas de implementação e integração do MES dificultam a percepção de ganho. Os entrevistados ligados à área de transformação (produção) não relacionam ganhos à implementação, conforme verificado nos trechos a seguir:

*“a gente não tem ganhos ainda, porque a gente deixou de utilizar estes sistemas. A gente fez os pilotos e não utilizou o ganho. A gente só implantou e não foi atrás do uso. Tipo comprar um carro e guardar na garagem”.* (Entrevistado 6).

*“hoje o que que acontece, hoje nós estamos com um sistema aqui que não funciona direito, [...] não trouxe o resultado da maneira que foi feito, o comprometimento das áreas acaba sendo o mínimo, porque o sistema também não colabora. Então fica aquela coisa: não usa porque é ruim ou é ruim porque não usa. Enfim, o que que gera o quê”.* (Entrevistado 7).

A integração do MES, tanto com outros sistemas de informação como o ERP, quanto com processos de manutenção, qualidade e gestão da produção pode proporcionar melhor desempenho para a produção. A captura de dados de processo por sensores e integração destes ao MES possibilitará, por exemplo, a análise preditiva do processo.

As Micro Automações aplicam as tecnologias de Aquisição de Dados ou Sistemas de Informação com o objetivo desenvolver funcionalidade que beneficie os processos da CS ou desenvolva a segurança dos colaboradores. Assim, o RPA (*Robotic Process Automation*) foi apresentado como uma aplicação de Inteligência Artificial, porém reclassificado como uma Micro Automação. O RPA envolve a automação de processos, associando etapas do processo com modelos de decisão ou regras de negócio com pouca ou nenhuma supervisão humana. As principais aplicações de RPA são os processos transacionais de alto volume, com fluxo definido e regras de negócio ou modelos de decisão claramente descritos. (APQC, 2018).

Na aplicação de RPA observada, a ação é baseada em regras estabelecidas e o sistema executa sem aprender ou conseguir lidar com situações distintas das programadas. Caso ocorra uma situação não prevista, o RPA não realiza a ação, parando e sinalizando o erro encontrando. Portanto, a tecnologia digital apresentada como Inteligência Artificial foi reclassificada como RPA e o trecho da entrevista que apoia esta definição pode ser visto no Quadro 36.

Quadro 36 - Reclassificação da tecnologia de RPA

Classificação dada pelo entrevistado	Característica que define como RPA	Reclassificação
Machine Learning / Inteligência Artificial	<i>“Inteligência artificial em algumas <b>tomadas de decisão de exceções</b>, no ciclo de planejamento e controle da cadeia de suprimentos. Então de tentar fazer com que o próprio sistema, o próprio ERP, identifique as exceções, classifique essas exceções e tenha uma primeira atuação”</i> . (entrevistado 1, grifo nosso). <i>“inteligência artificial no sentido de... a gente tem mapeado vários pontinhos dentro dos fluxos de informações, para gerar essa atuação automática do ERP, sem ter aquele primeiro approach de interferência humana”</i> . (entrevistado 1, grifo nosso).	Infraestrutura Digital (Micro automação)

Fonte: Elaborado pela autora.

Nesta aplicação, foi possível verificar que o RPA é desenvolvido utilizando o sistema de informação ERP. A utilização de Sistemas de Informação para gerar funcionalidades aos processos da CS é uma característica da Micro Automação.

Do mesmo modo, o acesso remoto aos equipamentos é estudado como uma Micro Automação. O objetivo desta tecnologia é permitir que ajustes sejam realizados remotamente por meio do sistema de CNC (Comando Numérico Computadorizado) existente na empresa. Assim, os responsáveis podem ajustar parâmetros e corrigir a operação sem se deslocar até o equipamento. O trecho a seguir relata esta utilização:

*“acesso remoto às máquinas tá começando a poder se construir algo no sentido que o DTI tem começado a fazer alguns estudos, para que nossa Engenharia, “ah tô com problema na configuração do EmA” então, ao invés do nosso pessoal ter que se deslocar até a máquina, do computador dele, ele abre o CNC na tela dele, já consegue fazer o acesso, mas aqui também ainda está bem embrionário”*.(Entrevistado 7).

Ainda como tecnologia digital de Infraestrutura, na subclasse de Micro Automação projeta-se a conexão da empilhadeira com o cartão do operador. O estudo prevê a utilização de sensores que emitam algum tipo de alerta, por exemplo vibração, objetivando impedir a colisão entre empilhadeiras e colaboradores em ambientes com circulação intensa destes.

Assim, pode-se evidenciar que a empresa, em algum nível, adota ou estuda a implementação das tecnologias de Aplicação e de tecnologias de Infraestrutura Digital. Apesar dos entrevistados citarem as tecnologias habilitadoras e integradoras, estas foram reclassificadas. O Quadro 37 apresenta o resumo das reclassificações realizadas.

Quadro 37 – Reclassificação das tecnologias digitais no Caso A

Tecnologia Citada pelos Entrevistados	Reclassificação Tecnologia
<i>Big Data Analytics</i>	MES
	ERP
IoT	MES
	Conexão Empilhadeira-Cartão operador
	ERP
	Rastreabilidade eletrônica peça
Inteligência Artificial	MES
	RPA
	Leitura tridimensional na máquina
Simulação	MES
	ERP
CPS	MES

Fonte: Elaborado pela autora.

Em vista disso, a ampla divergência entre os entrevistados sobre o estágio de implementação das tecnologias digitais na empresa decorre do grau de conhecimento dos conceitos das tecnologias digitais, que ainda é restrito. A incompreensão das tecnologias digitais gerou a necessidade de explanar sobre os conceitos para a maior parte dos entrevistados. Para este fim, uma síntese das tecnologias digitais definidas no protocolo de estudo de caso foi utilizada.

A reduzida concordância entre os entrevistados pode ser verificada por meio da análise do índice Fleiss'Kappa para o estágio de implementação de cada tecnologia digital na CS. O Quadro 38 apresenta o índice de Fleiss'Kappa para cada tecnologia digital.

Quadro 38 - Análise da concordância do estágio de implementação das tecnologias digitais na CS no Caso A – Roteiro B

Estágio da tecnologia		Desconhece a tecnologia.	Não há nenhum projeto/ estudo para implementação nos próximos 3 anos.	Estudos ou projetos para implementação sendo realizados.	Tecnologia implementada, porém, não utilizada plenamente conforme o projetado.	Tecnologia plenamente implementada conforme projetado e resultados observáveis na CS.	Fleiss' Kappa
Tecnologia Habilitadora	<i>Big Data Analytics</i>	-	4	1	2	-	0,17 (LC)
	<i>Internet of Things</i>	-	1	4	2	-	0,17 (LC)
	<i>Cloud Computing</i>	1	5	1	-	-	0,35 (CR)

Estágio da tecnologia		Desconhece a tecnologia.	Não há nenhum projeto/ estudo para implementação nos próximos 3 anos.	Estudos ou projetos para implementação sendo realizados.	Tecnologia implementada, porém, não utilizada plenamente conforme o projetado.	Tecnologia plenamente implementada conforme projetado e resultados observáveis na CS.	Fleiss' Kappa
Tecnologia Integradora	<i>Machine Learning/IA</i>	-	3	4	-	-	0,29 (CR)
	Simulação	-	4	3	-	-	0,29 (CR)
	<i>Cyber-physical Systems</i>	1	3	3	-	-	0,11 (LC)
	<i>Blockchain</i>	3	4	-	-	-	0,29 (CR)
Tecnologia de Aplicação	Manufatura aditiva	-	4	3	-	-	0,29 (CR)
	Drones/Veículos autoguiados	-	4	3	-	-	0,29 (CR)
	Robôs avançados e colaborativos	1	1	-	5	-	0,35 (CR)

(IN: Insignificante; LC: Leve concordância; CR: Concordância razoável; CM: Concordância moderada; CC: Concordância Considerável; AC: Alta concordância)

Fonte: Elaborado pela autora.

As tecnologias de *Big Data Analytics* e *Internet of Things*, ambas com dois entrevistados concordando com a implementação, foram reclassificadas e considerou-se que a empresa não as possui. Assim, mesmo que as tecnologias tenham sido citadas nas entrevistas, a reclassificação corrigiu essa percepção.

O MES, a rastreabilidade eletrônica de peças e o cobot, possuem um piloto implementado em funcionamento na empresa. Assim, os entrevistados têm dificuldade de responder, visto que a implementação ocorreu, porém não está presente em todos os processos. Essa perspectiva é apresentada no seguinte trecho: “é que ela não está implementada em toda a fábrica e aí a gente tem que fazer esse balanço [...], a gente tem pilotos”. (entrevistado 6).

Da mesma forma, o nível de concordância entre os entrevistados sobre o investimento em tecnologias digitais também é reduzido. O Quadro 39 apresenta a análise do índice de Fleiss'Kappa para o investimento em cada tecnologia digital.

Quadro 39 – Análise da concordância sobre o investimento nas tecnologias digitais no Caso A – Roteiro B

Investimento na tecnologia		Nenhum investimento.	Pesquisas e estudo inicial envolvendo alguns colaboradores.	Aquisição da tecnologia e implementação internamente na organização.	Implementação externa com toda a CS.	Fleiss' Kappa
Tecnologia Habilitadora	<i>Big Data Analytics</i>	4	1	2	-	0,11 (LC)
	<i>Internet of Things (IoT)</i>	1	2	4	-	0,11 (LC)
	<i>Cloud Computing</i>	5	2	-	-	0,37 (CR)
Tecnologia Integradora	<i>Machine Learning/IA</i>	3	2	1	1	-0,08 (IN)
	Simulação	3	3	1	-	-0,17 (IN)
	<i>Cyber-physical Systems</i>	4	1	2	-	-0,17 (IN)
	<i>Blockchain</i>	7	-	-	-	1 (AC)
Tecnologia de Aplicação	Manufatura aditiva	4	3	-	-	0,24 (CR)
	Drones/Veículos autoguiados	3	4	-	-	0,24 (CR)
	Robôs avançados e colaborativos	1	1	4	1	0,05 (LC)

(IN: Insignificante; LC: Leve concordância; CR: Concordância razoável; CM: Concordância moderada; CC: Concordância Considerável; AC: Alta concordância)

Fonte: Elaborado pela autora.

Os entrevistados desconhecem a tecnologia ou estudos de implantação de *Blockchain* pela empresa. Pode-se inferir que o desconhecimento da tecnologia digital de *Blockchain* está associado à fase experimental de aplicação na Cadeia de Suprimento e, “embora várias aplicações tenham sido iniciadas em diferentes setores, é aparente que a tecnologia *Blockchain* está distante da maturidade e da assimilação generalizada.” (AKYUZ; GURSOY, 2020, p. 172)

Apesar da tecnologia de *Big Data Analytics* ser considerada implementada por dois entrevistados e em estudo por um, o Roadmap I4.0 da organização prevê a tecnologia de *Big Data Analytics* em 2024. Divergindo dos entrevistados que apresentam *Big Data Analytics* com análises manuais, a literatura considera que o *Big Data Analytics* deve utilizar técnicas computacionais complexas para lidar com elevados volumes de dados que não poderiam ser processados utilizando aplicativos

de processamento tradicionais. (ARUNACHALAM; KUMAR; KAWALEK, 2018; ZHONG *et al.*, 2016).

Para a referida tecnologia de IoT, identificaram-se quatro tecnologias de Infraestrutura Digital (Quadro 37). Sustentando a reclassificação realizada, um dos entrevistados confirmou que a tecnologia a qual se referiu como IoT deve ser considerada um MES, visto que a tecnologia não permite remotamente ter visão de parâmetros de máquina ou sensores. A organização não menciona a utilização de IoT, porém no Roadmap I4.0 aponta objetos e máquinas inteligentes, além de manuseio inteligente de materiais em 2022. Dessa forma, na definição da literatura que considera que a tecnologia IoT proporciona objetos inteligentes capazes de processar informações e interagir com o ambiente e entre si (GIUSTO *et al.*, 2010), pode-se inferir que a organização está projetando a aplicação de IoT para 2022.

Ao responder sobre *Machine Learning* e inteligência artificial, os entrevistados atribuíram a existência da tecnologia à utilização do MES, porém o MES não toma decisões autônomas e não é capaz de autocorrigir a operação que realiza. A inteligência artificial requer que o sistema tome decisões sem intervenção externa, além de negociar com outras máquinas, tornando-se melhor em tarefas tipicamente executada por humanos com intervenção humana limitada ou nenhuma. (WANG, SHIYONG *et al.*, 2016; WIPO, 2019).

A simulação foi considerada, pois ao entender que o MES proporcionará elevado volume de dados, será possível realizar simulação do processo em tempo real. Porém, o MES é limitado na variedade de dados que captura, não tendo capacidade de capturar dados de processo. A organização prevê a utilização de simulação em 2020, objetivando a melhoria do processo, simulando o fluxo do produto e dos processos nas plantas. A literatura propõe uma simulação em que os dados gerados, criem uma cópia digital do processo em tempo real. (STRAKA *et al.*, 2018). Assim, nenhuma das utilizações propostas realiza uma cópia em tempo real do processo, não caracterizando a simulação anteriormente definida.

As tecnologias digitais de Aplicação apresentam uma concordância razoável sobre o estágio de implementação. São tecnologias digitais que podem ser visualizadas, possuem um equipamento físico, permitindo assim, um maior entendimento.

Entretanto, existe divergência entre os entrevistados na quantidade de cobots instalados (variando entre 1 e 5) e sobre a expansão da utilização da tecnologia. Outra

divergência é o quão colaborativo e avançado este robô pode ser considerado. Algumas razões que justificam esta discordância: i) a necessidade de isolamento parcial (associado a legislação do país); ii) redução da velocidade na aproximação do operador (não opera paralelamente com o operador); iii) não ajusta a operação (a peça deve estar corretamente posicionada). O conceito de robô avançado e colaborativo não é totalmente atingido com a definição de cobot, assim esta será a definição adotada para a tecnologia digital que a empresa possui.

Assim como para o cobot, o conceito de AGV não engloba todas as características de drones e veículo autoguiado, porém pode ser considerada como tecnologia digital de Aplicação. AGV será a definição adotada para a tecnologia digital que a empresa estuda.

O Quadro 40 apresenta uma síntese das tecnologias digitais observadas no Caso A e o nível de adoção de cada tecnologia. Algumas tecnologias digitais apresentam dois níveis de adoção, visto que pode haver diferenças entre níveis de adoção nos processos da CS ou entre a empresa e o planejado no Roadmap I4.0 da corporação.

Quadro 40 – Síntese das tecnologias digitais observadas no Caso A

Classificação	Tecnologia	Nível de adoção
Habilitadora	<i>Internet of Things</i>	Estudo ou projeto
	<i>Big Data Analytics</i>	Estudo ou projeto
Aplicação	Cobot	Piloto
	Manufatura aditiva	Implementado / estudo ou projeto
	AGV	Estudo ou projeto
	Realidade aumentada	Estudo ou projeto
	Reconhecimento de imagem	Estudo ou projeto
Infraestrutura Digital (Aquisição de dados)	RFID	Estudo ou projeto
	Tridimensional na máquina	Estudo ou projeto
	Rastreamento cargas	Implementado
	Rastreabilidade eletrônica de peças	Piloto
Infraestrutura Digital (Sistemas de informação)	MES	Piloto
	ERP	Implementado
	EDI	Implementado
	Portal Fornecedores	Desenvolvimento
Infraestrutura Digital (Micro automação)	RPA	Desenvolvimento / Estudo ou projeto
	Conexão Empilhadeira-cartão do operador	Estudo ou projeto
	Acesso remoto máquina	Estudo ou projeto

Fonte: Elaborado pela autora.

O nível de adoção das tecnologias depende da complexidade de instalação, do suporte técnico à implementação e da flexibilidade da corporação em permitir à empresa utilizar tecnologias digitais desenvolvidas localmente. Assim, mesmo sem um roteiro específico sobre as barreiras a implementação das tecnologias digitais, estas foram apresentadas pelos entrevistados. As principais barreiras à transformação digital identificadas no Caso A podem ser classificadas em seis categorias, sendo:

- i) **Forma de aplicação da tecnologia:** o fluxo de informação em papel e lançamento manual de dados geram erros ocasionando incerteza nas informações disponíveis nos sistemas de informação. As análises dos dados não são realizadas em tempo real, sendo o sistema considerado um coletor de dados. Não há integração entre os sistemas de informação. As decisões são baseadas no conhecimento dos envolvidos e não em uma tomada de decisão suportada por análises advindas de tecnologias digitais. A falta de integração e os erros em lançamentos de dados podem ser verificados no trecho a seguir:

*“a questão de lançamento da produção, lançar o saldo da produção é muito manual, isso, às vezes, pode dar erro, é diferente da máquina, tipo, dizer “aqui passou mil peças” tem que ter mil peças, é diferente de um operador dizer aqui tem mil peças, **ele pode contar errado, e pode ter contado uma bandeja a mais uma a menos, as vezes até pra dizer que produziu mais**”.* (Entrevistado 4, grifo nosso)

- ii) **Políticas da Corporação:** ao iniciar a transformação digital a corporação estabeleceu o Roadmap I4.0, definindo um padrão para as tecnologias a serem utilizadas em todas as plantas. Os padrões foram determinados conforme utilização prévia em plantas da Europa e Estados Unidos da América, tornando algumas tecnologias digitais impróprias para a empresa no Brasil. Os trechos a seguir apresentam essa barreira:

*“falando de MES, **se definiu uma... um fornecedor**, uma plataforma esse que você tem que usar, “implementem”, e isso gerou um ruído no... na cadeia como um todo terrível, porque primeiro: ninguém sabia quem era esses caras, como contatar eles, enfim a **implementação foi bem complicada**, hoje o que acontece, **hoje nós estamos com sistema aqui não funciona direito e não nos autorizam a usar outro**.”* (Entrevistado 7, grifo nosso).

*“eles definiram um modelo específico do leitor que eu tenho que usar para ler o código, só que **eles definiram o leitor para a realidade europeia**, esse leitor quando eu coloco aqui no Brasil custa 26 mil reais cada um, para cada duas células eu preciso de 49, ou seja, o que era para ser algo simples, eu preciso de três milhões para cada duas células”.* (Entrevistado 7, grifo nosso)

Ao projetar tecnologias digitais localmente, a empresa precisa considerar a segurança dos dados, visto que este critério é decisivo para a corporação permitir as tecnologias. A segurança dos dados pode exigir que além dos dados armazenados digitalmente, as informações críticas também permaneçam armazenadas em papel.

- iii) **Contexto Econômico e Tributário:** a corporação não está permitindo novos investimentos, salvo os relacionados à segurança das pessoas. As tecnologias digitais definidas como padrão pela corporação tornam-se onerosas para a empresa. Tanto a importação da tecnologia digital quanto a de peças para manutenção tem elevado imposto, dificultando a plena utilização da tecnologia no país. Além disso, o reduzido custo de mão-de-obra no Brasil comparado à Europa e Estados Unidos da América, não impulsiona a utilização de tecnologias digitais que visem a substituição de mão-de-obra. Esta barreira pode ser verificada no segmento da entrevista a seguir:

*“a condição da Europa e até Estados Unidos também, ela é sempre bem diferente comparado a nossa realidade, porque eles têm uma mão-de-obra cara, comparado com a nossa, investimento é mais barato porque eles não têm pagar 60, 70% de imposto de importação sobre tudo o que definem, ou seja, então nos cálculos de payback sempre conseguem justificar muito melhor qualquer coisa lá do que aqui”. (Entrevistado 7)*

- iv) **Infraestrutura instalada:** a condição da planta e dos equipamentos pode impedir a implementação das tecnologias digitais. O layout da planta não foi projetado para ter tecnologias digitais implementadas, conforme o entrevistado *“complexidade do nosso layout [...] o nosso grande problema [...] vai ser o layout com qual a nossa fábrica tá, porque nós somos uma fábrica velha, esse prédio que nós estamos aqui tem 50 anos”. (Entrevistado 2).*

Parte dos equipamentos de manufatura é obsoleta e não comporta a implementação das tecnologias digitais projetadas pela corporação. Segundo o entrevistado 2: *“os requerimentos de máquinas, a gente constatou que tem máquinas que não tem o que fazer, com o tipo de equipamento que tem, porque é muito antigo, obsoleto, não compensa o investimento.”*

- v) **Retorno de investimento:** é um desafio calcular o retorno do investimento em tecnologias digitais. Dificultando, desta forma, a estruturação de justificativas para os investimentos em tecnologias, visto que a corporação exige *payback* de menos de dois anos. Os trechos a seguir ilustram essa afirmação.

*"[...] ninguém consegue dizer o ganho real que teve [...] agora continua tendo que ter a total interferência de alguém [...] o staff que tem hoje continua o mesmo [...] eu não consigo dizer que isso vai me reduzir por exemplo uma pessoa no meu processo". (Entrevistado 2, grifo nosso).*

*"Ter dados reais é importante, mas tu não consegues converter isso para resultado [...] essa célula, se ela tinha 5 pessoas ela continua tendo 5." (Entrevistado 2).*

*"[...] tu justificar o retorno, o payback em dois anos. [...] às vezes, a empresa tá pedindo, "ah eu quero ter um retorno em dois anos", é difícil justificar tudo isso financeiramente". (Entrevistado 4).*

*"[...] o investimento em tecnologia a gente sempre fez baseado em justificativa de plano estratégico, e nunca de retorno mesmo diretamente. Era estratégia individual e agora e retorno e a gente não sabe medir. Então a gente não mede." (Entrevistado 6).*

- vi) **Legislação:** a legislação do país não abrange tecnologias digitais recentes. Consequentemente, a empresa precisa utilizar a tecnologia digital diferentemente do projetado. Essa barreira é verificada no seguinte trecho:

*"[...] continua tendo que ter áreas isoladas, continua com os mesmos riscos de segurança de ter um equipamento, de ter um robô normal com um custo muito mais baixo [...] não mesmo nível de cercamento, mas igual ele tem todas as questões que nós tivemos que ter de áreas isoladas". (Entrevistado 2).*

Devido a estas barreiras, a implementação das tecnologias digitais, como o MES, por exemplo, não evolui ou a ampliação da utilização, como no caso do cobot, não é considerada, dificultando, assim, a transformação digital na empresa. Na próxima seção, apresentam-se os impactos das tecnologias digitais nos processos da CS.

#### 4.1.2 Impactos das Tecnologias da Transformação Digital nos Processos da Cadeia de Suprimento no Caso A

As tecnologias digitais no Caso A têm foco no processo de transformação (produção). A associação das tecnologias digitais com o processo de transformação (produção) ocorre porque as tecnologias digitais encontram-se no processo produtivo. O Quadro 41 apresenta os processos da CS e o estágio de cada tecnologia digital na empresa.

Quadro 41 - Tecnologias por processos da CS no Caso A

Processo	Classificação (Subclasse)	Tecnologia	Estágio da Tecnologia	Tecnologia processo
Todos os processos da CS	Habilitadora	<i>Internet of Things</i>	EP	2
		<i>Big Data Analytics</i>	EP	
Transformação (Produção)	Aplicação	Cobot	P	12
		Manufatura aditiva	I/EP	
		AGV	EP	
		Realidade aumentada	EP	
		Reconhecimento de imagem	EP	
	Infraestrutura Digital (Aquisição de dados)	RFID	EP	
		Tridimensional na máquina	EP	
		Rastreabilidade eletrônica de peças	P	
	Infraestrutura Digital (Sistemas de informação)	MES	P	
		ERP	I	
Infraestrutura Digital (Micro automação)	RPA	EP		
	Acesso remoto máquina	EP		
Planejamento	Infraestrutura Digital (Aquisição de dados)	RFID	EP	5
		Rastreamento cargas	I	
	Infraestrutura Digital (Sistemas de informação)	ERP	I	
		MES	P	
	Infraestrutura Digital (Micro automação)	RPA	D	
Aquisição	Aplicação	Realidade aumentada	EP	6
	Infraestrutura Digital (Aquisição de dados)	Rastreamento cargas	I	
		Infraestrutura Digital (Sistemas de informação)	Portal Fornecedores	
	EDI		I	
	Infraestrutura Digital (Micro automação)	RPA	D	
		Conexão Empilhadeira-cartão do operador		
Entrega	Aplicação	Realidade aumentada	EP	6
	Infraestrutura Digital (Aquisição de dados)	Rastreamento cargas	I	
		RFID	EP	
	Infraestrutura Digital (Sistemas de informação)	ERP	I	
		EDI	I	
	Infraestrutura Digital (Micro automação)	Conexão Empilhadeira-cartão do operador	EP	

(Estágio - EP: Estudo ou Projeto; P: Piloto; D: Desenvolvimento; I: Implementado)

Fonte: Elaborado pela autora.

A Fase 1 do Roadmap I4.0, elaborado pela corporação, focaliza a produtividade e a qualidade. Ações voltadas à conexão de equipamentos, redução da coleta manual de dados, aumento da flexibilidade e automatização do fluxo de informação relacionam-se com processo de transformação (produção) na CS. As tecnologias serão apresentadas conforme o processo a que estão relacionadas e, caso possuam emprego em mais de um processo, serão apresentadas uma única vez.

O cobot utilizado realiza uma operação de carga e descarga de peças dos equipamentos, tipicamente uma operação de transformação (produção). Contudo, estudos utilizam robôs avançados e colaborativos para gerenciamento e movimentação de estoque. (MERLINO; SPROGE, 2017).

Da mesma forma, a manufatura aditiva implementada na empresa e o projeto de utilização da corporação empregam a tecnologia no processo de transformação (produção). Igualmente, a rastreabilidade eletrônica de peças tem impacto na transformação (produção), visto que possibilita identificar lotes suspeitos com maior acuracidade e em menor tempo, reduzindo a quantidade de peças que necessitará ser inspecionada.

A logística interna controlada por RFID auxilia o planejamento da CS e a transformação (produção). A utilização de RFID nas matrizes melhora o gerenciamento da vida útil do ferramental de produção, auxiliando a transformação (produção). Espera-se ainda utilizar o RFID para controle das embalagens retornáveis auxilia o processo de entrega, visto que gerencia a devolução de embalagens dos clientes.

A expectativa com a aplicação da tecnologia de realidade aumentada é de que esta possa auxiliar a posicionar os estoques de matéria-prima no recebimento, separar produto para expedição e treinar colaboradores. Logo, a tecnologia digital de realidade aumentada é prevista para melhorar os processos de aquisição, entrega e transformação (produção).

O rastreamento de cargas auxilia tanto o processo de aquisição quanto a entrega na localização de matéria-prima e produto, respectivamente. A informação sobre a localização das cargas possibilita ao planejamento se reestruturar em caso de atraso na entrega de uma matéria-prima e fornecer informações precisas ao cliente da condição de entrega dos produtos.

A adoção de módulos distintos do ERP permite o impacto deste nos processos de transformação (produção), planejamento e entrega. Porém, pode-se evidenciar que o processo mais impactado pelo ERP é o planejamento.

Da mesma forma, o MES sendo um sistema de gerenciamento da manufatura tem sua aplicação principal na transformação (produção). Entretanto, a interface com o processo de planejamento da CS advém da necessidade de controlar a eficiência da célula evitando que em momentos de alta demanda a redução de eficiência prejudique as entregas.

EDIs são utilizados para a comunicação com fornecedores e clientes, tanto para o enviar quanto para receber pedidos. Desta forma, a tecnologia auxilia os processos de aquisição e entrega.

O Quadro 42 apresenta a resposta dos entrevistados para o impacto das tecnologias digitais nos processos da CS. A quantidade de respostas por processo da CS varia dado que, somente os entrevistados da CS respondem por todos os processos.

Quadro 42 – Impacto da implementação de tecnologias digitais nos processos da CS no Caso A

Processo da CS	As tecnologias são utilizadas para:	CP	C	D	DP	NPO
Planejamento	a) colaboração entre vendas, marketing, manufatura, logística e outras funções no planejamento estratégico/ tático de operações;	2	-	1	-	-
	b) desenvolver processo de planejamento de demanda;	2	-	1	-	-
	c) colaborar com clientes e fornecedores no planejamento da cadeia de suprimentos;	2	1	-	-	-
	d) analisar a variabilidade da demanda do produto;	1	-	2	-	-
	e) definir prioridades do cliente.	-	2	1	-	-
Aquisição	a) desenvolver processo de planejamento de compras;	-	1	-	-	-
	b) colaborar com fornecedores para desenvolver o planejamento de aquisição;	-	1	-	-	-
	c) promover relacionamentos de longo prazo com fornecedores estratégicos;	-	1	-	-	-
	d) promover a redução de fornecedores;	-	1	-	-	-
	e) desenvolver fornecedores estratégicos para todos os produtos/serviços.	-	-	-	-	1
Produção	a) colaboração entre vendas, marketing, manufatura, logística e outras funções no processo de planejamento operacional;	1	1	3	-	-
	b) integrar a programação de chão de fábrica com o processo geral de programação;	1	1	1	-	2

Processo da CS		CP	C	D	DP	NPO
	As tecnologias são utilizadas para:					
	c) acompanhar mudanças no planejamento por meio de um processo formal de aprovação de documentos	1	1	3	-	-
	d) operar processos de fabricação just-in-time;	2	-	3	-	-
	e) realizar programas de manutenção preventiva total.	2	-	2	-	1
Entrega	a) promover rastreamento de entrega;	-	2	-	-	-
	b) monitorar o desempenho de entrega;	1	-	-	-	1
	c) monitorar a precisão do inventário;	1	-	1	-	-
	d) promover o monitoramento da satisfação do cliente;	-	1	1	-	-
	e) acompanhar o status de entrega do pedido.	1	-	-	-	1
Devolução	a) promover a rastreabilidade da devolução;	-	1	-	-	-
	b) permitir a logística reversa;	1	-	-	-	-
	c) capturar dados do produto durante a vida útil (relacionado a sustentabilidade e ao correto descarte);	-	-	-	-	1
	d) permitir a remanufatura do produto.	-	-	1	-	-

(CP: Concordo Plenamente; C: Concordo; D: Discordo; DP: Discordo Plenamente; NPO: Não posso opinar)

Fonte: Elaborado pela autora.

Ao responder, alguns entrevistados consideraram as tecnologias do protocolo de estudo de caso, enquanto outros, as tecnologias de Infraestrutura Digital. Portanto, o impacto das tecnologias digitais nos processos avaliados, refere-se mais às tecnologias de infraestrutura digital, visto que foram consideradas por uma quantidade maior de entrevistados. Sobre o processo de planejamento, o entrevistado 6 afirma que não foram as tecnologias digitais elencadas no protocolo de estudo de caso que impactaram o planejamento, mas sim o fluxo digital, referindo-se ao ERP, conforme trecho a seguir:

*"[...] é na verdade esse é o tipo de coisa que a gente já tinha até, não foi, não foi uma alteração agora, tanto da parte de supply chain, programação, quanto da parte de Engenharia, de processo mesmo, cliente, aprovar processo, alterar processo internamente, isso a gente já tem todo um fluxo digital para isso, com níveis de aprovação já bem estabelecido anteriormente, não foram essas tecnologias".*

Ao responder sobre o planejamento, a principal tecnologia digital considerada foi o ERP. Para a aquisição e entrega, além do ERP, os entrevistados consideram o EDI e rastreamento de cargas. Para o processo de transformação (produção), as tecnologias digitais consideradas pelos entrevistados da manufatura foram o MES e a rastreabilidade de peças e, para os entrevistados do planejamento, o ERP.

Foi possível verificar que o MES implementado não proporciona as vantagens de fabricação *just-in-time* e manutenção preventiva total, conforme verificado no

trecho: “*é para isso que deveriam ser, não é para isso que são, [...] a gente não usa os sistemas que estão implantados aí, essa é a realidade.*” (Entrevistado 6). O Entrevistado 5 observa a utilização de tecnologias digitais de Infraestrutura para auxiliar a fabricação *just-in-time*, afirmando: “*são mais iniciativas internas em relação ao ERP*”, entretanto discorda ao responder sobre o impacto no processo pois estava considerando apenas as tecnologias digitais habilitadoras, integradoras e de aplicação. O Entrevistado 2 afirma que o *just-in-time* é auxiliado pela tecnologia de ERP: “*a nossa questão de Just-in-time, a gente precisa ter maior acuracidade, principalmente em estoque para que seja confiável. E aí esse controle via sistema auxilia sim*”.

A discordância entre os entrevistados para o processo de transformação (produção) é verificada nestes trechos. Assim, os impactos nos processos são considerados mais em termos de expectativa da ampliação do uso das tecnologias digitais em estágio piloto ou de implementação e da utilização do sistema de informação ERP.

O nível de concordância sobre o impacto das tecnologias digitais nos processos da CS (Quadro 43) explicita a falta de entendimento sobre o impacto das tecnologias digitais nos processos. Para os processos de aquisição e devolução, o Alpha de Krippendorff não foi calculado, visto que houve apenas um respondente em cada processo.

Quadro 43 – Índice de Concordância sobre Impacto das Tecnologias nos processos da CS do Caso A

Processo	Alpha de Krippendorff ( $\alpha$ )
Planejamento	-0,021 (IN)
Produção	-0,106 (IN)
Entrega	0,090 (IN)

(IN: Insignificante; CA: Concordância aceitável; AC: Alta concordância)

Fonte: Elaborado pela autora.

As visões contrárias entre os entrevistados da CS, que respondem sobre todos os processos e os entrevistados do processo de transformação (produção) originaram valores de Alpha de Krippendorff baixos e negativos, e com isso uma concordância insignificante (Quadro 42). A seção seguinte apresenta os impactos das tecnologias digitais nas *capabilities* dos processos da CS.

#### 4.1.3 Impactos das Tecnologias nas *Capabilities* da Cadeia de Suprimento no Caso A

O nível de concordância sobre as *capabilities* foi insignificante, com Alpha de Krippendorff negativo. Assim como nos processos, ao responder sobre as *capabilities* os entrevistados não fundamentavam as respostas nas tecnologias digitais ou respondiam com base nas tecnologias da classe de Infraestrutura Digital. Segundo o Entrevistado 5, com exceção da utilização da rastreabilidade eletrônica de peças, não há relação entre a *capabilities* de robustez e resiliência e as tecnologias digitais, visto que: “[...] a gente teve algumas crises aí no passado, questão de greve de caminhoneiros, enfim. E tudo a gente conseguiu contornar assim, não especificamente por causa de uma tecnologia digital, mas por conhecimento da cadeia, experiência”.

Assim, o Entrevistado 5 concorda com a existência das *capabilities* de robustez e resiliência. Porém, refere-se à experiência e ao conhecimento dos envolvidos nos processos da CS como determinantes desta. O Quadro 44 apresenta os resultados das entrevistas sobre as *capabilities* de robustez e resiliência.

Quadro 44 – Impacto das Tecnologia digitais nas Capabilities de robustez e resiliência no Caso A

Capability	Em que medida o uso de tecnologias digitais em sua rede de cadeia de suprimentos permite:	CP	C	D	DP	NPO
Robustez	a) Nossa CS permanece eficaz e sustentável mesmo quando ocorrem rupturas internas/ externas;	1	3	-	-	1
	b) Evitamos ou minimizamos a ocorrência de riscos nos antecipando e preparando para eles;	2	2	1	-	-
	c) Absorvemos um nível significativo de impactos negativos de riscos recorrentes;	2	3	-	-	-
	d) Temos tempo suficiente para considerar reações mais efetivas.	1	3	1	-	-
Resiliência	a) Nos adaptamos às situações disruptivas, reestruturando rapidamente os processos da CS;	2	2	1	-	-
	b) Respondemos prontamente e adequadamente a interrupções da CS;	1	3	1	-	-
	c) Recuperamos rapidamente o nível de desempenho anterior ou um nível mais desejável;	1	2	2	-	-
	d) Reduzimos a extensão dos impactos negativos por meio de respostas rápidas.	1	3	1	-	-

(CP: Concordo Plenamente; C: Concordo; D: Discordo; DP: Discordo Plenamente; NPO: Não posso opinar)

Fonte: Elaborado pela autora.

O entrevistado 6 atribui a existência da *capability* de resiliência à atuação dos envolvidos nos processos da CS. Todavia, tem a expectativa que esta seja aprimorada com a expansão do MES. O trecho a seguir evidencia a existência e a expectativa de melhoria na *capability* de resiliência:

*“Por exemplo assim, hoje em dia o que acontece, vou te dar um caso de interrupção: O fornecedor que atrasou e não pode te entregar material, [...] a gente consegue o nosso CS aqui fazer uma análise e responder rapidamente quanto a isso, só que geralmente o cara tem que descer, ir lá. E, muitas vezes, ir lá e conferir se o estoque é o que se espera. Tipo tu não tem dados confiáveis de WIP, então querendo ou não é IoT, CPS que começa te dar esses dados confiáveis sobre a tua fábrica, para você poder tomar a decisão rápida. Ah, mas a resposta é rápida! Sim, é relativamente rápida, só que o cara teve que ir lá, descer ver o negócio”.* (Entrevistado 6, grifo nosso)

O Quadro 45 apresenta o impacto das tecnologias digitais de infraestrutura nas *capabilities* de robustez e resiliência nos processos da CS. Os valores representam a frequência de associação da tecnologia digital com as *capabilities*.

Quadro 45 – Impacto das Tecnologias digitais nas *capabilities* e nos processos da CS no caso A

Classificação	Tecnologia	Estágio	Planejamento		Aquisição		Produção		Entrega	
			Robustez	Resiliência	Robustez	Resiliência	Robustez	Resiliência	Robustez	Resiliência
Infraestrutura Digital (Aquisição de Dados)	Rastreabilidade eletrônica de peça	P	-	-	-	-	1	-	-	-
	Rastreamento cargas	I	-	-	-	-	-	-	-	1
Infraestrutura Digital (Sistemas de Informação)	MES	P	-	-	-	-	4	2	-	-
	ERP	I	2	1	-	-	-	-	2	-
	EDI	I	-	-	1	-	-	-	-	-
	Portal de Fornecedores	D	-	-	1	-	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pela autora.

O Entrevistado 5 menciona a utilização da rastreabilidade eletrônica de peças para proporcionar robustez ao processo de transformação (produção), visto que esta possibilita tempo suficiente para uma reação mais efetiva, conforme: *“[...] porque se dá um problema você diminui o lote para revisar, [...] a informação está mais pronta”*

e *“tem a questão da informação que não se perde, e a gente consegue rastrear muito mais rápido [...]”*.

A tecnologia digital de rastreamento de carga possibilita resiliência ao processo de planejamento. Permite respostas rápidas a situações que iriam impactar o processo, conforme exemplo dado pelo entrevistado 4: *“será que vai chegar material? Eu olho, eu sei se está muito atrasado. Eu consigo agir com a produção. Eu vou mudar a programação até chegar o material, então se tem alguma coisa crítica, eu consigo rastrear e agir de outra forma”*.

Apesar do MES encontrar-se em estágio piloto, a *capability* de robustez foi observada, sendo que a tecnologia auxiliou a absorver impactos negativos de riscos recorrentes, segundo o Entrevistado 6, *“por mais que a gente tem usado pouco, [...] quando a gente utilizou o sistema, a gente conseguiu tirar ações sobre aquelas coisas que já impactaram a gente no passado.”* Os dados confiáveis e os históricos de produção proporcionados pelo MES criam a *capability* de robustez no processo de transformação (produção). A *capability* de resiliência será adquirida com a maior precisão nos dados de manutenção, fazendo o desempenho da célula retornar rapidamente após uma disrupção e que um problema *“[...] sendo corrigido mais rápido, o impacto na célula vai se dar de uma forma bem menor”*. (Entrevistado 2).

O ERP contribui nas *capabilities* de robustez e resiliência nos processos de planejamento e entrega. No processo de planejamento, a utilização *intercompany* do ERP permite a *capability* de robustez, conforme trecho a seguir:

*“[...] nós tivemos no mês passado incêndio de grandes proporções em fornecedor no interior da Alemanha, [...] o incêndio aconteceu na sexta-feira, [...] nós estávamos, na quarta-feira, repatriando produto daqui, [...] para suportar [...] a nossa planta irmã lá. É um gerenciamento totalmente integrado, em reuniões diárias pegando informações real-time de todos os ERPs, todas as plantas”*. (Entrevistado 1).

Porém, o ERP não contribui na *capability* de robustez caso a ruptura externa seja no cliente. Segundo o Entrevistado 1, com o cliente *“o máximo que a gente consegue é uma capacidade de reação, para replanejar toda a cadeia o mais rápido possível aderente com essa ruptura do cliente.”* Proporciona ainda a *capability* de resiliência ao planejamento, uma vez que *“hoje a tecnologia dá uma velocidade de detecção dos problemas, e de escalation muito mais rápido”* (Entrevistado 1), permitindo a empresa se adaptar rapidamente a situações disruptivas.

O EDI integra as informações com os fornecedores contribuindo com a robustez do processo de aquisição. Segundo o Entrevistado 1, a performance de entrega de fornecedor é de 98.8%, com “[...] quase três mil entregas, são 20 e poucos casos fora [...]”.

Do mesmo modo, com o desenvolvimento do Portal de Fornecedor a empresa espera ter maior controle da aquisição, visto que as informações dos fornecedores estarão disponíveis, proporcionando a *capability* de robustez ao processo. Conforme o entrevistado 5, “os fornecedores vão lá, vão fazer as programações de linha deles, através de lá, vão fazer impressão de etiquetas, enfim tudo isso através desse portal único”. (Entrevistado 5). A disponibilidade da informação de fornecedores melhorará a *capability* de robustez, visto que a empresa poderá se antecipar a disrupções nos fornecedores. Os Portais de Colaboração com Fornecedor (*Supplier Collaboration Portals* - SCPs) “são soluções bem-sucedidas para conectar com eficiência fornecedores, prestadores de serviços e clientes por meio de uma plataforma que suporta processos transparentes com fornecedores.” (IVANOV, D; TSIPOULANIDIS; SCHÖNBERGER, 2019, p. 21).

Assim, compreende-se que a empresa possui as *capabilities* de robustez e resiliência, porém estão relacionadas ao conhecimento e experiência dos envolvidos nos processos CS e às tecnologias de Infraestrutura Digital. A próxima seção apresenta a repercussão nos critérios competitivos dos impactos nos processos da transformação digital na CS no Caso A.

#### 4.1.4 Repercussões nos Critérios Competitivos dos Impactos nos processos da Transformação Digital da Cadeia de Suprimento no Caso A

Esta seção tem como objetivo analisar o critério competitivo real percebido pela adoção das tecnologias digitais ou daquelas em estágio piloto e desenvolvimento. Do mesmo modo, apresentar-se-á o critério competitivo esperado com a implementação das tecnologias estudadas ou projetadas e com as melhorias nas tecnologias digitais implementadas, nos pilotos e daquelas em desenvolvimento.

O desempenho competitivo da empresa em relação à concorrência e a importância que o cliente atribui aos critérios competitivos de custo, entrega, qualidade, flexibilidade e sustentabilidade foram respondidos pelo Entrevistado 1, visto que este possui visão ampla da CS. Assim, o Quadro 46 apresenta a resposta

do Entrevistado 1 para cada fator competitivo em relação à concorrência e a importância para o cliente.

Quadro 46 - Desempenho competitivo do Caso A

Fator competitivo	Em relação a concorrência (1 a 6)	Importância para cliente (1 a 9)	Critério competitivo
Custo unitário de mão-de-obra	-	-	Custo
Custo unitário total do produto	5	9	
Custo unitário de matéria-prima	-	-	
Velocidade de entrega	6	8	Desempenho Entrega
Confiabilidade de entrega	6	8	
Resposta a mudanças nas datas de entrega	-	6	
Desempenho do produto	6	7	Qualidade
Conformidade do produto com as especificações do cliente	6	8	
Serviço de pré-venda e serviço pós-venda	5	8	
Flexibilidade do volume de produção	4	6	Flexibilidade
Flexibilidade da variedade de produção	5	6	
Novos produtos introduzidos anualmente	5	7	
Prazo de entrega para introduzir novos produtos	5	8	
Prazo de execução para implementar novos processos ou alterar os existentes	5	6	
Acidentes com afastamento	6	4	Sustentabilidade
Consumo de recursos escassos	-	-	
Descarte de materiais perigosos	6	4	

Fonte: Elaborado pela autora.

Os fatores competitivos, que apresentam os menores desempenhos em relação à concorrência, pertencem ao critério competitivo de flexibilidade. Estes fatores também têm com importância reduzida para o cliente, sendo mais importante apenas que a sustentabilidade. Segundo o entrevistado 1, essa reduzida importância dada pelo cliente aos fatores competitivos de flexibilidade, pode estar relacionada ao planejamento da programação realizado com precisão pelo cliente e repassado para a empresa com antecedência de até quatro meses e reafirmado em EDIs diários ou semanais, dependendo do cliente. Assim, a necessidade de realizar mudanças no

programado, em termos de volume e variedade, é minimizada. O cliente não necessita variedade de produtos, e quando solicita um novo desenvolvimento, o prazo é reduzido. Sendo assim, a flexibilidade não deve ser o critério competitivo principal para a empresa.

O critério competitivo de custo é o mais valorizado pelos clientes e a empresa tem possibilidade de melhorar em relação à concorrência internacional. Perante a concorrência nacional, a empresa considera-se superior em custo, porém o mesmo desempenho não é atingido comparado aos produtos importados. O trecho a seguir ilustra a concorrência por custo:

*“eu percebo a nossa competitividade, em relação a custo muito boa, localmente, ainda assim a gente perde para concorrência asiática, apesar de imposto de importação, do custo de logística tudo, a gente vê que ainda sim chega produto aqui, da China, da Coreia mais competitivo aí, entra toda uma questão de custo Brasil”. (Entrevistado 1).*

Segundo os entrevistados, o custo é o critério competitivo mais relacionado com as tecnologias digitais, seguido pelos critérios de entrega e flexibilidade. A organização, na Fase 1 do Roadmap I4.0, empenha-se na busca de qualidade e produtividade. A sustentabilidade tem desempenho superior à concorrência, com operação sem acidentes, reuso de água e correto descarte de materiais perigosos. Todavia, para os clientes, esse critério competitivo não é relevante.

O Quadro 47 apresenta os fatores competitivos reais e esperados habilitados pelas tecnologias digitais. Evidenciam-se ainda fatores competitivos não previstos no protocolo de estudo de caso. Na análise das tecnologias digitais considerou-se importante incluir os fatores competitivos não previstos nos critérios competitivos existentes, devido ao impacto destes nos processos da CS.

Quadro 47 - Fator competitivo por tecnologia digital na CS no Caso A

Classe	Tecnologia	Processo impactado	Real	Esperado	Não previsto		
					Real	Esperado	
Aplicação	Manufatura aditiva	Transformação (produção)	Prazo de execução para implementar novos processos ou alterar os existentes	Prazo de entrega para introduzir novos produtos		Custo com estoque	
	Cobot	Transformação (produção)			Custo de instalação, Ergonomia		
	Reconhecimento de imagem	Transformação (produção)		Custo de mão-de-obra			
Infraestrutura Digital (Aquisição de dados)	RFID	Transformação (produção)				Custo com ferramental Custo de produção	
	Rastreabilidade eletrônica de peças	Transformação (produção)	Conformidade do produto com as especificações do cliente Confiabilidade de entrega		Custo relacionados a qualidade, Custo com frete especial/ para montadora		
	Rastreamento cargas	Planejamento				Custo de ociosidade do equipamento	
		Entrega		Confiabilidade da entrega			

Classe	Tecnologia	Processo impactado	Real	Esperado	Não previsto	
					Real	Esperado
Infraestrutura Digital (Sistemas de informação)	ERP	Planejamento	Resposta a mudanças nas datas de entrega	Confiabilidade da entrega	Custo de estoque	
		Transformação (produção)	Flexibilidade do volume de produção	Flexibilidade do volume e variedade de produção		
		Entrega	Confiabilidade da entrega			
	MES	Transformação (produção)	Flexibilidade do volume de produção	Custo unitário de mão-de-obra, Confiabilidade de entrega, Conformidade do produto com as especificações do cliente, Flexibilidade do volume de produção		Custo de estoque, Minimiza a utilização de papel, Custo com peça e material rejeitado
		Planejamento	Flexibilidade do volume de produção, Confiabilidade da entrega			
Infraestrutura Digital (Micro automação)	RPA	Planejamento	Custo de mão-de-obra			
		Transformação (produção)		Custo de mão-de-obra		
		Aquisição			Custo de in-bound, Custo do frete	
	Conexão empilhadeira-cartão operador	Aquisição/Entrega		Acidentes com afastamento		

Fonte: Elaborado pela autora.

As repercussões das tecnologias digitais nos fatores competitivos serão apresentadas seguindo a ordem de classes de tecnologia digital. Iniciar-se-á com os impactos reais nas tecnologias de Aplicação e posteriormente nas tecnologias de Infraestrutura Digital, na ordem das subclasses: Aquisição de Dados, Sistemas de Informação e Micro Automação. Após, na mesma ordem, serão expostas as expectativas de repercussões da ampliação da utilização das tecnologias implementadas e em estágio piloto, ou daquelas projetadas e em estudo.

Pode-se evidenciar que a Manufatura Aditiva minimiza o tempo para fabricação de ferramental, principalmente de dispositivos para fixação de peças, permitindo reduzir o prazo para introduzir novos processos ou alterar os existentes, permitindo flexibilidade ao processo de fabricação. Segundo o Entrevistado 7, a manufatura aditiva será utilizada *“[...] para algum ferramental de máquina, alguma coisa bem pontual, mas não assim em escala, [...] estão usando ali é uma para polímero.”*

A adoção de cobot minimiza a necessidade de isolar a área de atuação deste, reduzindo o custo de instalação, dado que *“tu não ter que construir com nossas normas de segurança, aquela casa de cerca [...]”*. (Entrevistado 7). A sustentabilidade advém da melhoria das condições de ergonomia da operação, uma vez que minimiza os esforços que poderiam ser lesivos aos colaboradores, devido ao peso da peça e à velocidade da operação. Se estes esforços persistem por um período elevado, podem tornar-se até mesmo um afastamento do trabalho por doença ocupacional. Os trechos a seguir apresentam estes impactos:

*“[...] foi **muito mais a questão de ergonomia**, porque a operação que ele está fazendo carga ali, principalmente, é uma célula que tem **peças pesadas**, e tu pega a peça da esteira e envolve o movimento de girar o pulso para carregar”*. (Entrevistado 7, grifo nosso).

*“[...] 3kg talvez tem, mas imagina tu passar 7 horas, a cada 15 segundos, para cada máquina, então a cada 7 segundos **o pulso realmente começa a sobrecarregar**, então ali, nesse ponto foi muito bom por causa disso daí [...]”*. (Entrevistado 7, grifo nosso)

A ergonomia e a redução de custos de instalação não eram fatores competitivos analisados previamente no protocolo de estudo de caso. Contudo, considera-se importante incluí-los aos fatores competitivos de sustentabilidade e custo, respectivamente.

A tecnologia digital de Infraestrutura, que possibilita a aquisição dos dados da produção permitindo a rastreabilidade eletrônica de peça, reduz os custos da qualidade, uma vez que as atividades de inspeção são minimizadas devido a melhor

identificação do lote a inspecionar. Desta forma, a tecnologia permite *"cercar todo teu processo [...] saber qual peça, qual o lote [...] cercar teu problema e agir de uma forma um pouco mais assertiva"*. (Entrevistado 5). A qualidade dos produtos entregues aumenta, visto que as operações são controladas, assim, *"melhora a qualidade, um potencial risco, numa reclamação de cliente tu consegues rastrear e diminuir a tua zona de ataque, a zona de dúvida das peças"* (Entrevistado 4), além disso *"é impossível hoje, o operador montar a peça errada no semieixo porque a rastreabilidade eletrônica barra isso. Então, tem uma questão de qualidade muito forte envolvida, de não montar componente errado"*. (Entrevistado 5). Ao minimizar o tempo de reação, os atrasos de entrega são evitados melhorando a confiabilidade da entrega. Atrasos de entrega podem tornar-se custo com frete especial ou parada da linha do cliente, resultando em multa. Os custos com frete especial e parada de linha de cliente não estavam previstos, porém são importantes pois, caso ocorram, geram elevada despesa para a empresa. Os trechos a seguir abordam estes custos:

*"é muito mais fácil a ação de revisar e também a atuação que não, afetar teu cliente, ou então não perder o embarque, porque vai ter que revisar 20 caixas. E não tem que mandar um frete especial para o cliente pelo teu custo"*. (Entrevistado 4).

Os custos relacionados a qualidade não estavam previamente no protocolo de estudo de caso, porém pode-se inferir que impactam o desempenho da empresa. A qualidade assegurada pela rastreabilidade eletrônica de peças pode evitar *recall* junto aos clientes. Com melhor assertividade para mapear os lotes suspeitos, as peças defeituosas são identificadas e retiradas de circulação antes mesmo de se transformarem em produtos entregues ao consumidor final. O entrevistado 4 expõe a necessidade da rastreabilidade eletrônica de peças visto que *"[...] um recall pode dar assim milhões, e tu não investiu 200 mil numa tecnologia para implementar [...]"*. Portanto, a rastreabilidade eletrônica de peças *"tem um foco da qualidade, tem o foco das lições aprendidas com os problemas de qualidade, que nós tivemos, do custo que é se eu tiver um recall com o cliente"*. (Entrevistado 2). Em síntese, pode-se concluir que a rastreabilidade eletrônica de peças tem impacto elevado na qualidade, visto que assegura que somente produtos em conformidade com as especificações do cliente sejam entregues, no custo, uma vez que minimiza os custos da qualidade (reduzindo a inspeção e os custos de recuperação de falhas externas) e na entrega, pois permite à empresa garantir os embarques planejados.

Os dados adquiridos pelo rastreamento de carga possibilitam ao planejamento se adaptar em caso de modificação nas entregas de matéria-prima previstas, repercutindo na produtividade, visto que permitindo o replanejamento, a empresa reduz o tempo de equipamento ocioso. O trecho a seguir apresenta a repercussão do rastreamento de cargas no planejamento:

*“eu vejo ganhos da acuracidade da informação, [...] é tu ter aquela confiança. Eu sei se está muito atrasado. Eu consigo agir com a produção. Eu vou mudar a programação até chegar o material, então se tem alguma coisa crítica, eu consigo rastrear e agir de outra forma. E não: Ah, não chegou! Ah, mas podia ter feito algo a mais e ter mudado o plano. Acho que dá essa oportunidade a mais de ir buscar informação e agir [...]”.* (Entrevistado 4).

A repercussão da utilização de rastreamento de carga no atendimento ao cliente provém da possibilidade que proporciona à empresa de informar o cliente breve e adequadamente a localização das entregas, proporcionando assim confiabilidade na entrega. Segundo o Entrevistado 4, *“passar a informação para o cliente, [...] tu abre o sistema e informa, manda um print [...] passa uma segurança e uma confiabilidade”.*

No que se refere as tecnologias de Infraestrutura Digital da subclasse de Sistema de Informação implementada (ERP) e em estágio piloto (MES) pode-se evidenciar que possuem impacto nos fatores competitivos. Assim, a utilização do ERP permite que os programadores detectem erros nas programações dos clientes, o que poderia *“[...] gerar uma ruptura de abastecimento para eles mesmo, então é bastante colaborativo [...]”* (Entrevistado 1), e o *“[...] nível de atendimento a clientes hoje, é na casa de 99% ao longo do ano. Só que a gente tira daqui de dentro mais de quarenta embarques por dia. Tem que ter uma assertividade e muito grande”.* (Entrevistado 2), confirmando assim a confiabilidade de entrega garantida pelo sistema.

Segundo o Entrevistado 1, *“[...] o planejamento e programação, que nos gerou um salto de estabilidade e de redução de inventário, [...]”.* Assim, a estabilidade proporcionada pelo ERP permite ao planejamento uma resposta rápida a mudança das datas de entrega sem elevar os estoques. O custo com estoque não era previsto, porém considerou-se importante incluí-lo ao critério de custo. Desta forma, o ERP garante à empresa os critérios competitivos de entrega e custo.

A adoção do MES permitiu ganhos de produtividade, possibilitando maior capacidade de atender os clientes. Conforme o Entrevistado 6, *“a gente vendeu acima da nossa capacidade, e aí é um risco de desabastecimento, é o tipo de análise que qualquer ganho de OEE, pode te gerar uma redução de risco da tua supply chain”.*

Para Slack, Chambers e Johnston (2008, p. 346) *“a flexibilidade, especialmente a de volume, será melhorada por capacidade excedente. Se a demanda e a capacidade estiverem em equilíbrio, a operação não será capaz de responder a quaisquer aumentos inesperados de demanda.”*. Assim, pode-se inferir que a adoção de MES propicia flexibilidade, principalmente, de volume de produção e, capacidade de atender os clientes, conferindo confiabilidade às entregas.

Ao mesmo tempo, adoção do MES permite a *“gestão dos nossos ativos [...] controlar os tempos de paradas e trabalhar para minimizar eles [...]”* (Entrevistado 2) e *“[...] tem a informação real de eficiência da máquina, [...] te dá mais, a confiança assim de que o desempenho dela está bom, está ruim e o que eu posso fazer.”* (Entrevistado 4). Portanto, gerenciar o desempenho real da célula possibilita aumentar a capacidade produtiva e assim permitir aumentar e diminuir o volume de produção, contribuindo para o desempenho competitivo de flexibilidade.

A Micro Automação, subclasse da Infraestrutura Digital, implementada proporciona fatores competitivos aos processos da CS. Desta forma, o RPA minimiza as atividades repetitivas realizadas por colaboradores, provocando a redução no custo de mão-de-obra.

Além disso, atividades como verificar se a entrega está de acordo com o pedido, são realizadas pelo RPA no momento da coleta no fornecedor e este pode, em caso de divergência, *“gerar um e-mail automático para o fornecedor pedindo que lhe dê um motivo”*. (Entrevistado 1). O RPA também é utilizado para controlar o descarregamento de matéria-prima, emitindo notificações quando as atividades de *in-bound* excederem tempos estipulados. Com isso, o tempo de *in-bound* é minimizado e a empresa consegue negociar com as transportadoras, reduzindo o custo logístico. Os trechos a seguir apresentam estas afirmações:

*“gestão de fluxo de entrada, descarregamento, saída de veículos é um exemplo, que a gente baixou aí, tempo anterior que era de 6, 7 horas para [...] vamos dizer 38 minutos de tempo médio. Então foi um progresso muito grande mesmo, mas é o que eu tenho mais palpável”*. (Entrevistado 1).

*“dado o in-bound de entrada descarregamento e saída, e isso então eu consigo negociar preços melhores que as transportadoras. Antes tinha toda a discussão de querer cobrar diária porque o caminhão estava parado na portaria esperando”*. (Entrevistado 1).

O custo logístico não estava previsto no protocolo de estudo de caso. Porém, devido a observação deste no caso A, será adicionado ao critério competitivo de custo,

e assim no Caso A, evidencia-se que a adoção do RPA contribui exclusivamente para este critério competitivo.

Além da repercussão real apresentada pelas tecnologias implementadas, há uma expectativa de impactos daquelas que terão a utilização ampliada, como no caso da manufatura aditiva e ERP. As tecnologias em estágio piloto apresentam particularidades quanto à ampliação da utilização. Para o cobot não são esperados ganhos além dos verificados, e a empresa não considera expandir a utilização. O piloto da rastreabilidade eletrônica de peças encontra-se em estágio pleno em relação a ganhos e, a empresa espera ampliar a utilização para outras linhas. Para o MES, a expectativa é melhorar o desempenho da utilização do piloto, não havendo informação quanto à ampliação da adoção para outras linhas.

A corporação projeta produzir peças de reposição por manufatura aditiva. Esta fabricação proporcionará redução do custo de estoque e maior flexibilidade no atendimento aos clientes, com redução no tempo de espera por peças de reposição. A tecnologia digital de aplicação, reconhecimento de imagem, caracterizará as peças com defeitos de fabricação por *part number* e inserirá a informação diretamente no ERP, reduzindo o custo da mão-de-obra para a atividade. O Entrevistado 1 considera que o reconhecimento de imagem irá *"[...] adicionar o feedback para o ERP reduzindo o estoque, apontando a... o scrap no caso. Que hoje ainda depende de uma interferência manual."*

A utilização de RFID para controle da logística interna é a aplicação estudada mais citada pelos entrevistados. O projeto prevê que a movimentação interna de material seja controlada por RFID e pontos de leitura deste. Assim, quando o carro transportador (portando uma etiqueta de RFID) realizar a rota, leitores de RFID nos locais determinados registrarão data e hora da passagem, permitindo controlar a movimentação interna de material. Há divergência se o controle será em tempo real (Entrevistado 7) ou por meio de relatório (Entrevistado 4). Nos trechos a seguir a utilização na logística interna pode ser verificada:

*"um projeto para ter alguns pontos de... de leitura de RFID ao longo do trajeto e conforme ele dá a leitura, ele dispara, "oh passei por aqui agora, passei por aqui agora" e a gente consegue enxergar quase como se fosse um waze onde ele tá andando, [...] nas rotas ou não, no tempo certo ou não" (entrevistado 7)*

*"[...] seria tipo um GPS, mas... ter pela fábrica distribuído sensores, que um carro transportador passa por ele vai coletar a informação e te fornecer como relatório, que horário passou, qual carro passou" (Entrevistado 4)*

A falta de matéria-prima para processar ou a indisponibilidade de local para colocar os produtos após processamento originam-se da falta de controle da logística interna e provoca ociosidade de equipamentos. Esta ociosidade restringe a produtividade, acrescentando custos à produção.

Aplicações de RFID em ferramental projetam controlar a vida útil das matrizes, minimizando o custo com ferramental. Nesta aplicação o RFID começará “[...] a calcular a utilização, a vida útil esse ferramental [...] tem matrizes, [...] com aço nobre lá, [...] quanto mais a gente ter um controle, preciso, porque hoje é muito no papelzinho, daí acontece de tudo, perde o papel, o cara não lança, letra ilegível”. (Entrevistado 7). Despesas com ferramental não estavam previstas inicialmente, mas foram adicionadas ao critério competitivo de custo devido a importância atribuída pelo Entrevistado 7.

A ampliação da utilização do ERP prevê a criação de “um algoritmo que a gente consegue juntar: o programa de produção, os embarques, o que eu tenho de saldo disponível para montar e ele te sugerir uma sequência” (Entrevistado 4). Espera-se que o sequenciamento realizado pelo algoritmo melhore o desempenho de entrega, dando confiabilidade ao cumprimento dos prazos.

Segundo o Entrevistado 4, a análise do tempo de setup avalia aquele “que te dê menos tempo, por exemplo, se sair dessa peça para essa dá 30 minutos, dessa para outra da uma hora. Tu ganhou tempo simplesmente por juntar a produção de peças, seria um sequenciamento ótimo”. A redução no tempo de setup permite modificar o volume e a variedade dos itens produzidos sem afetar a disponibilidade dos equipamentos contribuindo para a flexibilidade da produção. Visto que o ERP não é uma tecnologia digital recente, a corporação prevê apenas melhorias que podem ser aplicadas na sua utilização, como fábrica sem papel e redução da coleta manual de dados.

O Quadro 48 apresenta os trechos das entrevistas, as expectativas de fatores e critérios competitivos relacionados à melhoria no sistema de informação MES.

Quadro 48 - Critério competitivo esperado da utilização do MES no Caso A

Trecho da entrevista	Fator competitivo	Critério competitivo
<p>"para mim o principal ganho desse tipo de tecnologia é a flexibilidade de produção, tomada de decisão mais rápidas, [...] se teus sistemas começam a se tornar autônomos, então tu começa a ganhar flexibilidade de produção, tu começa a enxugar teu WIP, começa inevitavelmente ganhar em produtividade". (Entrevistado 6)</p> <p>"questão de down-time, entendo que a gente consegue melhorar também, porque, por exemplo, eu consigo mapear as esperas". (Entrevistado 7).</p> <p>"questão de produtividade, tu ter uma melhor utilização das tuas máquinas né? Porque óbvio tu vai começar a trabalhar a disponibilidade tu vai entender o que está acontecendo." (Entrevistado 7)</p>	Flexibilidade do volume de produção	Flexibilidade
<p>"questão de CEP, integrar, [...] no que eu vou fazer a minha medição na peça, o sistema já está conectado, e já está lendo e calculando meu Cpk e conforme tá meu índice de capacidade [...] modular a minha frequência de inspeção" (Entrevistado 7)</p>	Conformidade do produto com a especificação do cliente	Qualidade
<p>"a questão de ter uma célula sem papel, porque hoje é tudo impresso, toda a documentação de processo, jogar isso para dentro dessas centrais". (Entrevistado 7).</p>	Minimiza a utilização de papel	Sustentabilidade
<p>"a questão do wip melhor, o gerenciamento de onde anda teu... desde a matéria-prima até teu produto final. Teus estoques deveriam melhorar [...]". (Entrevistado 7)</p>	Custo de estoque	Custo
<p>"é tu na hora tá conseguindo agir, atuar, tentar melhorar, entender o que acontecendo e não depois que já tem 300 peças separadas num contêiner com cartão vermelho". (Entrevistado 7).</p>	Custo de peças e material rejeitado	Custo
<p>"se tu tá melhorando tua performance e tudo mais, em tese tua necessidade de horas extras ela vai reduzir". (Entrevistado 7).</p>	Custo unitário de mão-de-obra	Custo
<p>"eu não posso dimensionar minha fábrica para atender 12 mil semi-eixos. Ah, mas aquela semana tem 18 mil, [...], tu vai pegar um monte de temporário, mas daí quando cai para 12, o que que eu faço com esse monte de... pros 6.000 extra, eu não faço nada, vai limpar tal coisa, se eu consigo ter rodando ela que nem um relóginho, nivela, baixa aqui para 16, 15 que seja, e aí tu bota ela para rodar bem niveladinha". (Entrevistado 7).</p> <p>"Dá uma certeza que vai entregar na hora certa, com a qualidade, com a quantidade planejada (Entrevistado 7)</p>	Flexibilidade do volume de produção Confiabilidade de entrega	Flexibilidade Entrega
<p>"qualquer tipo de atraso que ocorra na entrega das peças, imediatamente vai reverter em um frete porta a porta, ou o pior caso é fretar um avião, então tu tem essa questão, e o pior ainda é parar uma montadora [...]. Então eu vejo nesse sentido, tu vai ter com certeza, vai juntando tudo, vai rodando liso". (Entrevistado 7)</p>	Confiabilidade de entrega	Entrega

Fonte: Elaborado pela autora.

Com a utilização futura do MES a empresa espera reduzir os custos por meio de um melhor gerenciamento dos estoques, menor tempo de ociosidade dos equipamentos e, por consequência, aumento da produtividade. Além disso, integrar com os sistemas de qualidade, como o controle da capacidade da célula, contribuirá para assegurar a conformidade do produto com as especificações do cliente. A minimização da utilização de papel não foi um fator competitivo previamente definido, porém considera-se importante abranger, relacionando-a à sustentabilidade ambiental. O nivelamento da produção elimina a necessidade de ter capacidade excedente ou de utilizar horas extras para atender às variações de demanda, contribuindo com a minimização dos custos de mão-de-obra, flexibilidade do volume de produção e confiabilidade das entregas.

Além disso, utilização prevista para o MES proporcionará controle da liberação da produção após o setup. Assim a empresa espera evitar a fabricação de peças sem a aprovação de análise dimensional necessária após o setup. Esta aprovação evita que peças fora do especificado sejam produzidas, o que causaria custo com peças e material rejeitado. Assim, a despesa com peças e material rejeitado foi adicionada ao critério competitivo de custo.

Estuda-se ampliar a adoção da Micro Automação RPA em processos diversos daqueles implementados. Assim, o RPA é previsto para o processo de transformação (produção) realizando a integração de notas fiscais entre as plantas da empresa. Sendo as notas fiscais geradas e processadas no sistema de informação da empresa, facilita a automação da atividade com o RPA. A empresa tem expectativa de redução de mão-de-obra nesta utilização. O trecho a seguir evidencia esta afirmação:

*“[...] é um robô administrativo, [...] a gente não tem nenhuma aplicação ainda, a gente está na fase de tentar identificar onde nós poderíamos usar esse tipo de ferramenta, mas toda... principalmente nessa parte fiscal aí, [...], que emite nota, gera nota, cadastra nota, sabe, gera um volume de trabalho [...] e tu tem uma pessoa lá, praticamente dedicada ficar ali lidando com isso e sendo que é a mesma planta, e 99% das notas que vão estar fazendo esse fluxo é tudo, não tem nada de exceção, é tudo regra do dia a dia, então eu ter um bot, desse que faria todo esse, recebe, imprime, faz tudo”. (Entrevistado 7).*

A Micro Automação projetada que fará a conexão da empilhadeira com cartão operador, objetiva evitar colisões das empilhadeiras com os colaboradores. A aplicação principal será no setor de almoxarifado, visto que neste local a visibilidade é prejudicada devido à estocagem de material. A redução dos acidentes com

afastamento projetados para esta aplicação irá contribuir com o desempenho de sustentabilidade. O trecho a seguir apresenta esta aplicação:

*“que agora foi desenvolvido, está sendo... que é um sensor de localização em áreas mais fechadas, por exemplo, na expedição, que a empilhadeira tem uma conexão com o cartão, e eu consigo tipo, trema, de certa forma interaja com motorista da proximidade de pessoas. [...] então te traz uma segurança, tanto para quem dirige, quanto para pessoas. [...] como tem muitas caixas e visão bloqueada, dá bastante acidente com empilhadeira.”*  
(Entrevistado 4).

Foi possível verificar que a adoção das tecnologias digitais é difundida na empresa, visto que impactos são observados em todos os processos da CS. O Quadro 49 apresenta uma síntese dos processos impactados pelas tecnologias digitais e a repercussão real ou esperada nos critérios competitivos.

Quadro 49 – Síntese das Repercussões das tecnologias digitais nos Critérios Competitivos do Caso A

Classificação	Tecnologia	Estágio	Impacto	Repercussão	
				Real	Esperado
Aplicação	Manufatura aditiva	I	Produção	Flexibilidade	Custo, Flexibilidade
	Cobot	P	Produção	Sustentabilidade, Custo	-
	Reconhecimento de imagem	EP	Produção	-	Custo
Infraestrutura Digital (aquisição de dados)	Rastreamento cargas	I	Planejamento	Custo	-
			Entrega	Entrega	-
	Rastreabilidade eletrônica de peças	P	Produção	Qualidade, Custo, Entrega	-
	RFID	EP	Produção	-	Custo
Infraestrutura Digital (sistemas de informação)	ERP	I	Planejamento	Entrega	Entrega, Custo
			Produção	Flexibilidade	Flexibilidade
			Entrega	Entrega	-
	MES	P	Planejamento	Flexibilidade, Entrega	-
			Produção	Flexibilidade	Flexibilidade, Custo, Qualidade, Entrega, Sustentabilidade

Classificação	Tecnologia	Estágio	Impacto	Repercussão	
				Real	Esperado
Infraestrutura Digital (micro automação)	RPA	D	Planejamento	Custo	-
		D	Aquisição	Custo	-
		EP	Produção	-	Custo
	Conexão empilhadeira com cartão operador	EP	Aquisição/ Entrega	-	Sustentabilidade

(Estágio - EP: Estudo ou Projeto; P: Piloto; D: Desenvolvimento; I: Implementado)

Fonte: Elaborado pela autora.

Portanto, pode-se inferir a empresa não possui tecnologias Habilitadoras e Integradoras implementadas, possuindo tecnologias de Aplicação e tecnologias de Infraestrutura para a transformação digital. As tecnologias implementadas na empresa são, na maioria, pertencem a classe de tecnologias de Infraestrutura Digital, com destaque para a subclasse de Sistema de Informação, que possibilita tecnologias da subclasse de Micro Automação, por exemplo, o RPA.

A empresa possui uma estratégia para a transformação digital e deve certificar-se que está alinhada aos critérios competitivos importantes para os clientes. Apesar de a corporação possuir uma visão definida para a transformação digital no Roadmap I4.0, as tecnologias digitais não estão nítidas para os entrevistados. Os conceitos que definem as tecnologias e o grau de implementação na empresa são questões divergentes entre os entrevistados. Ao responder sobre os processos da CS e *capabilities* as tecnologias digitais consideradas foram, principalmente, aquelas ligadas a classe de Sistemas de Informação, evidenciando assim que, estas são as tecnologias digitais que mais impactam a empresa. Espera-se ainda ampliar a utilização dos sistemas de informação implementados, como o ERP, estabilizar a utilização do piloto do MES e implementar o Portal de Fornecedores com expectativas de ganhos para a CS.

O processo da CS com mais tecnologias digitais relacionadas é a transformação (produção). As tecnologias digitais estão fisicamente relacionadas ao processo de transformação (produção), assim, a manufatura aditiva, cobot, reconhecimento de imagem, MES, AGV, RFID para logística interna, relacionam-se quase que exclusivamente com este processo.

A empresa compreende que a utilização piloto do MES necessita ser aprimorada para uma maior percepção de ganho. Para tal, parcerias com fornecedores de sistemas de informação são analisadas. Contudo, a organização defende a padronização do sistema de informação, não permitindo a troca do fornecedor do MES.

O custo é o critério competitivo com maior relação com as tecnologias digitais. Estando este, na maioria das vezes, relacionado ao custo de mão-de-obra e de qualidade. Os gastos com qualidade minimizados pelas tecnologias digitais estão relacionados como os custos de inspeção, de recuperação de falhas (*recall*), fretes especiais e matéria-prima ou produtos rejeitados por problemas de qualidade.

A redução do custo de mão-de-obra obtida com a utilização do cobot, visto que a operação era realizada por dois operadores, não foi mencionada nas entrevistas. Pode-se inferir que a redução de custo não foi atrativa devido ao baixo custo de mão-de-obra no país quando comparado com os investimentos necessários para adquirir e manter o cobot operando. Além disso, o cobot não aumenta a produtividade, visto que a mesma operação pode ser realizada por dois operadores sem prejuízo no tempo de operação. Ainda, a operação realizada pelo cobot não requer precisão, o que poderia ser uma vantagem em relação à utilização de mão-de-obra.

O cobot e o AGV não caracterizam exatamente as tecnologias digitais de robôs avançados e colaborativos e drones e veículos autoguiados, respectivamente, definidas na literatura estudada. Contudo, foram consideradas como tecnologias de aplicação, visto que representam esforços realizados pela empresa para a transformação digital.

As barreiras à implementação das tecnologias digitais foram mencionadas no decorrer das entrevistas para esclarecer o nível de implementação das tecnologias digitais na empresa. Pode-se inferir que a empresa, assim como a corporação, almeja a transformação digital e que empenha esforços na implementação das tecnologias digitais.

A seção seguinte apresenta a análise do Caso B. Caso seja necessário, a classe de tecnologia digital de Infraestrutura Digital e as subclasses, Aquisição de dados, Sistema de Informação e Micro Automação criadas no Caso A serão utilizadas para analisar as tecnologias observadas no Caso B.

## 4.2 Análise na empresa B

A empresa na qual foi realizado o Caso B faz parte de uma corporação com presença em 78 países, em aproximadamente 1.800 localidades. Conta com aproximadamente 162 mil colaboradores nas divisões de componentes, mobilidade, soluções industriais, naval, materiais e aço. A corporação divide sua atuação no Brasil em quatro áreas de negócio: i) componentes tecnológicos para setor automotivo, e outros segmentos industriais, como energia eólica; ii) equipamentos de mobilidade; iii) soluções industriais especializadas em engenharia, construção, fornecimento, instalação e serviços pós-venda para segmentos de mineração, cimento, siderurgia, portos, químico, entre outros; iv) Materiais personalizados para os mercados de saneamento, construção civil, indústria aeroespacial, dentre outros.

No Brasil, a corporação conta com 10 mil colaboradores em 14 plantas industriais, 102 escritórios regionais e quatro centros de Pesquisa e Desenvolvimento. A vasta atuação manifesta-se na presença de seus equipamentos ou componentes. Assim, estima que possui equipamentos em uma de cada três obras na construção civil, componentes em uma de cada duas usinas eólicas e em nove de cada dez veículos e peças em todas as aeronaves fabricadas localmente.

A divisão de mobilidade, objeto deste estudo, possui presença global com mais de 50 mil colaboradores, em mais de mil localidades. A empresa, na qual foi realizado o estudo de caso, tem a unidade de produção de elevadores na Região Metropolitana de Porto Alegre. Esta unidade emprega, aproximadamente, 400 colaboradores. Sua estrutura comercial e de serviços possui mais de 60 unidades, contando com, aproximadamente, 3 mil colaboradores.

Considerando as divisões, a corporação teve desempenho operacional inferior ao esperado para o ano fiscal 2018/2019. Como busca aumentar o desempenho em todos os negócios em que atua, a divisão de negócio na qual a empresa em que foi realizado o Caso B pertence, fará a abertura de capital ou será vendida para um grupo de investidores financeiros. Apesar de ser a área de negócio com melhor resultado financeiro, o objetivo da abertura de capital ou venda é fortalecer a base de capital da corporação e aumentar a margem financeira para enfrentar as reestruturações e adequações dos negócios. A oferta pública inicial está prevista para o decorrer do ano fiscal de 2020.

Cabe destacar que a divisão estudada pode expandir para novos produtos, com oportunidade de crescimento e lucro, dado que apresenta soluções de mobilidade com possíveis aplicações em Smart Cities. Os elevadores produzidos incluem sistemas padrão, soluções personalizadas e modernizações. Além disso, a empresa fornece serviço de manutenção para elevadores. A divisão de elevadores afirma ser a primeira solução de manutenção baseada em nuvem.

O mercado de atuação da empresa depende da construção civil para obter desempenho em vendas. Entretanto, os serviços de manutenção são independentes do mercado e da construção civil. Para estes, a empresa conta com estratégias de retenção de clientes, proporcionando serviços de qualidade, programas de eficiência e produtos inovadores e sustentáveis, evitando perdas de contratos de manutenção.

O Quadro 50 apresenta a estrutura da CS da empresa, com informações de vendas (produto e serviço), produção e aquisição (produto e serviço).

Quadro 50 – Estrutura da Cadeia de Suprimento do Caso B

Vendas	Clientes ~ 40 mil clientes (produtos e serviços) Demanda estável: 8,5 mil novos produtos e contratos de serviço por ano.	Produtos - Cada cliente compra um produto sendo no máximo quatro produtos distintos por cliente.	Planejamento - <i>engineer-to-order</i>
Produção	Produto ~ 2 a 3 mil <i>part numbers</i> por produto.	Processo ~ 16 elevadores por semana; - 10% de variações de planejamento.	Programação - Conforme o tempo de setup, com lotes diários ou semanais.
Aquisição	Fornecedores ~15 mil fornecedores (considerando todo material adquirido pela empresa).	Itens - Itens homologados que podem ser adquiridos de qualquer fornecedor. Exemplo: eletrônicos	

Fonte: Elaborado pela autora

A empresa fornece o produto e a manutenção para o cliente final. Dessa forma, possui duas atividades que agregam valor ao cliente: a produção de elevadores caracterizada pelo processo da CS de transformação (produção) e sua a manutenção, considerada transformação (serviço).

A empresa possui cerca de 15 mil fornecedores, provendo matéria-prima para o produto, peças e ferramentas para o serviço e material indireto. A aquisição serve tanto à transformação (produção) quanto à transformação (serviço). A complexidade

do processo de aquisição ocorre porque o processo de transformação (serviço) atende elevadores instalados há mais de 40 anos, o que gera dificuldade para adquirir peças de reposição. Porém, certas aquisições, como material elétrico, podem ser realizadas com fornecedores ou revendedores homologados, não necessitando desenvolver o fornecedor.

A empresa fabrica aproximadamente 16 elevadores por semana. Sendo que cada um possui uma especificação de produto. As variações ocorrem na carga suportada, no dimensional, no tipo de abertura de porta, etc.. Os projetos especiais representam 30% das vendas. São elevadores que diferem em forma, por exemplo, em formato de L, ou tecnologia como, por exemplo, elevadores sem cabos.

A transformação (serviço) conta com aproximadamente 40 mil clientes. Anualmente, a empresa agrega cerca de 8,5 mil novos contratos de manutenção, visto que um novo cliente do produto normalmente torna-se cliente do serviço. Habitualmente, os clientes adquirem um tipo de produto. Porém, caso incluam elevadores, escadas rolantes, esteiras rolantes e dispositivos de acessibilidade em seus projetos, podem adquirir até quatro produtos. A empresa produz somente elevadores, mas pode revender e fornecer serviços para outros produtos.

A próxima seção apresenta as tecnologias digitais para a transformação digital observadas. Faz-se ainda uma análise do nível de adoção das tecnologias digitais no Caso B.

#### 4.2.1 Elicitação e Nível de adoção das Tecnologias para a Transformação Digital da CS no Caso B

Para a análise do Caso B, a classe de tecnologias digitais de Infraestrutura Digital, criada na análise do Caso A, será utilizada. Entretanto, no caso B, as subclasses, Aquisição de Dados, Sistemas de Informação e Micro Automação, apresentam tecnologias digitais distintas do Caso A. As tecnologias digitais observadas no Caso B serão apresentadas conforme a classe a que pertencem, sendo a seguinte ordem: Habilitadoras, Integradora, de Aplicação e de Infraestrutura Digital. Na classe de Infraestrutura Digital a apresentação seguirá a subclassificação, sendo a ordem: tecnologias para Aquisição de Dados, Sistema de Informação e Micro Automação.

A IoT, tecnologia digital da classe Habilitadora, é observado na empresa com a utilização relacionada ao produto e serviço, mais especificamente ao processo de manutenção corretiva dos elevadores. A capacidade de predição de falhas faz parte do projeto inicial da corporação para o produto, todavia na empresa faltam implementações para que a IoT opere conforme o projetado. Contudo, os entrevistados ligados à produção de elevadores entendem que a IoT está sendo utilizado plenamente conforme o projetado pela corporação. Os trechos a seguir expõem esta visão:

*"[...] ele tem inteligência para tomada de decisão. Ele vai avisando que vai dar problema." (Entrevistado 1).*

*"[...] é um equipamento que ele é colocado junto ao elevador. Instalado próximo ao quadro de comando que, como se fosse o monitoramento, e ele consegue [...] te mandar com uma certa antecedência a informação para o técnico que vai apresentar um problema." (Entrevistado 5).*

*"[...] ele faz uma pré-identificação de todas as falhas possíveis, então é como se ele fosse um chamado antecipado a um defeito. Então o nosso técnico vai direcionado para esse equipamento, através um sinal que é dado para ele por essa medição." (Entrevistado 6).*

O Entrevistado 3, que atua diretamente com o produto instalado e com a prestação de serviço, explicita o modo como o elevador com IoT opera atualmente. Assim, *"[...] a análise de falhas prévias ainda tem que ser implementada"* (Entrevistado 3). Porém, a funcionalidade corretiva, conforme o Entrevistado 3, *"tá funcionando 100%"*. Desta forma pode-se inferir que a IoT em operação no Brasil não possui a capacidade preditiva, apenas comunica a central de serviço quando uma interrupção no funcionamento do equipamento ocorre.

Além disso, foi possível verificar que a transformação digital dos elevadores para a tecnologia digital de IoT ocorre com a instalação de um dispositivo no controlador do equipamento. Este dispositivo transmite os dados da operação para a empresa. Os dispositivos são adquiridos de um fornecedor definido pela corporação e, instalados pela empresa nos elevadores dos clientes. Porém, somente podem ser instalados naqueles com menos de 5 anos de operação. Os trechos a seguir evidenciam a atuação da IoT:

*"[...] na verdade o (suprimido produto) não trabalha com sensoriamento ainda, né? Então ele é uma conexão serial com o quadro de comando. [...] hoje, ele sabe tudo que o quadro de comando sabe, que são erros, computadores, esse tipo de coisa." (Entrevistado 3)*

*"[...] a gente não vende o dispositivo em si, do (suprimido produto) para os clientes, a gente vende o serviço do (suprimido produto). Porque o que a gente diz é que, o dispositivo por si só ele não faz nada, se não tiver o BackOffice. Então, tanto que quando o cliente não quer mais o (suprimido produto) a gente recolhe o equipamento". (Entrevistado 3).*

O dispositivo instalado não possibilita a integração do fluxo de informações, sendo este unilateral, do produto para a empresa. Assim, não possibilita à assistência técnica acessar remotamente para realizar ajustes ou manutenções. Entretanto, quando ocorre uma interrupção da operação do elevador, o contato inicial com o técnico é realizado pela tecnologia de IoT. Como o equipamento não faz análise prévia da falha, não permite ao técnico identificar a peça que necessita para realizar a manutenção.

Os dados enviados pela tecnologia de IoT para a empresa são apresentados em *dashboards*. Estes apresentam as informações do equipamento e, segundo o Entrevistado 3, são atualizados a cada 4 minutos. Entretanto, na observação de dois *dashboards* as atualizações estavam desatualizadas, em uma e sete horas aproximadamente.

A corporação espera que o equipamento opere com análises preditivas. Dessa forma, após a coleta de dados, os diagnósticos serão realizados possibilitando a intervenção preditiva. As informações de diversos equipamentos conectados formarão a inteligência artificial, prevendo falhas e antecipando a correção. A corporação projeta expandir a utilização da tecnologia de IoT para outras linhas de produtos como, por exemplo, escadas e esteiras rolantes.

Na empresa, a operação preditiva necessita a instalação de sensores e a implementação de *Cloud Computing* para armazenar os dados transmitidos. Dessa forma, o Entrevistado 3 considera que o equipamento *“é aberto para novos sensoriamentos no futuro, mas a parte de sensoriamento não é só simplesmente plug-and-play, tu precisar tanto do sensoriamento físico do hardware que é o sensor em si, quanto do desenvolvimento para ter tabelas na nuvem, né? Um processo de frequência de transmissão de dados.”*

Diversas tecnologias digitais observadas no Caso B estão associadas à utilização de smartphone. Como uma ferramenta de trabalho na transformação (serviço), o smartphone permite aos técnicos elaborar a documentação da manutenção executada e incluí-la diretamente no portal do cliente. Do mesmo modo, ao detectar a peça necessária para a solução do problema e, ainda no momento da prestação do serviço, o técnico pode selecionar e autorizar a compra juntamente com o cliente.

Desta forma, dependendo do emprego e da funcionalidade que viabiliza, o smartphone pode ser classificado como uma tecnologia: i) Habilitadora, visto que

permite a conexão dos objetos e das pessoas; ii) Integradora, uma vez que aplicativos com inteligência artificial são possíveis e; iii) de Aplicação, visto que além de ser tangível (característica comum às tecnologias de aplicação) possui as capacidades das classes anteriores (Habilitadora e Integradora) e produz impactos significativos nos processos em que é implementado. Assim sendo, o smartphone foi adicionado a classe de tecnologia de Aplicação na classificação proposta por Gurría (2017).

Da mesma forma a tecnologia de realidade aumentada foi classificada como uma tecnologia de Aplicação. As características que permitem esta classificação são: o equipamento físico, a capacidade de conectar objetos e pessoas e a funcionalidade produzida. A tecnologia é utilizada para manutenção, permitindo que diagramas elétricos sejam sobrepostos ao equipamento real e apresentados diretamente nos óculos para o técnico. Os óculos de realidade aumentada também são utilizados para realizar transmissão de vídeo, possibilitando que técnicos experientes visualizem remotamente a manutenção que está sendo realizada e, assim, orientem os técnicos de campo.

A expansão da utilização das tecnologias digitais estabelecidas para outras atividades e processos é percebida pela corporação como um benefício. Que, assim, estuda a tecnologia de realidade aumentada, utilizada em manutenção de elevadores, para a separação de material em armazém.

A automatização de armazéns também é classificada como uma tecnologia digital de aplicação, visto que transforma fisicamente o modo como a armazenagem é realizada, possibilitando a operação sem intervenção humana. A empresa estuda utilizar a automatização de armazéns, desta forma baseia-se em implementações em outras plantas da corporação para projetar a tecnologia. Assim, segundo o Entrevistado 5, *"[...] seria automatização, armazém automatizado, com transelevador, mezanino automatizado, isso existe [...] na logística da (suprimido empresa) da Espanha"*. Segundo o Entrevistado 6, *"nós temos ideia em 3 anos de ter, já automatização, principalmente um armazém automatizado, [...] e uma delas para pensar numa situação 4.0 ao invés do meu picking ser manual, eu vou ter um armazém automatizado que, através de uma programação, ele vai fazer a busca no localizador do material"*.

A tecnologia de Aplicação, manufatura aditiva, é utilizada para produzir peças de reposição para a manutenção de elevadores, além de fabricação de protótipos e peças para análise visual no desenvolvimento. Outras tecnologias de Aplicação são

estudadas em parceria com um centro de pesquisa de uma instituição de ensino da região. Os drones são estudados para realizar a medição do local para a instalação do elevador e os robôs são projetados para a montagem de elevador.

Foram realizados testes internos para utilização de drones em entregas de curta distância, dentro da própria empresa. Porém, visto que a utilização de drone para logística de curta distância de itens pequenos e leves, também conhecida como de "última milha", pode se tornar uma tecnologia com vasto emprego nos próximos cinco a dez anos (LOHN, 2017), o Entrevistado 6 menciona a possibilidade deste uso.

As tecnologias de Infraestrutura Digital da subclasse Tecnologias de Sistema de Informação estão implementadas nos processos da CS. O ERP está implementado em alguns processos e, a substituição por um novo ERP está sendo realizada. A nova implementação do ERP trará mais funcionalidades e integração para os processos da CS.

Desta forma, a tecnologia digital de ERP em implementação está interligando os processos da CS internamente na empresa e, externamente com outras plantas. Assim, os entrevistados consideram que o ERP está operando com dados em *cloud computing*. Interpretam que os dados gerados pelo ERP originam um *big data*, porém não têm a capacidade de análise destes dados. O trecho a seguir manifesta a relação do ERP com *Cloud Computing*.

*"[...] cloud computing também já é aplicado. Claro que é uma linguagem mais de TI de entender onde estão os dados de compras. Eles estão em algum, não sei se posso chamar de cloud, mas numa central. O que mudou muito nos últimos meses, cada país tinha um banco de dados separado. Hoje é tudo integrado. As informações são compartilhadas. Eu enxergo o que cada país faz, mas eu não sei te dizer, não posso dizer qual é o tipo de armazenamento que tem, agora vamos lá eu consigo acessar o meu sistema de qualquer parte".* (Entrevistado 7).

*"100%, é cloud computing aqui, todo o (suprimido ERP) na field é em nuvem, então toda a movimentação de material e em tempo real."* (Entrevistado 8).

O MES é utilizado para controlar a disponibilidade dos equipamentos. Os operadores são responsáveis por registrar as interrupções de produção. Os trechos a seguir exibem esta aplicação da tecnologia:

*"a gente tem só para monitorar o OEE, monitorar o OEE no chão de fábrica a gente tem. Está implementado. **A gente consegue ver online se ela está parada ou está em produção**".* (Entrevistado 4, grifo nosso).

*"se a máquina está trabalhando ou não tá trabalhando, isso é automático, isso a gente fez **via um relê na máquina que ele lê um sinal se a máquina está operando ou não. Daí a máquina parou, [...] daí ele tem que colocar qual é a justificativa, é setup, espera de***

**empilhadeira**, mas o resultado do OEE não vai mudar, ele justificando ou não". (Entrevistado 4, grifo nosso).

"o que não tá 100% é que a gente **não mede o OEE, a gente mede disponibilidade**. A gente não conseguiu ainda implementar de fato o OEE, que é medir performance, qualidade a gente mede só disponibilidade, [...] tá trabalhando ou não tá trabalhando, porque que ela não tá trabalhando." (Entrevistado 4, grifo nosso).

O Entrevistado 8 classificou a aplicação da tecnologia digital do MES como CPS. No entanto, a tecnologia implementada somente possibilita verificar a condição do equipamento, se está operando ou não. Esta forma de atuação não caracteriza um CPS. O Quadro 51 apresenta a reclassificação da tecnologia para a classe de Infraestrutura Digital, na subclasse de Sistema de Informação.

Quadro 51 - Reclassificação do MES no Caso B

Classificação dada pelo entrevistado	Característica que define como MES	Reclassificação
CPS	<i>"[...] nesse critério de definição sim, é plenamente implementado na fábrica, as máquinas são todas sensorizadas e todas são monitoradas eletronicamente, com sistemas ciber físicos, <b>todos os dados ali, se ela está em produção, se está parada</b>" (entrevistado 8, grifo nosso)</i>	Infraestrutura Digital (Sistemas de Informação)

Fonte: Elaborado pela autora

Metade das micro automações observadas é desenvolvida como aplicativos de smartphone e visa solucionar problemas locais, não integrando aos sistemas de informação existentes. A corporação possui uma equipe especializada no desenvolvimento de aplicativos. Seu objetivo é tornar os processos mais eficientes e orientados para o cliente.

O RPA é aplicado em operações repetitivas, que não necessitam intervenção humana. As operações que serão automatizadas com RPA precisam estar integradas em sistemas de informações e ter um fluxo de operacional estabelecido. A tecnologia digital de RPA foi mencionada como Inteligência Artificial e reclassificada como tecnologia de Infraestrutura Digital na subclasse de Micro Automação conforme Quadro 52.

Quadro 52 - Reclassificação do RPA no Caso B

Classificação dada pelo entrevistado	Característica que define como RPA	Reclassificação
Machine learning/ inteligência Artificial	"lá para logística, <b>tem essa situação onde o sistema toma a decisão</b> , ele avalia e te dá a informação do que tu tens que comprar, <b>estoque mínimo e tal</b> , e <b>aí já emite a requisição</b> " (Entrevistado 7, grifo nosso)	Infraestrutura Digital (Micro Automação)

Fonte: Elaborado pela autora

Da mesma forma, tecnologias baseadas na internet são utilizadas na empresa para realizar transações que antes eram por fax, telefone, e-mail ou manuais, como por exemplo, cotações e assinatura de contratos. Para a corporação, as ferramentas digitais incluem licitações, leilões e catálogos on-line, assinaturas digitais e RPA.

Na utilização da IoT, quando um chamado é aberto, o técnico pode basear a análise da falha numa lista erros e soluções mais utilizadas para aquele problema. Esta lista foi citada como *machine learning*, porém não apresenta características que a configure desta forma ou mesmo como inteligência artificial, visto que tais denominações são referentes a ferramentas baseadas em algoritmos, em que equipamentos podem aprender automaticamente a partir de dados, construir modelos e fornecer soluções otimizadas. (CARBONNEAU; VAHIDOV; LAFRAMBOISE, 2007). Na utilização apresentada não são utilizados algoritmos para aprendizado, mas análises do percentual de solução para cada erro. Assim, a tecnologia foi reclassificada para Infraestrutura Digital, na subclasse Micro Automação e os trechos das entrevistas que justificam tal reclassificação são apresentados no Quadro 53.

Quadro 53 - Reclassificação da lista erro e solução no Caso B

Classificação dada pelo entrevistado	Característica que define como Lista de erro e solução	Reclassificação
Machine learning	"na corretiva ele tem machine learning, então o técnico quando ele seleciona [...], determinada solução, [...] já aparece as soluções para ele resolver o problema, aparece a descrição." (Entrevistado 3). "a primeira alternativa que aparece para ele é a alternativa mais utilizada para resolver o problema e assim, por diante." (Entrevistado 3).	Infraestrutura Digital (Micro Automação)

Fonte: Elaborado pela autora.

O aplicativo para notificar desvio de segurança foi desenvolvido internamente pela corporação visando a simplificar os processos de gerenciamento de segurança. Após uma notificação de desvio de segurança, o aplicativo possibilita investigar os

acidentes e incidentes. Assim, gera recomendações e disponibiliza em comunicações internas no próprio aplicativo. Segundo o entrevistado 2, os colaboradores poderão registrar, diretamente no sistema, os acidentes e incidentes, inserindo imagens e descrições para esclarecer a ocorrência.

Assim, a síntese das tecnologias digitais apresentadas pelos entrevistados, reclassificadas conforme os conceitos das tecnologias digitais estudadas, e o respectivo estágio de implementação na CS são apresentadas no Quadro 54.

Quadro 54 – Síntese das tecnologias digitais observadas no Caso B

Classificação	Tecnologia	Estágio
Habilitadora	IoT	Implementado
	IoT (Planejamento)	Estudo ou projeto
	<i>Cloud computing</i> – Todos os processos da CS	Desenvolvimento
	<i>Cloud computing</i> - Transformação (Serviço)	Estudo ou projeto
	<i>Big Data Analytics</i>	
Integradora	Inteligência Artificial	
Aplicação	Manufatura aditiva	Implementado
	Drones/veículos autoguiados	Estudo ou projeto
	Robôs	
	Realidade aumentada	Implementado
	Smartphone	
	Armazém automatizado	Estudo ou projeto
Infraestrutura Digital (Aquisição de Dados)	RFID	Estudo ou projeto
	Rastreabilidade peças	Implementado
	Rastreamento ferramental	
	Rastreabilidade carga	Desenvolvimento
Infraestrutura Digital (Sistema de Informação)	MES (disponibilidade)	Implementado
	Integração PCP e Produção	Desenvolvimento
	ERP	
	APS (Advanced Planning Schedule)	Piloto
Infraestrutura Digital (Micro Automação)	Aplicativo Portal Cliente	Implementado
	Aplicativo para transporte compartilhado	

Classificação	Tecnologia	Estágio
	GPS (controle de velocidade e login motorista)	
	Lista código de erro e solução utilizada	
	Aplicativo para aquisição EPI	
	Aplicativo de assinatura contrato	
	Aplicativo para solicitação viagem	
	Aplicativo para contagem chapa	
	Internet: Leilão eletrônico	
	Internet: Assinatura eletrônica	
	RPA	
	BI	Piloto
	Aplicativo para notificar desvio segurança	Estudo ou projeto
	Aplicativo para capturar qrcode fornecedor	
	Planejamento e previsão da demanda	

Fonte: Elaborado pela autora.

No Quadro 55 o índice de concordância Fleiss'Kappa de cada tecnologia digital é apresentado. E enumeração corresponde a quantidade de respondente por estágio da tecnologia.

Quadro 55 - Análise da concordância entre entrevistado do estágio das tecnologias no Caso B – Roteiro B

Estágio da tecnologia		Desconhece a tecnologia.	Não há nenhum projeto/ estudo para implementação nos próximos 3 anos.	Estudos ou projetos para implementação sendo realizados.	Tecnologia implementada, porém, não utilizada plenamente conforme o projetado.	Tecnologia plenamente implementada conforme projetado e resultados observáveis na CS.	Fleiss' Kappa
Tecnologia Habilitadora	<i>Big Data Analytics</i>	2	3	2	-	1	-0,03 (IN)
	<i>Internet of Things</i>	2	1	1	2	1	-0,13 (IN)
	<i>Cloud Computing</i>	1	2	2	1	2	-0,12 (IN)

Estágio da tecnologia		Desconhece a tecnologia.	Não há nenhum projeto/ estudo para implementação nos próximos 3 anos.	Estudos ou projetos para implementação sendo realizados.	Tecnologia implementada, porém, não utilizada plenamente conforme o projetado.	Tecnologia plenamente implementada conforme projetado e resultados observáveis na CS.	Fleiss' Kappa
Tecnologia Integradora	<i>Machine Learning/IA</i>	1	5	1	1	-	0,20 (LC)
	Simulação	2	3	-	2	-	0,05 (LC)
	<i>Cyber-physical Systems</i>	3	2	-	1	-	0,08 (LC)
	<i>Blockchain</i>	1	6	-	-	-	0,64 (CC)
Tecnologia de Aplicação	Manufatura aditiva	-	3	1	3	-	0,11 (LC)
	Drones/ Veículos autoguiados	-	5	3	-	-	0,33 (CR)
	Robôs avançados e colaborativos	1	5	1	-	-	0,35 (CR)

(IN: Insignificante; LC: Leve concordância; CR: Concordância razoável; CM: Concordância moderada; CC: Concordância Considerável; AC: Alta concordância)

Fonte: Elaborado pela autora.

Pode-se inferir que as tecnologias de Aplicação, por possuírem um conceito físico, apresentam um índice de concordância maior, porém a manufatura aditiva, apesar de possuir um conceito físico, apresenta divergência entre os entrevistados. O Entrevistado 5 considera a fabricação de peças de reposição, conforme: *“ela entrou com questão de uns 3 ou 4 anos, entrou principalmente na área de serviços, para tentar buscar soluções de reposições de peça, na época para espelhos para botoeira”*. O Entrevistado 2 relata duas utilizações da tecnologia, conforme: *“somente assistência técnica ou para protótipo”*. O Entrevistado 7 considera a análise visual no desenvolvimento como única utilização da manufatura aditiva. Assim, questionando o Entrevistado 7, especificamente a respeito da utilização para peças de reposição, obteve-se a resposta: *“não, não tem nenhuma... ninguém nunca falou, né? Em fazer isso. É mais no desenvolvimento”*.

A tecnologia digital de *blockchain* não é considerada para a empresa. Para os entrevistados, mesmo com a descrição fornecida, a tecnologia digital de *blockchain* é pouco compreendida e não observam aplicações na empresa. O Entrevistado 7

declara: “*li sobre isso, mas não recordo. Li sobre isso quando li sobre criptomoeda. Para contratos com provedores, poderia utilizar uma tecnologia destas, [...] ainda não vejo uma aplicação.*”

O Quadro 56 apresenta a síntese da reclassificação realizada para adequar as tecnologias aos conceitos considerados previamente. Assim, mesmo que a tecnologia digital tenha sido considerada pelos entrevistados, a reclassificação realizada pode ter colocado-a em outra classe e subclasse.

Quadro 56 – Reclassificação das tecnologias digitais no Caso B

Tecnologia Citada pelos Entrevistados	Reclassificação
<i>Machine Learning</i>	Lista de erro e solução
<i>Big Data Analytics</i>	RPA
CPS	MES

Fonte: Elaborado pela autora.

O nível de investimento apresenta índices de concordância Fleiss’Kappa semelhantes aos referentes para o estágio de implementação das tecnologias digitais. As tecnologias habilitadoras apresentam índice de concordância insignificante para os entrevistados. Os entrevistados que consideraram a tecnologia digital de IoT, referiam-se à adoção da tecnologia no elevador. Porém, devido a possibilidade de expandir a utilização desta tecnologia, houve elevada variação nas respostas sobre o nível de investimento e estágio da tecnologia. O Quadro 57 apresenta os índices de concordância para o investimento nas tecnologias digitais, assim como a enumeração dos respondentes por nível de investimento.

Quadro 57 - Análise da concordância sobre o nível de investimento nas tecnologias digitais no Caso B – Roteiro B

Investimento na tecnologia		Nenhum investimento.	Pesquisas e estudo inicial envolvendo alguns colaboradores.	Aquisição da tecnologia e implementação internamente na organização.	Implementação externa com toda a CS.	Fleiss' Kappa
Tecnologia Habilitadora	<i>Big Data Analytics</i>	5	2	-	1	0,19 (LC)
	<i>Internet of Things</i>	3	1	2	1	-0,08 (IN)
	<i>Cloud Computing</i>	3	1	3	1	-0,05 (IN)
Tecnologia Integradora	<i>Machine Learning/IA</i>	6	1	1	-	0,38 (CR)
	Simulação	6	-	1	1	0,38 (CR)
	<i>Cyber-physical Systems</i>	6	-	1	-	0,62 (CC)
	<i>Blockchain</i>	7	-	-	-	1 (AC)
Tecnologia de Aplicação	Manufatura aditiva	3	-	1	1	-0,02 (IN)
	Drones/ Veículos autoguiados	5	3	-	-	0,29 (CR)
	Robôs avançados e colaborativos	6	1	-	-	0,62 (CC)

(IN: Insignificante; LC: Leve concordância; CR: Concordância razoável; CM: Concordância moderada; CC: Concordância Considerável; AC: Alta concordância)

Fonte: Elaborado pela autora.

Ao apresentar as tecnologias digitais os entrevistados citaram barreiras para justificar a suspensão do uso ou a dificuldade de implementação. Deste modo, foram identificadas quatro barreiras no Caso B. A saber:

- i) **Contexto Econômico:** o elevado custo da tecnologia digital com os óculos de realidade aumentada será substituído por smartphone para transmissão de vídeo. Além do custo, acrescentam material para o técnico transportar ao realizar uma manutenção. Assim, o smartphone, dispositivo utilizado para outras funções, será acoplado ao equipamento de proteção individual para realização de vídeo-chamadas.

O MES do fornecedor do ERP em fase de implementação tornou-se impeditivo para a empresa devido ao elevado custo de aquisição. Desta forma, a empresa optou por permanecer com o sistema de informação MES instalado.

- ii) **Legislação:** a regulamentação aérea não permite utilizar drones para transferência de material em áreas públicas. A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) estabeleceu, em 2017, regras para operações de “Aeronaves Não Tripuladas de uso Civil”, neste trabalho denominadas drones, em que estabeleceu que tais equipamentos com peso superior a 250 gramas somente podem ser operados em áreas distantes de terceiros. Ou seja, a utilização em locais povoados não é autorizada e *“em nenhuma hipótese a distância da aeronave não tripulada poderá ser inferior a 30 metros horizontais de pessoas não envolvidas e não anuentes com a operação”*.(BRASIL, 2017, p. 4).

Conforme o entrevistado 7, a norma de elevadores não permite a utilização de peças fabricadas por manufatura aditiva, assim: *“até porque a gente segue as normas de elevadores, que não permite.”*

- iii) **Infraestrutura instalada:** Elevadores instalados há mais de 5 anos não possibilitam a atualização da tecnologia digital de IoT, assim, a empresa não ganha dados em escala.

A instabilidade da rede para transferência de dados causa a perda destes na utilização do MES. Assim, a informação gerada pelo MES perde a confiabilidade.

iv) **Habilidades para a transformação digital:** as habilidades para extrair valor dos dados que a empresa possui não foram atingidas. Segundo o Entrevistado 3, sobre o *Big Data Analytics*: *“na verdade eu tenho a tecnologia, mas não utilizo, [...] eu tenho, mas não consigo analisar. Não tenho quem faça”*. O Entrevistado 6 considera a tecnologia digital de *Big Data Analytics* importante, mas alega que poucos têm conhecimento para usar os dados, conforme: *“big data que hoje é o segredo do negócio, mas ninguém sabe tratar. A gente sabe que é o futuro, mas poucos ainda têm o conhecimento de como tratar isso aqui.”*

Devido a estas barreiras, a implementação das tecnologias digitais torna-se complexa. Assim, a utilização da realidade aumentada será descontinuada e pode-se inferir que a utilização de manufatura aditiva para peças de reposição não está plenamente consolidada na empresa. A próxima seção apresenta os impactos das tecnologias digitais nos processos da CS.

#### 4.2.2 Impactos das Tecnologias da Transformação Digital nos Processos da Cadeia de Suprimento no Caso B

A empresa possui tecnologias digitais nos processos da CS relacionados aos produtos e aos serviços. Portanto, o processo de transformação foi dividido em serviço e produção. O Quadro 58 apresenta as tecnologias por processo da CS no Caso B.

Quadro 58 - Tecnologias digitais por processo no Caso B

Processo	Classificação	Tecnologia	Estágio da tecnologia	Tecnologia processo
Transformação (Serviço)	Habilitadora	Cloud Computing	EP	9
		IoT	I	
	Integradora	Inteligência Artificial	EP	
	Aplicação	Manufatura aditiva	I	
		Realidade aumentada	I	
		Smartphone	I	
	Infraestrutura Digital (Micro Automação)	Aplicativo portal cliente	I	
		Aplicativo qrcode fornecedor	D	
GPS (controle de velocidade e login motorista)		I		
Aquisição	Infraestrutura Digital (Aquisição de Dados)	RFID	EP	8
	Infraestrutura Digital (Sistema de Informação)	ERP	D	
	Infraestrutura Digital (Micro Automação)	Armazém automatizado	EP	
		Aplicativo para aquisição EPI	I	
		Aplicativo para contagem chapa	I	
		Internet: Leilão eletrônico	I	
		Internet: Assinatura eletrônica	I	
RPA	I			
Entrega	Aplicação	Drones/veículos autoguiados	EP	8
		Robôs	EP	
		Rastreabilidade carga	D	
	Infraestrutura Digital (Aquisição de Dados)	Rastreamento ferramental	I	

Processo	Classificação	Tecnologia	Estágio da tecnologia	Tecnologia processo
	Infraestrutura Digital (Sistemas de Informação)	ERP	D	
	Infraestrutura Digital (Micro Automação)	Armazém automatizado	EP	
		RPA	I	
		Aplicativo transporte compartilhado	I	
Planejamento	Habilitadora	<i>Big Data Analytics</i>	EP	5
		IoT	EP	
	Infraestrutura Digital (Sistemas de Informação)	ERP	D	
	Infraestrutura Digital (Micro Automação)	Planejamento e previsão da demanda	EP	
Transformação (Produção)	Infraestrutura Digital (Sistemas de Informação)	MES (disponibilidade)	I	4
		Integração PCP e Produção	D	
		APS	P	
		ERP	D	
Processo não relacionado SCOR	Infraestrutura Digital (Micro Automação)	Aplicativo para assinatura contrato	I	3
		Aplicativo para aprovação de viagem	I	
		Aplicativo para notificar desvio segurança	D	
Todos os Processos CS	Habilitadora	Cloud computing	D	1
Suporte (produção)	Infraestrutura Digital (Micro Automação)	BI	I	1
Suporte (aquisição)			P	1
Devolução	Infraestrutura Digital (Aquisição de Dados)	Rastreabilidade peças	I	1
Engenharia	Aplicação	Manufatura aditiva	I	1

(Estágio - EP: Estudo ou Projeto; P: Piloto; D: Desenvolvimento; I: Implementado)  
 Fonte: Elaborado pela autora.

O processo da CS com maior quantidade de tecnologias digitais relacionadas é o de transformação (serviço). Neste, a tecnologia digital de IoT tem como objetivo auxiliar o gerenciamento da prestação do serviço de manutenção dos elevadores. A corporação prevê ainda a utilização dos dados de operação e vida útil do equipamento

gerados pela tecnologia de IoT para melhoria do produto. A proposição de IoT na literatura, prevê que os dados sobre comportamento do usuário, condições de uso e desgaste de peças suportem o aprimoramento dos produtos existentes e contribuam no projeto de outros novos. (IVANOV; TSIPOULANIDIS; SCHÖNBERGER, 2019).

Outra tecnologia digital habilitadora, a *Cloud Computing*, não está estabelecida na empresa para receber os dados da tecnologia digital de IoT. Segundo o entrevistado 3, sua utilização está sendo projetada, porém: *“eu não tenho tanta informação [...]. Eu sei que eles começaram a fazer ficha de projeto [...] é com uma empresa dos Estados Unidos que vai fazer isso aí, só não me recordo o nome”*. A corporação prevê a aplicação de *Cloud Computing* para armazenar os dados dos elevadores conectados por IoT. E explica que, a ampla quantidade de dados de elevadores nesta tecnologia habilitará a adoção de Inteligência artificial e *Machine Learning* na transformação (serviço).

Tecnologias digitais de drones e robôs, classificadas como Aplicação, são estudadas para auxiliar o processo de entrega, na atividade de instalação dos elevadores. Drones farão a medição do local de instalação por meio de *“escaneamento da caixa de corrida do elevador”* (Entrevistado 3), possibilitando a correta preparação do material a ser instalado. Os robôs são pesquisados para auxiliar na montagem dos elevadores.

Segundo o Entrevistado 7, em grandes cidades a empresa possui centros de distribuição de peças e unidades de serviço a alguns quilômetros de distância. Assim, a adoção de drones para transporte das peças entre estes locais é considerada pela empresa. A corporação possui unidades produtivas de grandes dimensões em que utiliza drones para movimentar amostras da produção para os laboratórios. O entrevistado 6 mencionou esta utilização, conforme *“[...] que nem agora tô aqui na planta e o (suprimido colaborador) tá lá em cima, mas eu quero mandar uma coisa para lá, eu poderia fazer”*.

A manufatura aditiva está implementada na engenharia, sendo utilizada em processos de desenvolvimento de produto para a confecção de protótipos e peças para a análise visual. No processo de transformação (serviço) a utilização possibilita a fabricação de peças de reposição.

As tecnologias digitais de Aplicação, realidade aumentada e o smartphone, são utilizadas no processo de transformação (serviço). Por meio do smartphone, o técnico se comunica com o cliente, emite e envia a documentação do serviço direto para o

portal e elabora, no momento do serviço, o pedido das peças necessárias para a manutenção. Da mesma forma, a realidade aumentada é utilizada na atividade de manutenção, ou seja, na prestação do serviço no processo de transformação (serviço).

As tecnologias de Infraestrutura Digital, rastreabilidade de peças e ferramental e a identificação de materiais por RFID, são tecnologias da subclasse de Aquisição de Dados. O rastreamento de ferramental permite controlar as ferramentas necessárias à instalação dos elevadores, contribuindo para a realização do processo de entrega, na atividade de instalação. O trecho a seguir apresenta a forma de utilização da tecnologia de rastreamento de ferramental:

*"qualquer movimentação que é feita já tem uma atualização de satélite automática que tu pode monitorar. Se tu pegar lá um ferramental nossos dessa obra aqui e colocar nessa vizinha aqui, ou num outro estado, qualquer lugar que tu movimentar aquele ferramental, já automaticamente ele se atualiza no mapa. Tu consegue ver endereço e tudo mais."* (Entrevistado 2).

Pode-se evidenciar que a rastreabilidade de peças auxilia o processo de devolução, possibilitando a remanufatura. A tecnologia consiste em um código de barras, que pode ser lido na empresa e nas filiais, contendo o histórico da peça. Os trechos a seguir apresentam a utilização da rastreabilidade para permitir a logística reversa e, conseqüentemente, a remanufatura dos itens:

*"Eu tenho uma política clara de itens remanufaturados. Porque tem cliente que não quer pagar a peça nova, ele quer uma peça remanufaturada [...]. Então eu tenho dois códigos para mesma peça, mas eu tenho uma peça que ela é uma história nova, com rastreabilidade vinda do fornecedor e uma outra que já tem um histórico [...]. Eu tenho hoje uma etiqueta que a serial Number, eu tenho também a etiqueta de rastreabilidade. [...] Eu não tenho tudo, eu sei quando sai aqui, mas não sei quando entra no fornecedor, mas se é num processo de outra filial minha sim."* (Entrevistado 6).

*"A nossa logística reversa é interna. Quando a gente aplica um material, e o contrato cobre peças, a peça que eu retirei, eu faço a logística reversa [...], totalmente rastreada por um código de barras."* (Entrevistado 8).

As tecnologias de Sistema de Informação são apontadas pelos entrevistados, sendo a implementação do novo ERP a maior expectativa para a transformação digital, uma vez que terá aplicações em todos os processos da CS. Os demais Sistemas de Informação observados são aplicados no processo de transformação (produção).

Diversas das tecnologias digitais apresentadas pelos entrevistados são Micro Automações pertencentes à classe de Infraestrutura Digital. Estas tecnologias utilizam

os dados coletados pelas tecnologias de aquisição de dados, os sistemas de informação ou o smartphone para automatizar atividades tornando-as mais simples.

Assim, o planejamento e previsão de demanda, que é uma boa prática estabelecida no modelo SCOR para o planejamento da CS, será adotado na empresa para previsão de vendas para o cliente final. Devido a característica do produto (vida útil de aproximadamente cinquenta anos), a estimativa de qual peça de manutenção será necessária e em qual região, melhoraria o atendimento ao serviço.

Assim, a empresa utilizará o histórico de falhas de todos os equipamentos instalados para realizar uma previsão de quais peças falham, dependendo do tempo de operação do elevador. Para novos elevadores, a previsão de demanda baseia-se no histórico de vendas e na análise do mercado da construção civil. Os fornecedores não recebem previsão de demanda, conforme o trecho da entrevista a seguir, referindo-se às tecnologias digitais em geral: “[...] ele não visualiza o meu estoque, 100% do tempo, ele não visualiza minha previsão de demanda [...]” (Entrevistado 8).

Da mesma forma, o modelo SCOR descreve o BI (*Business Intelligence*) como boa prática da CS. O BI consiste na coleta dados e agregação em relatórios, gerando análises para a tomada de decisão. Os dados utilizados na tecnologia são coletados em sistemas de informação. Na empresa foi descrita a utilização do BI na aquisição e na transformação (produção), fornecendo indicadores para a melhoria destes processos, porém pode-se inferir que esta é uma tecnologia de suporte, visto que fornece dados para a tomada de ação, mas não realiza nenhuma atividade da CS, sendo assim considerada suporte aos processos a que esta relacionada. Com a implementação do novo ERP, há expectativa de possuir *dashboards* de BI em tempo real.

O RPA pode ser utilizado em operações repetitivas e de elevado volume realizadas em sistemas de informação. Os entrevistados apontam sua utilização no processo de entrega, com a emissão de notas fiscais e no processo de aquisição com a realização de pedidos diretamente aos fornecedores, assim que o RPA detecta que o estoque mínimo foi atingido.

A empresa utiliza tecnologias de internet e aplicativos no smartphone para desenvolver o processo de aquisição. E, a corporação considera de fundamental importância a transformação digital neste processo. Assim, desenvolve parcerias com fornecedor de software, buscando a digitalização das atividades de compras, contratos, fornecedores, catálogos e troca de documentos. O aplicativo de transporte

compartilhado é utilizado pelo técnico para deslocar-se entre os locais onde prestará o serviço de manutenção, caracterizando o processo de entrega do serviço.

O Quadro 59 apresenta a enumeração das respostas sobre os impactos das tecnologias nos processos da CS.

Quadro 59 – Impacto da implementação de tecnologias digitais nos processos da CS no Caso B

Processo	As tecnologias são utilizadas para:	CP	C	D	DP	NPO
Planejamento	a) colaboração entre vendas, marketing, manufatura, logística e outras funções no planejamento estratégico/ tático de operações;	2	1	-	-	-
	b) desenvolver processo de planejamento de demanda;	2	-	-	-	1
	c) colaborar com clientes e fornecedores no planejamento da cadeia de suprimentos;	2	1	-	-	-
	d) analisar a variabilidade da demanda do produto;	1	2	-	-	-
	e) definir prioridades do cliente.	-	2	1	-	-
Aquisição	a) desenvolver processo de planejamento de compras;	-	1	-	-	-
	b) colaborar com fornecedores para desenvolver o planejamento de aquisição;	1	-	-	-	-
	c) promover relacionamentos de longo prazo com fornecedores estratégicos;	-	1	-	-	-
	d) promover a redução de fornecedores;	1	-	-	-	-
	e) desenvolver fornecedores estratégicos para todos os produtos/serviços.	1	-	-	-	-
Produção	a) colaboração entre vendas, marketing, manufatura, logística e outras funções no processo de planejamento operacional;	-	1	-	-	-
	b) integrar a programação de chão de fábrica com o processo geral de programação;	1	-	-	-	-
	c) acompanhar mudanças no planejamento por meio de um processo formal de aprovação de documentos	-	1	-	-	-
	d) operar processos de fabricação just-in-time;	1	-	-	-	-
	e) realizar programas de manutenção preventiva total.	1	-	-	-	-
Entrega	a) promover rastreamento de entrega;	1	-	-	-	-
	b) monitorar o desempenho de entrega;	-	-	1	-	-
	c) monitorar a precisão do inventário;	1	-	-	-	-
	d) promover o monitoramento da satisfação do cliente;	-	-	1	-	-
	e) acompanhar o status de entrega do pedido.	1	-	-	-	-

Processo	As tecnologias são utilizadas para:	CP	C	D	DP	NPO
Devolução	a) promover a rastreabilidade da devolução;	-	1	1	-	-
	b) permitir a logística reversa;	-	2	-	-	-
	c) capturar dados do produto durante a vida útil (relacionado à sustentabilidade e ao correto descarte);	-	1	1	-	-
	d) permitir a remanufatura do produto.	-	1	1	-	-

(CP: Concordo Plenamente; C: Concordo; D: Discordo; DP: Discordo Plenamente; NPO: Não posso opinar)

Fonte: Elaborado pela autora.

O índice de concordância Alpha de Krippendorff foi realizado para os processos da CS respondidos por mais de um entrevistado. Não há concordância entre os entrevistados nos processos de planejamento e devolução. Os índices de concordância Alpha de Krippendorff para o planejamento e a devolução são apresentados no Quadro 60.

Quadro 60 – Índice de Concordância sobre Impacto das Tecnologias nos processos da CS do Caso B

Processo	Alpha de Krippendorff ( $\alpha$ )
Planejamento	0.291 (IN)
Devolução	-0.4 (IN)

(IN: Insignificante; CA: Concordância aceitável; AC: Alta concordância)

Fonte: Elaborado pela autora.

Pode-se evidenciar ainda que algumas das tecnologias apresentadas não estavam relacionadas aos processos do modelo SCOR. São tecnologias digitais que visam a facilitar processos de assinatura de contratos de vendas, aprovação de viagem, notificação de acidentes e incidentes, etc.. A seção seguinte apresenta os impactos das tecnologias digitais nas *capabilities* de robustez e resiliência nos processos da CS.

#### 4.2.3 Impactos das Tecnologias nas *Capabilities* da Cadeia de Suprimento no Caso B

O índice concordância Alpha de Krippendorff sobre o impacto das tecnologias digitais nas *capabilities* não pode ser realizado, visto que apenas um entrevistado

respondeu à respeito das *capabilities*. O Quadro 61 apresenta as respostas do Entrevistado 8 para as *capabilities* de robustez e resiliência.

Quadro 61 - Impacto das Tecnologia digitais nas Capabilities de robustez e resiliência no Caso B

Capability	Em que medida o uso de tecnologias digitais em sua rede de cadeia de suprimentos permite:	CP	C	D	DP	NPO
Robustez	a) Nossa CS permanece eficaz e sustentável mesmo quando ocorrem rupturas internas/ externas;	-	-	1	-	-
	b) Evitamos ou minimizamos a ocorrência de riscos nos antecipando e preparando para eles;	1	-	-	-	-
	c) Absorvemos um nível significativo de impactos negativos de riscos recorrentes;	-	-	1	-	-
	d) Temos tempo suficiente para considerar reações mais efetivas.	1	-	-	-	-
Resiliência	a) Nos adaptamos às situações disruptivas, reestruturando rapidamente os processos da CS;	-	1	-	-	-
	b) Respondemos prontamente e adequadamente a interrupções da CS;	-	-	1	-	-
	c) Recuperamos rapidamente o nível de desempenho anterior ou um nível mais desejável;	-	-	1	-	-
	d) Reduzimos a extensão dos impactos negativos por meio de respostas rápidas.	-	1	-	-	-

(CP: Concordo Plenamente; C: Concordo; D: Discordo; DP: Discordo Plenamente; NPO: Não posso opinar)

Fonte: Elaborado pela autora.

O entrevistado 8 discorda da capacidade da CS permanecer robusta em caso de interrupção e de absorver os impactos negativos. Assim, a robustez da CS não é plenamente atingida, conforme trechos a seguir:

*“Quando a gente perde, por exemplo, a Cloud. Quando a gente perde rastreabilidade, que é através da cloud computing, quando a gente perde, por exemplo, um CPS, se der um problema de sensoriamento lá, a gente perde um pouco da situação da fábrica. Então não permanece da mesma forma”.* (Entrevistado 8).

*“[...] eu consigo prever um risco, mas a pergunta diz que eu tenho capacidade de absorver um risco de impactos negativos. As tecnologias permitem me antecipar, tomar medidas preventivas, mas uma vez que ele aconteceu, o impacto, a empresa não sai bem porque ela tem essa tecnologia. Ela sofre o impacto de toda a forma.”* (Entrevistado 8).

Sobre os impactos das tecnologias na capability de resiliência da CS, o entrevistado 8 afirma que a CS: *“[...] é de uma cadeia muito longa, fornecedores distantes, processos de importação. Não tem pronta resposta, quando há interrupções na supply, mesmo com a tecnologia, não há como”*. Logo, sobre a integração da CS, que pode gerar a capability de resiliência, o Entrevistado 8 afirma: *“[...] não apoia*

*significativamente na cadeia, porque eu não estou integrado numa cadeia absoluta com meu fornecedor*”. Assim, pode-se inferir que a *capability* de resiliência não é plenamente alcançada pela empresa. Contudo, com a finalização da implementação do novo ERP, o Entrevistado 8 espera obtê-la, assim: *“isso tudo a gente está num processo muito forte para fevereiro, quando o (suprimido ERP) entrar em operação a gente vai fazer isso com os fornecedores principais”*.

Devido à resposta do impacto nas *capabilities* ter sido realizada por apenas um entrevistado, a análise do Quadro 62 é mais significativa para avaliar os impactos das tecnologias digitais nas *capabilities* e nos processo da CS. No Quadro 62 os valores representam a quantidade de vezes que a tecnologia foi associada às *capabilities*.

Quadro 62 - Impacto das Tecnologias digitais nas *capabilities* da CS no Caso B

Classificação	Tecnologia	Processo	Resiliência	Robustez
Habilitadora	IoT	Transformação (Serviço)	-	1
Aplicação	Manufatura aditiva	Transformação (Serviço)/ Aquisição	1	1
	Smartphone	Transformação (Serviço)	1	-
Infraestrutura Digital (Micro Automação)	Aplicativo para contagem chapa	Aquisição	-	1
	Aplicativo portal cliente	Transformação (Serviço)	1	-
Infraestrutura Digital (Aquisição de Dados)	Rastreamento ferramental	Entrega	-	1

Fonte: Elaborado pela autora.

Pode-se evidenciar que a tecnologia digital de IoT aplicada ao produto proporciona robustez antecipando o atendimento e reduzindo a percepção da falha. Segundo a corporação, a robustez advém da manutenção preditiva, em que tarefas de manutenção podem ser agendadas antes da falha do equipamento, antecipando a ação e garantindo a continuidade do serviço. Mesmo com a análise preditiva não implementada, o Entrevistado 3 observa benefício na utilização da IoT na empresa, uma vez que este comunica o técnico quando ocorrem falhas que interrompem o funcionamento do equipamento, antecipando a notificação do problema. Conforme evidenciado na afirmação a seguir:

*“uma vez que o (suprimido equipamento) abre o chamado no momento que acontece, uma vez que não precisa o cliente ver que o elevador está parado. Então tem caso que a gente conserta o problema antes do cliente ver, quanto menor o tempo parado melhor”.* (Entrevistado 3).

A tecnologia digital de Aplicação, manufatura aditiva, propicia resiliência, visto que não necessita aguardar pelo fornecedor para fabricar peças de reposição. Além disso, proporciona robustez, reduzindo o custo, uma vez que exclui a necessidade de adquirir um lote mínimo, que poderia resultar em estoque obsoleto.

O smartphone, outra tecnologia de Aplicação, conecta o técnico com o cliente, possibilitando integração e dando maior visibilidade para a operação. Além disso, habilita a *capability* de resiliência, dado que esta tem ligação com a integração entre os processos da CS e considerando que para obter uma CS resiliente, os envolvidos devem possuir relacionamentos colaborativos e confiáveis, com visibilidade, permitindo a solução conjunta dos problemas. (WATERS, 2007).

A tecnologia de Infraestrutura Digital que permite a aquisição de dados de localização do ferramental, possibilitando o rastreamento deste, minimiza os riscos de atrasos ou de não atender o cliente. Ao localizar o ferramental e disponibiliza-lo no local em que é mais necessário, proporciona a *capability* de robustez ao processo de entrega. O alto valor do ferramental constitui outra razão para realizar o rastreamento, visto que proporciona robustez auxiliando a empresa a reduzir custos.

A Micro Automação, criada como um aplicativo que realiza a contagem de chapas, garante maior acuracidade do estoque de matéria-prima, minimizando os custos de estoque e garantindo que não faltará material para processamento. A próxima seção apresenta a repercussão nos critérios competitivos dos impactos nos processos da transformação digital na CS no Caso B.

#### 4.2.4 Repercussões nos Critérios Competitivos dos Impactos nos processos da Transformação Digital da Cadeia de Suprimento no Caso B

Esta seção busca analisar desempenho operacional da empresa em relação à concorrência e a importância atribuída pelo cliente aos fatores competitivos baseado nas respostas dos entrevistados. Além disso, explicita a repercussão das tecnologias digitais nos fatores e critérios competitivos no Caso B.

Para o serviço, o custo é o desempenho operacional mais relevante para o cliente e o critério competitivo da empresa com melhor índice em relação à

concorrência. O Quadro 63 apresenta os resultados sobre os fatores competitivos em relação à concorrência e a importância que o cliente atribui a estes no serviço.

Quadro 63 - Desempenho competitivo no Caso B para o Serviço

Fator competitivo	Desempenho em relação à concorrência (1 a 6)	Importância para o cliente (1 a 9)	Critério competitivo
Desempenho da Planta			
Custo unitário de mão-de-obra	-	-	Custo
Custo unitário total do produto	6	8	
Custo unitário de matéria-prima	-	-	
Velocidade de entrega	4	4	Entrega
Confiabilidade de entrega	4	5	
Resposta a mudanças nas datas de entrega	4	7	
Desempenho do produto	4	3	Qualidade
Conformidade do produto com as especificações do cliente	4	8	
Serviço de pré-venda e serviço pós-venda	3	6	
Flexibilidade do volume de produção	-	-	Flexibilidade
Flexibilidade da variedade de produção	-	-	
Novos produtos introduzidos anualmente	-	-	
Prazo de entrega para introduzir novos produtos	-	-	
Prazo de execução para implementar novos processos ou alterar os existentes	5	6	
Acidentes com afastamento	-	-	Sustentabilidade
Consumo de recursos escassos	-	-	
Descarte de materiais perigosos	-	-	

Fonte: Elaborado pela autora.

Pode-se inferir que, no serviço, o custo constitui o critério competitivo mais importante para o cliente, dado que este realiza mensalmente o pagamento além dos valores das peças para a manutenção. Como adquirem serviços de manutenção de elevadores, que possuem vida útil média de 50 anos, os fatores competitivos de consumo de recursos escassos e correto descarte de materiais perigosos não são considerados importantes para os clientes.

Para a empresa, a retenção dos clientes depende da percepção destes da qualidade do serviço. Logo, as tecnologias digitais implementadas buscam

proporcionar um serviço rápido e sem retrabalho. Desta forma, a satisfação é alcançada por meio de soluções efetivas a problemas de manutenção e, pode ser interpretada como qualidade do serviço prestado. O esforço para aumentar a qualidade está relacionado com o pior desempenho em relação à concorrência. Logo, no atendimento aos serviços, as tecnologias visam principalmente a diminuir o custo e aumentar a satisfação do cliente.

Quanto ao produto, dois entrevistados responderam sobre o desempenho em relação à concorrência e a importância para o cliente dos fatores competitivos. O Quadro 64 apresenta o resultado médio entre os entrevistados.

Quadro 64 - Desempenho competitivo no Caso B para o Produto

Fator competitivo	Desempenho em relação à concorrência (1 a 6)	Importância para o cliente (1 a 9)	Critério competitivo
Desempenho da Planta			
Custo unitário de mão-de-obra	4	1	Custo
Custo unitário total do produto	4	5	
Custo unitário de matéria-prima	4	1	
Velocidade de entrega	4	9	Entrega
Confiabilidade de entrega	5	9	
Resposta a mudanças nas datas de entrega	3	8	
Desempenho do produto	4	8	Qualidade
Conformidade do produto com as especificações do cliente	4	7	
Serviço de pré-venda e serviço pós-venda	5	9	
Flexibilidade do volume de produção	4	3	Flexibilidade
Flexibilidade da variedade de produção	4	4	
Novos produtos introduzidos anualmente	4	4	
Prazo de entrega para introduzir novos produtos	4	4	
Prazo de execução para implementar novos processos ou alterar os existentes	5	5	
Acidentes com afastamento	5	5	Sustentabilidade
Consumo de recursos escassos	3	2	
Descarte de materiais perigosos	5	4	

Fonte: Elaborado pela autora.

Segundo os entrevistados, os critérios competitivos com melhor desempenho são a qualidade e a sustentabilidade. Sendo a qualidade o segundo critério considerado pelo cliente. A entrega tem a pior performance comparado ao concorrente e, é o desempenho competitivo mais importante para o cliente. Foi possível verificar que a entrega é considerada importante para o cliente, visto que este tem prazos de projeto e a instalação do elevador faz parte do cronograma. No Quadro 65 são apresentadas as relações das tecnologias digitais com os fatores competitivos habilitados ou a expectativa com a implementação.

Quadro 65 – Fator competitivo por tecnologia digital no Caso B

Classificação	Tecnologia	Processo impactado	Real	Esperado	Não previsto	
					Real	Esperado
Habilitadora	IoT	Transformação (Serviço)	Custo de mão-de-obra, Velocidade de entrega (do serviço)		Desempenho do serviço	Desempenho do serviço
		Planejamento		Velocidade de Entrega		Desempenho do serviço
Aplicação	Realidade aumentada	Transformação (Serviço)	Custo de mão-de-obra Velocidade de entrega (do serviço)		Desempenho do serviço	
	Manufatura aditiva	Transformação (Serviço)	Custo com matéria-prima, Velocidade de entrega		Custo de estoque	
	Smartphone	Transformação (Serviço)	Custo de mão-de-obra		Desempenho do serviço	
	Drones	Entrega		Conformidade do produto com as especificações do cliente, Custo de mão-de-obra, Velocidade de entrega		
	Robôs					Ergonomia
	Armazém automatizado	Aquisição/ Entrega			Custo de mão-de-obra	

Classificação	Tecnologia	Processo impactado	Real	Esperado	Não previsto	
					Real	Esperado
Infraestrutura (Aquisição de dados)	Rastreamento ferramental	Entrega			Custo do ferramental	
	Código de barras	Suporte (devolução)	Custo de matéria-prima (remanufatura)			Descarte de material
	Rastreabilidade de carga	Entrega	Confiabilidade de entrega	Confiabilidade de entrega		
	RFID	Aquisição		Custo de mão-de-obra		
Infraestrutura (Sistema de Informação)	MES		Custo de mão-de-obra Flexibilidade da variedade de produção			
	Integração PCP e Produção			Flexibilidade da variedade de produção		Minimiza a utilização de papel
	APS	Transformação (Produção)		Custo de mão-de-obra, Flexibilidade do volume de produção, Confiabilidade de entrega		
	ERP			Custo de mão-de-obra, Velocidade de entrega, Flexibilidade da variedade de produção		
	ERP	Entrega		Custo de mão-de-obra, Confiabilidade de entrega		
	ERP	Aquisição		Custo de mão-de-obra, Confiabilidade de entrega		

Classificação	Tecnologia	Processo impactado	Real	Esperado	Não previsto		
					Real	Esperado	
	ERP	Planejamento			Flexibilidade: modificar programação		
Infraestrutura Digital (Micro Automação)	Aplicativo leitura qrcode	Transformação (Serviço)		Velocidade de entrega			
	Aplicativo portal cliente	Suporte (serviço)			Transparência na previsão de entrega		
	Aplicativo de transporte		Acidentes com afastamento		Custo de transporte		
	Aplicativo para aquisição EPI	Aquisição	Custo de mão-de-obra				
	Internet: Leilão eletrônico	Suporte (aquisição)	Custo de matéria-prima				
	Internet: Assinatura eletrônica	Suporte	Custo de mão-de-obra				
	Planejamento e previsão da demanda	Planejamento	Velocidade de entrega				
	GPS (controle de velocidade e login)	Suporte			Segurança dos colaboradores		
	RPA	Entrega		Custo de mão-de-obra, Velocidade de entrega			
		Aquisição		Custo de mão-de-obra			
		Planejamento				Custo de estoque	
Aplicativo desvio segurança	Suporte	Acidentes com afastamento					
Aplicativo contagem chapa	Aquisição				Custo de inventário de estoque físico		

Fonte: Elaborado pela autora.

Pode-se verificar que as ações são direcionadas, predominantemente, à redução de custo - proporcionada pela diminuição da necessidade de mão-de-obra - e ao aumento da produtividade. O trecho a seguir explana a relação das tecnologias digitais com a produtividade:

*“eu entendo que a tecnologia, ela no mercado de commodities de elevadores de passageiros, no custo unitário total impacta em um nível não muito relevante. No **custo unitário da mão de obra**, e pouco no produto, **ela é muito mais para aumentar produtividade**.”* (Entrevistado 8, grifo nosso).

O impacto das tecnologias digitais nos fatores competitivos será apresentado na ordem de classificação das tecnologias digitais, sendo no Caso B: Habilitadoras, Aplicação e Infraestrutura Digital. Dentro da classe Infraestrutura Digital o impacto será apresentado na ordem das subclasses: Aquisição de Dados, Sistema de Informação e Micro Automação.

A tecnologia Habilitadora, IoT, permite que o tempo de atendimento seja reduzido e que não haja retrabalho, de modo que a percepção de qualidade do serviço esteja relacionada à disponibilidade do equipamento e ao seu correto funcionamento. Ao comunicar ao técnico assim que a interrupção do funcionamento do equipamento ocorre, antecipa a manutenção e melhora a velocidade de entrega do serviço. O trecho a seguir manifesta a utilização da IoT visando a satisfação dos clientes:

*“[...] tem ganhos em muito meios. Ele tem ganhos de redução de cancelamento do cliente, em função dos clientes verem muitos benefícios, [...] acaba sendo uma fidelização, [...] por ver benefícios na tecnologia. **Tu tem maior tempo de disponibilidade de equipamento**, uma vez que, o (suprimido produto) abre o chamado no momento que acontece, uma vez que, não precisa o cliente ver que o elevador está parado, [...] **quanto menor tempo parado melhor**.”* (Entrevistado 3, grifo nosso)

O desempenho do serviço não era fator competitivo previamente estabelecido no protocolo de estudo de caso. Contudo, na prestação de serviço a qualidade está relacionada à percepção do cliente das condições de operação do equipamento e da sua disponibilidade para ser utilizado. Desta forma, o desempenho do serviço foi incluído ao critério competitivo da qualidade.

A redução da mão-de-obra é alcançada, uma vez que a IoT informa ao técnico o que causou a interrupção, reduzindo o tempo de identificação da falha e, conseqüentemente, o prazo para realização do serviço. Deste modo, o atendimento à demanda por serviço pode ser realizado com menor quantidade de colaboradores. Os trechos a seguir explicitam esta redução de mão-de-obra:

*“Além disso, nós temos treinamento, o (suprimido produto) serve como treinamento para os técnicos. Quando tu tem a solução ali, **com o diagnóstico preciso do que fez o elevador parar, não tenho o tempo de diagnóstico**, do técnico chegar lá, ir até o quadro de comando ver o que aconteceu, ter que analisar, então tem todo esse benefício”. (Entrevistado 3, grifo nosso).*

*“[...] **consigo fazer uma manutenção mais direcionada**. Ele me diz em que parte do equipamento, então eu **perco menos tempo, a produtividade sobe**. Eu consigo fazer com menos pessoas”. (Entrevistado 8, grifo nosso)*

Assim como para a IoT, a realidade aumentada possibilita uma manutenção mais rápida e com menores retrabalhos, elevando o desempenho e a velocidade de entrega do serviço e reduzindo a mão-de-obra. A identificação física do local a ser realizada a manutenção, com os diagramas elétricos sobrepostos ao local no elevador em que deve ser feita a intervenção, possibilita aos técnicos realiza-la em menor tempo e com maior qualidade. Os trechos a seguir confirmam esta repercussão:

*“ele pode ter uma consulta rápida, um esquema elétrico. Ele pode falar rapidamente com um suporte técnico. Ele está ali na frente do campo, às vezes, ele faz um vídeo ali, e uma vídeo-chamada e já consegue conversar [...]”. (Entrevistado 5)*

*“Nós conseguimos **transferir diagramas elétricos** [...]. Ele consegue ver pelo próprio óculos. O especialista consegue compartilhar a tela da área de trabalho, o cara vê em tempo real o que vê na tela, aproxima diagramas elétricos.” (Entrevistado 3, grifo nosso)*

*“o smartglass tem muito a questão de treinamento também, [...] **teve redução no número de chamados**, de chamados e rechamados, porque, uma vez que tu faz a **preventiva bem-feita, tu tem bem menos corretivas**, acho que é isso.” (Entrevistado 3, grifo nosso)*

Cabe destacar que para a tecnologia de realidade aumentada não são esperados ganhos futuros e, a empresa pretende descontinuar o uso, substituindo-o pela utilização do smartphone. Contudo, a corporação vê como vantagem a utilização de realidade aumentada para separação de material, visando aumentar a qualidade e velocidade das entregas.

A manufatura aditiva fornece peças de reposição aumentando a velocidade de entrega do serviço, visto que não há necessidade de aguardar uma cotação, escolha de fornecedor, colocação de pedido, fabricação e entrega dos itens. A despesa com estocagem de material não estava prevista, entretanto, a manufatura aditiva ao dispensar a aquisição de lote mínimo, reduz os custos de estoque com peças que poderiam tornar-se obsoletas. A fabricação de peças de reposição por manufatura aditiva reduz os custos com matéria-prima, pois permite fabricar apenas as peças necessárias à manutenção que será realizada. Os trechos a seguir apresentam estas repercussões:

"tem uma demanda pontual. Normalmente quando surge lá, a **necessidade de campo**, né? Que a gente **não tem um fornecedor ou coisa do tipo**, que aí a gente desenvolve um projetinho para fazer, né? Então é meio que apaga incêndio." (Entrevistado 2, grifo nosso).

"além hoje de uma questão de custo, né? Porque como a gente não tem fornecedor, ou, às vezes, a gente até tem o fornecedor, mas o fornecedor quer sei lá, **um lote mínimo de 200 peças, às vezes, precisa de uma, às vezes duas**." (Entrevistado 2, grifo nosso).

"tu tem um custo baixo, também tu não tem que utilizar a caixa, né? Para fazer uma aquisição de uma coisa que de repente **pode ficar dormente no estoque, além de conseguir atender o cliente no prazo satisfatório**, que daí a gente trata com urgência, faz um frete aéreo, esses são os principais ganhos daí." (Entrevistado 2, grifo nosso).

"a impressão que a gente tinha, a **matéria-prima era só em plástico**. A grande ideia seria porque, na parte de desenvolvimento, de reposição e em serviços, tu tem elevadores de 30 a 40 anos atrás. **Então tu não encontra mais facilmente algumas peças de reposição**". (entrevistado 5).

Porém, o Entrevistado 5 acredita que a adoção da manufatura aditiva para peças de reposição não está mais sendo utilizada e que "essa seria a grande ideia, mas é o que eu digo: isso não, não vi assim, evolução nisso", mas que pode ser desenvolvida, e "[...] meu sentimento é que tem potencial, mas tem que ser mais explorado". Na engenharia, no processo de desenvolvimento de produtos, a manufatura aditiva é utilizada para análise visual das peças. Porém, o processo de desenvolvimento não é considerado um processo da CS. Assim, no trecho a seguir, esclarece a utilização da manufatura aditiva para protótipos e análise visual para o desenvolvimento de produto:

"mas aqui a gente utiliza de fornecedores, e quando precisa... tem que tomar uma decisão em confecção de moldes, e tu primeiro faz uma peça impressa em 3D para análise visual, dos ângulos, na verdade isso já é aplicado, quando há necessidade, não em itens produtivos, é no desenvolvimento de novos itens". (Entrevistado 7).

A tecnologia de Aplicação smartphone visa digitalizar algumas atividades relacionadas à manutenção e a fornecer suporte aos técnicos, buscando reduzir custo e aumentar a percepção de qualidade do serviço. A redução de mão-de-obra ocorre visto que o smartphone possibilita realizar a atividade rapidamente, permitindo ainda a comercialização dos itens necessários para a manutenção no momento da prestação de serviço. Os trechos a seguir apresentam essa aplicação:

"Tem a parte das **fichas de manutenção preventiva digital**, que acaba sendo uma conveniência do cliente [...]. Ele vai direto para o e-mail do cliente, mostrando as atividades feitas pelo técnico, e também vai para o portal que ele pode acessar a qualquer hora." (Entrevistado 3, grifo nosso).

"[...] então hoje, **além de um técnico, ele é também um vendedor**, ele tá atuando diretamente para **ganhar tempo**, porque o **processo hoje tem que ser dinâmico e rápido**. Até porque, **equipamento parado é condômino chateado, geração de reclamação para o condomínio e, para a própria empresa que mantém a manutenção**."

Então essa **perda de tempo comercial e técnica não existe mais**, a gente já agregou tudo na mesma solução". (Entrevistado 6, grifo nosso)

As tecnologias digitais de Infraestrutura Digital que realizam a aquisição de dados buscam, predominantemente, a rastreabilidade de ferramental, de peças e de cargas, sendo o custo e a entrega prioridades destas tecnologias.

A rastreabilidade realizada no ferramental utilizado para a instalação do elevador contribui para o controle de localização, sendo justificada devido ao seu elevado custo e também a necessidade de sua disposição no local em que é mais necessário. Assim, a empresa consegue ter uma menor quantidade de ativos e elevar a produtividade destes, não deixando-os ociosos, além de garantir que o ferramental não seja extraviado ou furtado. Nos trechos a seguir esta utilização é apresentada:

*"[...] questão de segurança, de rastreabilidade dessas ferramentas, **são ferramentas de alto valor agregado** e conseguir monitorar isso."* (Entrevistado 2, grifo nosso).

*"**Porque são coisas caras** e, eu **preciso ter a melhor produtividade possível do ferramental**. Se ele tiver ocioso, eu tô perdendo dinheiro. Então, ele tem que estar girando nas obras, que estão em processo de instalação. Hoje, nós temos cerca de 230 obras, 250 obras por mês em execução, e o prazo médio sempre demora de 60, 90 dias. Então eu tenho cerca de 750 até mil obras em andamento, no Brasil inteiro, **com funcionários terceiros lá mexendo instalando coisa e eu precisando desses ferramentais, porque isso que dá produtividade**. Então, eu tenho que girar muito rápido, e eu **não posso ter muito ativo porque senão meu custo vai embora**." (Entrevistado 6, grifo nosso).*

O custo com ferramental não era fator competitivo previamente definido, contudo, na atividade de instalação de elevadores é significativo. E, assim, foi adicionado ao critério competitivo de custo.

Atualmente, o rastreamento de carga auxilia a empresa a ter maior confiabilidade nos prazos de entrega, mas não garante a qualidade da entrega. Permite o *"cumprimento de prazo, seria um follow-up. Follow-up contínuo com nosso cliente final."* (Entrevistado 8). Assim, conforme o entrevistado 8:

*"a única que eu posso concordar é com prazo, mas não se ela foi bem descarregada. Porque nós estamos falando de materiais pesados [...], eu consigo ver em qual região do Brasil está, e se a carga foi entregue, foi concluído. Agora se ele entregou com tudo quebrado, não sabemos, só limitado ao prazo."*

As etiquetas de código de barras fixadas nas peças permitem a rastreabilidade dos itens que são instalados pela empresa. Estas etiquetas são lidas na movimentação de material e geram um histórico dos itens, possibilitando a logística reversa e a remanufatura. Conforme trecho a seguir:

*"[...] toda minha cadeia tem logística reversa, principalmente para a parte eletrônica. Eu não tenho tudo, mas eu tenho hoje, em valor, uns 60% eu tenho logística reversa, mas também é parcial [...] é tudo por rast... leitura serial." (entrevistado 6)*

Sobre a remanufatura das peças, o entrevistado 6 afirma que *"do elevador completo não, de peça sim. Aí eu posso dizer que é parcial, do elevador completo, inclusive, é um dos pontos que nós vamos ter que trabalhar muito forte agora por causa da lei de resíduos sólidos e outras coisas mais"* evidenciando a preocupação da empresa com o correto descarte de material e a *"redução de custos após a remanufatura do item, remanufatura ele consegue vender com custo menor."* (Entrevistado 8). Desta forma, a rastreabilidade de peças possibilita a remanufatura permitindo reduzir os custos com matéria-prima.

As tecnologias digitais de Sistema de Informação implementadas e em desenvolvimento para a transformação (produção) têm repercussão na elevação da produtividade, contribuindo para o critério competitivo de custo. Uma maior produtividade possibilita elevar a quantidade produzida, garantindo assim o atendimento dos prazos de entrega.

O MES implementado mede a disponibilidade do equipamento, permitindo segundo o entrevistado 4, *"uma análise de capacidade da fábrica para o PCP"* e um *"trabalho de melhoria contínua, né? Saber quais são os três pontos. Fazer o Pareto ali dos principais problemas e trabalhar neles [...]"*. O entrevistado 4 expõe que a correta utilização do MES é essencial, porém depende dos colaboradores. Conforme trecho a seguir:

*"o grande problema é que a gente só não sabe aonde atacar se ele não justifica, que daí também a gente tem um relatório e cobra, tipo essa máquina tem mais de, a gente colocou uma hora de tolerância no dia sem justificativa, uma hora é aceitável não ter justificativa, passou disso o líder tem a obrigação de "opa, ontem teve três horas sem justificativa""* (Entrevistado 4).

Desta forma, o MES permite que a empresa controle a capacidade produtiva e realize a melhoria contínua, possibilitando o aumento da produtividade. Este aumento irá gerar menor custo de mão-de-obra, contribuindo para o critério competitivo de custo e aumento da flexibilidade, permitindo a empresa variar o volume produzido.

O ERP é utilizado para garantir flexibilidade do volume de produção no processo de planejamento, visto que permite programar a produção para melhor atender os clientes. Conforme trecho a seguir:

*"compartilha com vendas e a gente sabe que determinada semana, a gente não pode vender produto, porque já está com a super capacidade [...]. Então a gente usa para determinar... **para balanceamento de produção**. Então a área de vendas, junto com a fábrica, a gente está sempre ligado, justamente através dessas informações. Isso no estratégico assim, no sentido do resultado da empresa."* (Entrevistado 8).

*"Eu hoje trabalho direto com área de vendas. Eu tenho os painéis de vendas para saber onde eles estão vendendo, que que eu tenho que preparar para a frente, a gente chama de S&OP".* (Entrevistado 6).

As Micro Automações buscam prioritariamente a redução do custo. Dentre estes, o de mão-de-obra é o mais citado. Ainda, são implementadas tecnologias para melhorar o desempenho de entrega e a sustentabilidade.

O RPA, sendo uma Micro Automação, tem sua utilização atual no processo de entrega, reduzindo o custo de mão-de-obra e maximizando a velocidade de entrega, visto que automatiza a emissão de notas fiscais. Conforme o entrevistado 2, o RPA *"faz o mesmo processo, né? Porém de uma forma muito mais rápida, então eu ganhei duas mão-de-obra para fazer outros processos porque o robô faz esse hoje para mim."*

Da mesma forma, a assinatura eletrônica de contratos proporciona a redução dos custos com mão-de-obra, além de possibilitar maior confiabilidade da informação. Segundo o entrevistado 8, *"[...] foram reduzidas muitas pessoas, de BackOffice, [...] porque o contrato segue [...] vai para o cliente, o cliente assina digitalmente, então o (suprimido nome) também é redução de pessoas por conta de aumento de produtividade. Processa muito mais contratos com menos gente."*

Ainda como redução de custo, o aplicativo que realiza a contagem de chapa minimiza a necessidade de realizar inventário físico de estoque. As chapas metálicas são matérias-primas essenciais para o produto e a empresa tem problemas de acuracidade de estoque deste material. Assim, o aplicativo de contagem de chapa *"não vai resolver 100%, não vai ser definitiva a solução, mas ele vai ajudar a minimizar bastante."* (Entrevistado 5). Deste modo, as despesas com inventário, não prevista anteriormente, foram adicionadas ao critério de custo.

O aplicativo de transporte compartilhado contribui para que os técnicos se locomovam com maior segurança para os locais de serviço e gerou uma redução significativa no custo de deslocamento. A repercussão da utilização do aplicativo de transporte compartilhado pode ser evidenciada no trecho a seguir:

*"eu **deixei então de ter um carro da frota**, para botar (suprimido nome), nossos parceiros hoje, **redução de 27% do meu custo fixo**, 27% ou seja, a gente tinha um carro que era ser semi utilizado, custo fixo e eu troquei pelo variável mais barato. Meu desembolso diminuiu 27% e o meu técnico que não tinha autonomia, porque tinha que tá dirigindo, [...]"*

*correndo o risco de tá usando o celular no trânsito, um acidente, procurando um estacionamento, sofrendo multa.*" (Entrevistado 6).

Assim, proporciona redução dos acidentes com afastamento, colaborando com o critério competitivo de sustentabilidade. Além disso, a redução do custo com transporte, não relacionada previamente ao critério de custo, foi adicionada devido a importância deste no serviço da empresa.

O aplicativo para aquisição de EPI (Equipamento de Proteção Individual) é disponibilizado pelo próprio fornecedor, que tem a responsabilidade de gerenciar as entregas. Assim, possibilita a redução da mão-de-obra da empresa para gerenciar e adquirir EPI. Desta forma, *"a gente tinha uns 12 fornecedores, vão ficar só 2, daí o próprio fornecedor vai adicionar tecnologia para fazer as entregas por meio de app"*. (Entrevistado 7).

Para algumas das tecnologias implementadas são previstas ampliações da utilização no processo em que estão, ou expansão para outros processos da CS. Deste modo, a empresa se beneficiará da IoT, possibilitando ao processo de planejamento da CS se antecipar na aquisição de itens necessários à manutenção, com base em análises realizadas nos dados gerados. Assim, a velocidade de entrega do serviço aumentará, reduzindo o tempo de inatividade do elevador e elevando a qualidade percebida pelos clientes. Quanto ao ganho destas análises no planejamento, o Entrevistado 6 explana:

*"essas parametrizações dos defeitos, através de uma lista de peças ou lista do defeito, vai ter uma estrutura de produto que vai me dizer que peças que são. E aí eu consigo ter o dimensionamento para programar antes do tempo, [...] ou seja, eu vou conseguir avisar o fornecedor antes do tempo."*

*"a cadeia inteira vai andar mais rápida e dinâmica. Então eu estou me apropriando desse conhecimento, [...] para poder tirar esse proveito também para dentro da área de programação."*

As tecnologias de Aplicação, drones e robôs objetivam auxiliar o processo de entrega com foco na atividade de instalação. Drones são estudados para realizar a medição do local da instalação no momento do projeto do elevador, garantindo assim a correta fabricação das peças. Portanto, evitará erros na entrega, proporcionando a conformidade do produto com o especificado e garantindo a instalação na data planejada. Logo, minimizará os retrabalhos que poderiam se transformar em custo do processo. As repercussões dos drones na atividade de instalação podem ser verificadas nos seguintes trechos:

*"[...] quando o cliente compra o elevador e a gente vai fazer o projeto, tem que medir a caixa de corrida. Até então se utilizava trena, aí foi para trena a laser e hoje já se pensa em utilizar drones." (Entrevistado 7).*

*"[...] para instalação de elevadores, nós vamos instalar dentro da caixa de corrida ele é guiado, drone guiado. Para projetos de instalação, nós vamos instalar uma linha é o drone vai subir de ponta a ponta medindo." (Entrevistado 8)*

A utilização de drones para movimentação de material entre centros de distribuição e as unidades de serviços também está sendo estudada. Esta utilização aumentaria a velocidade de entrega, uma vez que em grandes centros urbanos o tráfego de veículos pode dificultar a movimentação de carga. O trecho a seguir apresenta o estudo realizado: *"inclusive eu fiz um teste em São Paulo, de transferir, porque eu tenho um CD em São Paulo que fica a 6 Km da nossa filial, [...] mas eu fiz um teste dentro do próprio armazém."* (Entrevistado 6).

Projeta-se a utilização de robôs para auxiliar a instalação, reduzindo atividades insalubres e riscos de acidentes, contribuindo com a sustentabilidade do processo de entrega. Assim, segundo o Entrevistado 8: *"robôs estão mais associados à questão de ergonomia, melhoria do estilo... do momento do trabalho dos nossos montadores. [...] o montador vai continuar lá, mas a tarefa será feita de uma maneira melhor. Ele é mais qualitativo."*

Algumas tecnologias de Aquisição de Dados são estudadas pela empresa. Desta forma, a utilização de RFID para controlar o recebimento de matéria-prima é prevista. Com a implementação do novo ERP no recebimento de material, uma quantidade significativa de dados precisará ser adicionada individualmente no sistema, elevando a necessidade de mão-de-obra. Em vista disso, o RFID está sendo estudado para realizar esta inclusão. O trecho a seguir apresenta a utilização prevista para o RFID:

*"ele vai me fornecer 300, senão 1000 peças de um código, 500 de outro, não tem como... como processar isso no recebimento rapidamente, então como sistema vai pedir a vinculação, eu vou ter que... tô pensando em fazer um RFID, **pedir para ele botar RFID, nos módulos eletrônicos, quando passar a caixa já vai fazer toda a leitura**".* (Entrevistado 5, grifo nosso).

A empresa estuda ampliar a utilização do rastreamento de carga, possibilitando *"a questão fiscal, eu estou emitindo o meu conhecimento aqui. A transportadora que está recebendo, já está lá no sistema dela, e quando ela entregar, eu já estou recebendo aqui. Então esse fluxo que está em desenvolvimento"*. (Entrevistado 6).

Com esta utilização, a empresa almeja melhorar a confiabilidade de entrega, garantindo o critério competitivo relacionado.

A implementação do novo ERP trará impactos nos processos que atualmente não contam com a tecnologia. Assim, com a implementação do ERP nos processos de aquisição, transformação (produção) e entrega espera-se que o aumento da produtividade assegure a redução do custo de mão-de-obra. Com uma maior produtividade, a empresa garantirá a realização das entregas no prazo, propiciando confiabilidade a estas. Nos trechos a seguir estas utilizações são apresentadas:

*"o **atendimento rápido ao cliente**, ele envolve mais velocidade nos processos, mas esta velocidade ela... se for simplesmente pela adição de pessoas, o custo é alto, o risco de uma não qualidade também é alto né, falta de precisão."* (Entrevistado 7, grifo nosso)

*"WM que é um dos módulos que nós vamos ativar, [...] ele te dá o gerenciamento de todas as tuas atividades que estão acontecendo dentro do armazém, e ele te ajuda a identificar aonde tu tem os gargalos [...], **dividir as tarefas entre as pessoas**".* (Entrevistado 5, grifo nosso).

*"ter rastreabilidade e acuracidade e ganho de produtividade com a implementação do WM,[...] vai passando por todo o histórico da cadeia. E aí eu vou saber onde é que, e aí **eu consigo dimensionar a minha equipe**, [...] ela vai estar visualizando onde é esta o gargalo operacional e ela vai direto lá, então geração de equipes multifuncionais com informações online para saber onde estão os gargalos do meu setor produtivo".* (Entrevistado 6, grifo nosso).

O ERP possibilitará a geração de listas dinâmicas de material para o processo de transformação (produção). O manual do modelo SCOR (SCC, 2012) propõe estas listas como boas práticas para a CS. Sendo essas necessárias na programação de elevadores, devido a complexidade do produto, uma vez que cada cliente especifica o produto que irá adquirir. Além disso, propiciam flexibilidade para a produção e a capacidade de produzir uma variedade de produtos rapidamente. *"Essa lista de materiais orienta o processo de fabricação/montagem, programação de chão de fábrica, planejamento de estoque, alocação de recursos e cálculos de custos e é usada apenas para um único pedido."* (SCC, 2012, p. 648). O trecho a seguir apresenta a utilização futura na empresa:

*"o vendedor técnico vai colocando, quero 6 pessoas, tal, cabina tal, [...]. E isso ele transforma em bill-of-material. Algumas que são especiais ele vai deixar em aberto, e vai gerar uma demanda para engenharia de especiais [...]. Então ele já forma custo, tá linkado com ERP, já gera demanda [...]. Tem os cadastros de lead-time. Já vai comprando automático o quê que precisa, que não precisa. Já me gera a demanda quando tem que fabricar desse item, o tá chegando perto de tu expedir tal elevador, tem que fabricar isso aqui, tem que comprar isso aqui bem antes que máquina é 12 semanas, então já compra máquina que aqui, aqui tu começa a fabricar".* (Entrevistado 4).

Com a implementação futura do Sistema de Informação APS, a empresa espera que o desempenho de entrega e a flexibilidade possam ser aperfeiçoados. Assim o atendimento aos prazos e possibilidades de alteração na programação melhorarão a confiabilidade de entrega. Do mesmo modo, são previstas melhorias em custo, visto que realizar um planejamento detalhado da produção evita despesas com horas extras ou beneficiamento externo. Os trechos a seguir evidenciam estas afirmações:

*"o APS ele é um ganho de qualidade, ele tem primeiramente, ele tem um ganho no on-time delivery. A gente espera aí subir, de 5% no on-time delivery para implementação do APS. [...] Ele trabalha no planejamento mestre, ele é muito mais preventivo em questão de fábrica, do que reativo, porque se tu não tem um bom planejamento mestre, e a gente acredita que **com auxílio desse software** a gente vai **ter um bom planejamento mestre**, depois tu é muito reativo. Quê que é reativo? Tu planejou lá 16 ordens, daí tu não tem capacidade na laser, **tem que fazer hora extra, ou tem que comprar de uma empresa parceira, solicitar horas fora, ou não entregar no prazo para o cliente.**" (entrevistado 4, grifo nosso)*

*"então com o APS a gente espera isso, melhorar o **on-time e diminuir os gastos com hora extra, com beneficiamentos externo**, que a gente chama, que é chamar um parceiro para suprir a nossa demanda que a gente não tem capacidade, então são esses, os ganhos". (entrevistado 4).*

A integração do PCP com a produção visa a melhorar a flexibilidade da produção. As programações serão encaminhadas para a produção via sistema na ordem que devem ser processadas, evitando o processamento desnecessário de material e facilitando a alteração da variedade de produção. Como um impacto não previsto no fator competitivo de sustentabilidade, o fluxo de informação digital proporcionado pela tecnologia auxiliará na redução da utilização de papel. As repercussões da tecnologia são apresentadas nos trechos a seguir:

*"poder dar sequência de produção, então de forma mais rápida [...] a gente quer que a comunicação vai ser da hora ali, fez o programa, o pessoal, o programador PCP vai disponibilizar, qual é... qual é a sequência que ele fazer". (Entrevistado 4).*

*"[...] ele manda tudo isso de forma automática. Manda um documento lá, eu vou disponibilizar um totem, e o operador pode ver qual é o plano, qual é a sequência, qual é a folha. **Posso botar até a ordem de fabricação.** Então é uma automação, até uma digitalização que a gente tá até chamando, por não ter que ficar imprimindo papel, vai ser tudo por sistema" (Entrevistado 4, grifo nosso).*

*"**tem a questão de poder dar sequência de produção, então de forma mais rápida, né? Hoje a gente manda por e-mail, ou disponibiliza, às vezes, em TVs, [...] mas depende muito do programador as comunicações [...] a comunicação vai ser da hora ali, fez o programa, o pessoal, o programador PCP vai disponibilizar, qual é a sequência que ele fazer [...] vai melhorar muito a comunicação, e também tem a possibilidade de folhas, né? Hoje a gente faz aí **cerca de 30mil ordens de produção por mês, são impressas**, então, e digamos assim, **10 mil folhas**, ou mais são impressas por mês. Então a gente vai eliminar isso. **Então é um ganho também ambiental, com gasto das folhas, impressora, toner e a velocidade na informação. Fica muito mais rápido.**" (Entrevistado 4, grifo nosso).***

As Micro Automações previstas priorizam custo e sustentabilidade. No processo de aquisição o RPA é estudado para permitir aos colaboradores “sair da operação, cada vez mais a gente vai estar fora da operação e vamos estar na negociação, de valores e outros aspectos como qualidade, vai pro campo e vai trabalhar na questão de agregar valor para o cliente.” (Entrevistado 7). Apesar de considerar uma melhor utilização da mão-de-obra, a repercussão da tecnologia ocorre na redução da mão-de-obra, visto que libera os colaboradores de atividades repetitivas e possibilita tempo para realizar atividades que dificilmente poderiam ser automatizadas, como a negociação, por exemplo, eliminando a necessidade de novas contratações.

O aplicativo para notificar desvios de segurança contribuirá com a redução de incidentes e acidentes, podendo ser considerado uma tecnologia digital de suporte visto que não está diretamente ligada a nenhum processo do SCOR. A explanação a seguir apresenta a utilização:

*"o que eu sei que tem, que esta aí, que vai sair de segurança é um programinha que a gente vai conseguir registrar os desvios de segurança de forma online, ou seja, vai ser inclusive um aplicativo, né? Tu tá passando ali no corredor da fábrica e tu vê um desvio ali, tu já tira a foto da ocorrência, coloca algumas informações e já cai diretamente na segurança." (Entrevistado 2).*

Desta forma, o aplicativo em desenvolvimento pela corporação visa a aumentar a segurança dos colaboradores, diminuindo os acidentes com afastamento e contribuindo para a sustentabilidade. O Quadro 66 apresenta uma síntese da repercussão das tecnologias digitais e os processos impactados.

Quadro 66 – Síntese da repercussão das tecnologias digitais no Caso B

Classificação	Tecnologia	Estágio	Processo impactado	Repercussão	
				Real	Esperado
Habilitadora	IoT	I	Transformação (Serviço)	Qualidade, Custo	Qualidade
		PE	Planejamento	-	Entrega, Qualidade
Aplicação	Realidade aumentada	I	Transformação (Serviço)	Qualidade, Custo	-
	Manufatura aditiva	I	Transformação (Serviço)	Flexibilidade, Custo, Entrega	-

Classificação	Tecnologia	Estágio	Processo impactado	Repercussão	
				Real	Esperado
	Smartphone	I	Transformação (Serviço)	Qualidade, Custo	-
	Drones	FP	Entrega	-	Qualidade, Custo, Entrega
	Robôs	FP	Entrega	-	Sustentabilidade
	Armazém automatizado	EP	Aquisição	-	Custo
			Entrega	-	Custo
Infraestrutura Digital (Aquisição de Dados)	Rastreamento ferramental	I	Entrega	Custo	-
	Rastreabilidade Peças	I	Devolução	Sustentabilidade, Custo	-
	Rastreabilidade carga	I	Entrega	Entrega	Entrega
	RFID	FP	Aquisição	-	Custo
Infraestrutura Digital (Sistema de Informação)	MES	I	Transformação (Produção)	Custo, Flexibilidade	-
	Integração PCP e Produção	D	Transformação (Produção)	-	Flexibilidade, Sustentabilidade
	APS	P	Transformação (Produção)	-	Flexibilidade, Entrega, Custo
	ERP	I	Planejamento	Flexibilidade	-
			Aquisição	-	Custo, Flexibilidade
			Transformação (Produção)	-	Custo, Entrega
			Entrega	-	Custo, Entrega
Infraestrutura Digital (Micro Automação)	Aplicativo de leitura qrcode	EP	Transformação (Serviço)	-	Entrega
	Aplicativo cliente portal	I	Transformação (Serviço)	Entrega	-
	Aplicativo para transporte compartilhado	I	Entrega	Custo, Sustentabilidade	-
	GPS (controle de velocidade e login)	I	Suporte	Sustentabilidade	-
	Aplicativo para aquisição EPI	I	Aquisição	Custo	-
	Internet: Leilão eletrônico	I	Aquisição	Custo	-

Classificação	Tecnologia	Estágio	Processo impactado	Repercussão	
				Real	Esperado
	Internet: Assinatura eletrônica	I	Suporte	Custo	-
	Planejamento e previsão da demanda	PE	Aquisição	-	Entrega
	RPA	I	Aquisição	Custo	-
		I	Entrega	Custo, Entrega	-
	Aplicativo notificar desvio segurança	EP	Suporte	-	Sustentabilidade
	Aplicativo para contagem chapa	I	Aquisição	Custo	-

(Estágio - EP: Estudo ou Projeto; P: Piloto; D: Desenvolvimento; I: Implementado)

Fonte: Elaborado pela autora.

Em síntese, pode-se concluir que as tecnologias digitais na empresa são orientadas a solução de problemas. São utilizadas em demandas pontuais e processos isolados da CS e, com exceção do ERP, não foi possível verificar integração de processo da CS como objetivo das tecnologias digitais.

A utilização da IoT deve-se à implementação da tecnologia no produto da empresa. No entanto, o entendimento da tecnologia na empresa é limitado. Foi possível verificar que os entrevistados, com exceção do entrevistado 3, consideravam que a IoT opera conforme o projetado pela corporação. Porém, para que a operação esteja de acordo com o projetado, falta agregação de outras tecnologias, como sensores, *Cloud Computing*, *Machine Learning* e Inteligência Artificial.

A integração PCP e produção e o APS não são do mesmo fornecedor do ERP que está sendo implementado, característica esta que pode causar dificuldade de integração, visto que uma melhor integração é atingida com um sistema único que incorpora as interdependências entre os processos. (NIKOLOPOULOS *et al.*, 2003).

A adoção de MES de um fornecedor distinto do ERP pode dificultar a integração dos sistemas. “A falta de padrões também é frequentemente mencionada como um obstáculo à digitalização” (IVANOV, D; TSIPOULANIDIS; SCHÖNBERGER, 2019, p. 514), porém a empresa não considera esta barreira. A falta de uma estratégia de implementação de tecnologias digitais pode estar relacionada, visto que as decisões sobre tecnologias não são tomadas conjuntamente na empresa.

Não há uma estratégia estruturada de implementação de tecnologias digitais, com prazos e objetivos. Com exceção da aquisição do ERP, a empresa não manifestou possuir um plano, com estudo e projetos envolvendo um grupo de pessoas. E, visto que não apresenta uma estratégia, as tecnologias sobrevivem por demandas internas ou propostas externas. Deste modo, o RPA foi desenvolvido por um colaborador, a contagem de chapas, proposta por uma startup indicada pelo setor de inovação de produto e, o planejamento de demanda de itens de reposição, sugerido por um consultor externo.

Pode-se concluir que, com a utilização da IoT, a empresa trabalha parcialmente com um modelo de negócios PaaS (Product-as-a-Service), visto que o elevador não é fornecido como um serviço, porém o dispositivo que converte para IoT é instalado sem custo aos clientes e a empresa recebe pela manutenção que realiza nos elevadores. No modelo PaaS, os produtos são entregues como um serviço, e ao invés de um único pagamento adiantado, os clientes que adotarem o serviço pagam uma taxa recorrente por resultado.(GHOBAKHLOO, 2018).

Como a empresa não possui IoT instalado em todos os elevadores em que realizada manutenção (pois apenas os elevadores com menos de cinco anos de operação permitem a instalação), outras tecnologias como o smartphone e realidade aumentada proporcionam a percepção de qualidade do serviço ao cliente. Cabe também destacar que, para elevadores em operação por um longo período, a utilização de manufatura aditiva para proporcionar peças de reposição impacta a entrega e a qualidade do serviço, visto que minimiza a indisponibilidade do equipamento.

Assim, pode-se concluir que o processo da CS que mais utiliza tecnologias é a transformação (serviço). Foi possível verificar que as tecnologias digitais utilizadas neste processo visam a proporcionar maior qualidade aos clientes e redução de custos para a empresa.

Diferentemente do processo de transformação (serviço), nos demais processos da CS, a qualidade é objetivo de apenas uma das tecnologias digitais, ainda assim para o processo de entrega. Desta forma, a utilização de drone proporcionará a entrega do produto conforme especificado, evitando retrabalho na etapa de instalação do equipamento.

Pode-se inferir que proporcionar qualidade e entrega para o cliente são esforços contínuos da empresa. As tecnologias buscam ampliar a integração com os

clientes e realizar manutenções eficientes, proporcionando maior disponibilidade dos equipamentos e, conseqüentemente, maior percepção de qualidade.

Finalizada a análise do Caso B e tendo realizado anteriormente o Caso A, a próxima seção apresenta o cruzamento dos resultados do Caso A e Caso B. A análise cruzada busca identificar convergências e divergências na transformação digital dos casos estudados.

### 4.3 Análise Comparativa dos Casos

A análise cruzada objetiva comparar a transformação digital observada e, desta forma, confrontar os resultados das análises individuais dos casos, buscando evidenciar convergências, divergências, complementariedades, inferindo possíveis explicações. Assim, a análise comparativa elabora tabelas e sínteses para “provar o suporte empírico subjacente da teoria e a riqueza prevista dos dados do caso.”(EISENHARDT, KATHLEEN; GRAEBNER, 2007, p. 29). O Quadro 67 exhibe as principais características dos casos analisados.

Quadro 67 - Análise das principais características de cada caso

Característica	Caso A	Caso B
Produto	Peças automotivas	Elevadores e Serviços de manutenção
Negócio	B2B ( <i>Business-to-business</i> )	B2C ( <i>Business-to-consumer</i> )
Programação	<i>Make-to-order</i>	<i>Engineer-to-order</i> (produto) Sob demanda (serviço)
Clientes	Montadoras de automóveis	Construção civil (produto) Condomínios e empreendimentos (serviço)
Vida útil do produto	~ 10 anos	~ 50 anos

Fonte: Elaborado pela autora.

O Caso A produz peças automotivas para montadoras, possuindo uma previsão de demanda consolidada para, aproximadamente, quatro meses e uma previsão histórica, para dois anos. O Caso B não recebe a previsão de demanda do cliente, utilizando as de mercado e as análises históricas. A prestação de serviço de manutenção não permite a previsão de demanda, visto que atende o cliente quando uma falha interrompe o funcionamento do equipamento.

No Caso B, com a ampliação da utilização da IoT nos equipamentos haverá a possibilidade de efetuar a previsão de demanda de serviço, visto que será realizada a análise preditiva das falhas, possibilitando o processo de planejamento. Desta forma, a análise de dados da utilização do produto para previsão de demanda de manutenção é imprescindível.

Ainda para o Caso B, como a previsão de demanda de produto não é fornecida pelo cliente, o *Big Data Analytics* poderia contribuir com o planejamento de vendas e produção. Entretanto, no Caso A, a empresa recebe a previsão de demanda com quatro meses de antecedência não sendo necessário realizar análises de mercado para obtê-la. Assim, pode-se inferir que o *Big Data Analytics* para previsão de demanda é mais importante para o Caso B do que para o Caso A.

A empresa estudada no Caso A possui uma estratégia global deliberada corporativamente para a transformação digital por meio do Roadmap I4.0. Deste modo, possui definições das ações, das tecnologias digitais, prazos e descrições dos objetivos de cada fase da transformação digital.

Na análise do Caso B não se identificou estratégia corporativa ou da empresa para a transformação digital. Em vista disso, as tecnologias digitais são emergentes nos processos da CS, sendo observadas iniciativas isoladas de implementação. Desta forma, pode-se concluir que neste caso, as tecnologias digitais não têm como objetivo a integração entre os processos da CS. No entanto, no Caso A, a estratégia busca integração vertical nos processo da empresa (Fase 1 do Roadmap I4.0), e horizontal, entre as plantas da corporação e com os envolvidos na CS, como fases subsequentes do Roadmap I4.0.

Assim, o Caso A, no estágio atual de transformação digital, concentra a utilização de tecnologias na transformação (produção), objetivando a integração dos processos internos e das linhas de produção. No caso B, não há uma concentração de tecnologia em um processo específico. Entretanto o processo que mais dispõe de tecnologia é a transformação (serviço). O Quadro 68 apresenta as tecnologias por processo da CS e o estágio de implementação nos Casos A e B. Os valores representam a co-ocorrência que a tecnologia foi relacionada ao processo da CS, sendo que esta pode estar associada a mais de um processo da CS.

Quadro 68 - Análise Cruzada da utilização de tecnologias nos processos nos Casos

A e B

Estágio de Implementação	I		P		D		EP		Total	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Caso										
Planejamento	2	-	1	-	1	1	1	3	5	4
Aquisição	2	5	-	-	2	1	2	2	6	8
Transformação (produção)	2	1	3	1	-	2	8	-	13	4
Transformação (serviço)	-	6	-	-	-	1	-	2	-	9
Entrega	3	3	-	-	-	2	3	3	6	8
Devolução	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Todos os processos da CS	-	-	-	-	-	1	2	-	2	1
Suporte (Transformação (Produção))	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Suporte (Aquisição)	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
Processos não pertencentes ao SCOR	-	2	-	1	-	-	-	-	-	3
Total por processo	9	20	4	2	3	8	15	10	31	40

(Estágio - EP: Estudo ou Projeto; P: Piloto; D: Desenvolvimento; I: Implementado)

Fonte: Elaborado pela autora.

Entretanto, no caso B, os processos da CS de aquisição, transformação (serviço) e entrega apresentam níveis semelhantes de tecnologias digitais observados. Cabe destacar que mesmo os processos de aquisição e entrega podem estar relacionados ao atendimento ao cliente no serviço. A aquisição obtém material e peças para manutenção e, a entrega com o deslocamento para atender o serviço. O Quadro 69 apresenta a síntese da convergência e divergência das tecnologias observadas nos casos dispostas conforme a classe a que pertencem.

Quadro 69 - Síntese dos casos por classe de tecnologia aplicadas

Classe	Caso A	Caso B	Convergência	Divergência
Habilitadora	2	3	2	1
Integradora	-	1	-	1
Aplicação	5	6	4	3
Infraestrutura Digital (Aquisição de dados)	4	4	3	2
Infraestrutura Digital (Sistema de Informação)	4	4	2	4

Classe	Caso A	Caso B	Convergência	Divergência
Infraestrutura Digital (Micro automação)	3	15	1	16
Total de tecnologias digitais	18	33	12	27

Fonte: Elaborado pela autora.

Pode-se observar que o Caso B apresenta 15 tecnologias a mais que o caso A, e, destas, 14 são tecnologias da classe de Infraestrutura Digital na subclasse de Micro Automação. O Quadro 70 apresenta as tecnologias digitais de cada caso, organizado por classe, assim como o estágio de implementação. Os valores variam do total de tecnologias, pois os casos possuem tecnologias em níveis e processos distintos. Assim, no caso A, as tecnologias de RPA e manufatura aditiva estão implementadas em um processo e são estudadas em outro. Do mesmo modo, no Caso B, as tecnologias de IoT e *Cloud Computing*, implementadas em um processo e são projetadas para outro.

Quadro 70 - Síntese das classes e nível de implementação de tecnologias digitais

Estágio de Implementação	I		P		D		EP		Total	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Habilitadora	-	1	-	-	-	1	2	3	2	5
Integradora	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Aplicação	1	3	1	-	-	-	4	3	6	6
Infraestrutura Digital (Aquisição de dados)	1	2	1	-	-	1	2	1	4	4
Infraestrutura Digital (Sistema de Informação)	2	1	1	1	1	2	-	-	4	4
Infraestrutura Digital (Micro Automação)	-	11	-	1	1	-	3	4	4	16
Total por classe	4	18	3	2	2	4	11	11	20	35

(Estágio - EP: Estudo ou Projeto; P: Piloto; D: Desenvolvimento; I: Implementado)

Fonte: Elaborado pela autora.

A quantidade de tecnologias digitais estudadas ou projetadas é igual nos dois casos. No Caso A estudam-se, principalmente, as tecnologias da classe de Aplicação. E, no Caso B, projetam-se as Micro Automações e, percebe-se uma tendência para adotar tecnologias digitais criadas como aplicativos para smartphone e soluções baseadas na internet. Corroborando com esta tendência, as tecnologias implementadas neste caso são predominantemente micro automações.

Diferentemente do Caso A, em que são os sistemas de informação a maioria das tecnologias implementada.

Apesar de ambos os casos apresentarem tecnologias digitais, evidenciaram-se barreiras à implementação. No Caso A, com exceção da legislação, as demais barreiras são gerais. No caso B, as barreiras são específicas às tecnologias. No Quadro 71 as barreiras observadas nos estudos de caso são apresentadas.

Quadro 71 – Síntese das Barreiras à implantação das Tecnologias Digitais

Barreiras identificadas	Caso A	Caso B
Forma de aplicação da tecnologia	Geral	-
Políticas da Corporação	Geral	-
Contexto Econômico e Tributário	Geral	Realidade aumentada
Infraestrutura instalada	Geral	IoT, MES
Retorno de investimento	Geral	-
Legislação	Cobot	Drones, manufatura aditiva
Habilidades para a transformação digital	-	<i>Big Data Analytics</i>

Fonte: Elaborado pela autora.

Observa-se que o contexto econômico, a infraestrutura instalada e a legislação são barreiras comuns aos dois casos. O contexto econômico torna elevado o investimento em tecnologias e isso fica evidente no Caso A, em que estas são definidas como padrão pela corporação, ignorando custo de importação. Assim, adquirir e manter operando é impeditivo para a utilização de algumas tecnologias. Desta forma, tanto o cobot, no Caso A, quanto a realidade aumentada, no Caso B, não terão a utilização ampliada. Ainda no Caso B, a utilização de sistemas de informação do mesmo fornecedor do novo ERP também será impossibilitada pelos elevados valores.

A infraestrutura instalada refere-se ao tempo de existência das instalações e dos equipamentos. No Caso A, está relacionada ao layout de, aproximadamente, 50 anos e aos equipamentos produtivos, que possuem vida útil elevada e assim tornam-se obsoletos para inclusão de tecnologias. No Caso B, a tecnologia de IoT não pode ser aplicada em equipamentos em operação há mais de 5 anos. Evidencia-se, assim, que tanto as instalações quanto os equipamentos podem ser impeditivos da instalação de tecnologias digitais. Porém, o tempo em operação é relativo aos equipamentos em que as tecnologias serão aplicadas e também as próprias tecnologias. Assim, são

obsoletos para a tecnologias, no Caso A, equipamentos com vida útil média de 30 anos e, no Caso B, os instalados há mais de 5 anos.

A legislação no Brasil limita a utilização de determinadas tecnologias digitais. No Caso A, o cobot está operando, mas, por questões de legislação de segurança, houve a necessidade de alterar o projeto e incluir alguns isolamentos.

No Caso B, a empresa considerou a possibilidade da entrega de peças utilizando drones, porém de acordo com regulamentação da ANAC, não é permitido que drones com peso superior a 250 gramas sobrevoem pessoas ou áreas habitadas. Da mesma forma, a legislação do produto foi mencionada como impeditivo para utilização de manufatura aditiva, visto que a operação de elevadores envolve a segurança dos usuários. Assim, pode-se evidenciar o interesse da legislação por preservar os indivíduos de tecnologias pouco disseminadas.

A forma de aplicação da tecnologia, a política da corporação e o retorno do investimento foram mencionados somente no Caso A. No Caso B, a forma de aplicação da tecnologia não foi apontada, mas pode-se evidenciar as mesmas dificuldades do Caso A, como por exemplo, dados inseridos manualmente nos sistemas e falta de integração entre estes. Porém, devido à expectativa de integração e possibilidades com o novo ERP, os entrevistados podem ter suprimido esta barreira.

A barreira das políticas da corporação não ocorre no Caso B, visto que neste caso não há uma estratégia da corporação para a implementação com tecnologias padrão definidas. Além disso, também não houve referência à imposição, por parte da corporação, de comprovação do retorno do investimento em tecnologias como no Caso A. Neste, a exigência iniciou após a aquisição da corporação por um grupo de investimento, ocorrida recentemente. No Caso B, a empresa faz parte de uma corporação que administra diversas divisões, porém a abertura de capital ou venda da divisão, a qual a empresa estudada faz parte, foi anunciada recentemente. Assim, pode-se inferir que, caso um grupo de investimento adquira a divisão, a empresa pode vir a apresentar a mesma barreira identificada no Caso A.

A necessidade de habilidades para a transformação digital revelou-se como barreira no Caso B relacionada à capacidade de implementar o *Big Data Analytics*. No Caso A esta barreira não foi mencionada e, especificamente para a tecnologia de *Big Data Analytics*, a empresa considera que possui a tecnologia com análises manuais de bancos de dados do ERP. Porém, devido à reclassificação realizada, inferiu-se que no Caso A não há a tecnologia de *Big Data Analytics* implementada. Assim, pode-se

concluir que as empresas analisadas necessitam desenvolver as habilidades para adoção do *Big Data Analytics*.

Embora as tecnologias digitais enfrentem barreiras que dificultam a implementação, verifica-se que tecnologias implementadas, em fase piloto ou desenvolvimento impactam as *capabilities* nos processos da CS. Assim, o Quadro 72 apresenta tais impactos. Os valores representam a quantidade de relações estabelecidas entre a classe da tecnologia e a *capability*.

Quadro 72 - Síntese do impacto das tecnologias digitais nas *capabilities*

Classe da tecnologia	Caso A								Caso B					
	Planejamento		Aquisição		Produção		Entrega		Aquisição		Transformação (Serviço)		Entrega	
	Ro	Re	Ro	Re	Ro	Re	Ro	Re	Ro	Re	Ro	Re	Ro	Re
Habilitadora	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Aplicação	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	1	-	-
Infraestrutura Digital (Aquisição de Dados)	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	1
Infraestrutura Digital (Sistema de Informação)	2	1	2	-	4	2	2	-	-	-	-	-	-	-
Infraestrutura Digital (Micro Automação)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-

(*Capability*: RO: robustez; Re: resiliência)

Fonte: Elaborado pela autora.

Pode-se evidenciar que os casos apresentam semelhança na quantidade de relações entre as tecnologias e as *capabilities*. Porém, cabe destacar que no Caso A observa-se quantidade inferior de tecnologias e, mesmo assim exibe uma quantidade superior de relações entre as tecnologias digitais e *capabilities* que o Caso B. As *capabilities* foram proporcionadas no Caso A, prioritariamente pelas tecnologias da classe Infraestrutura Digital na subclasse de Sistemas de Informação, evidenciando assim a maturidade da aplicação ou o benefício esperado com a ampliação destas.

No Caso B, como o MES implementado é restrito à avaliação de disponibilidade e o ERP está em fase de implementação, não foram observadas *capabilities* proporcionadas por tecnologias desta subclasse. Assim, neste caso, as tecnologias impactam principalmente as *capabilities* no processo de transformação (serviço). Mesmo os processos de aquisição e entrega impactados pelas tecnologias,

estão relacionados à compra de itens para manutenção e a instalação do equipamento para o cliente. Neste caso, o impacto nas *capabilities* de robustez e resiliência ocorre principalmente pela adoção das tecnologias de Aplicação.

A manufatura aditiva, proporciona robustez, visto que permite um atendimento rápido ao cliente, com peças de reposição e resiliência, uma vez que minimiza o custo de material e a ocorrência de estoque obsoleto. Não foi observado, no Caso A, relação entre esta tecnologia e as *capabilities*. Pode-se inferir que a tecnologia utilizada internamente para dispositivos de auxílio à produção não proporciona *capability* aos processos da CS e que a utilização para peças de reposição gera robustez e resiliência aos processos.

No Caso B, o smartphone propicia a *capability* de robustez ao processo de serviço, integrando o técnico com o cliente. No Caso A, não há necessidade de integração com o cliente final, visto que o produto não será entregue diretamente a este e, a integração com o cliente direto (montadoras de veículos) é realizada por meio de sistemas de informação, como por exemplo, o EDI implementado.

O Quadro 73 apresenta as tecnologias digitais convergentes entre os casos. E, a análise da convergência e divergência no critério competitivo proporcionado pelas tecnologias.

Quadro 73 – Análise de Convergência das Tecnologias Digitais nos casos

Classe	Tecnologia	Caso A										Caso B													
		Estágio	Real					Esperado					Estágio	Real					Esperado						
			Custo	Entrega	Qualidade	Flexibilidade	Sustentabilidade	Custo	Entrega	Qualidade	Flexibilidade	Sustentabilidade		Custo	Entrega	Qualidade	Flexibilidade	Sustentabilidade	Custo	Entrega	Qualidade	Flexibilidade	Sustentabilidade		
Habilitadora	IoT	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I	D	-	D	-	-	-	-	-	D	D	-	-
	<i>Big Data Analytics</i>	EP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	EP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aplicação	Manufatura aditiva	I/EP	-	-	-	C	-	CD	-	-	CD	-	I	CD	D	-	C	-	-	-	-	-	-	-	-
	Drones/veículo autoguiado	EP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	EP	-	-	-	-	-	-	-	D	D	D	-	-
	Robôs	P	D	-	-	-	CD	-	-	-	-	-	EP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	CD	-
	Realidade aumentada	EP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I	D	-	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Infraestrutura Digital (Aquisição de Dados)	RFID	EP	-	-	-	-	-	C	-	-	-	-	EP	-	-	-	-	-	-	C	-	-	-	-	-
	Rastreabilidade peças	I	C	D	D	-	-	-	-	-	-	-	I	C	-	-	-	-	D	-	-	-	-	-	-
	Rastreabilidade carga	I	D	C	-	-	-	-	-	-	-	-	I	-	C	-	-	-	-	-	-	CD	-	-	-
Infraestrutura Digital (Sistema de Informação)	MES	P	-	-	-	C	-	CD	D	D	CD	D	I	CD	-	-	C	-	-	-	-	-	-	-	-
	ERP	I	-	C	-	C	-	-	C	-	C	-	I	D	C	-	C	-	-	D	C	-	C	-	-
Infraestrutura Digital (Micro Automação)	RPA	I/EP	C	-	-	-	-	CD	-	-	-	-	I	C	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Legenda:	C	Converge totalmente					CD	Converge no critério, porém diverge no período					D	Diverge totalmente											

(Estágio - EP: Estudo ou Projeto; P: Piloto; D: Desenvolvimento; I: Implementado)

Fonte: Elaborado pela autora.

Pode-se observar que a convergência e a divergência da repercussão nos critérios competitivos, ocasionado pelas tecnologias digitais são semelhantes. Porém, as divergências daquelas em estudo ou projetadas no Caso A como, por exemplo, a IoT, a realidade aumentada e os drones/veículos autoguiados podem ser explicadas, pois apesar de existirem estudos iniciais, os benefícios ainda não foram identificados pelos entrevistados. A divergência para a tecnologia MES deriva da ampliação do uso, prevista para o Caso A, enquanto o Caso B obtém o critério de custo e flexibilidade e não projeta expansão para a tecnologia. Na rastreabilidade de peças, a utilização tem objetivo distinto nos casos, ocasionado critérios competitivos diversos.

Referente às tecnologias de Aplicação, a manufatura aditiva diverge entre os casos no processo da CS em que é utilizada, visto que no Caso A auxilia a produção e, no Caso B, serve à manutenção com peças de reposição. Entretanto, sua utilização converge no material que pode processar, visto que nos dois casos somente material polimérico é utilizado. Porém, a corporação no Caso A planeja a utilização para peças de reposição, o que se pode inferir como uma ação adequada para empresas de bens duráveis, responsáveis por oferecer reposição por um determinado tempo. Assim, a manufatura aditiva converge no critério competitivo que repercute, ou seja o custo, e diverge no período, visto que para peças de reposição é obtido no Caso B e previsto no Caso A. Evidencia-se, assim, que a manufatura aditiva consiste em uma opção para redução do custo de estoque, evitando peças obsoletas, e de material, visto que elimina a necessidade de adquirir um lote mínimo para atender uma demanda pontual. Podendo ainda proporcionar velocidade na entrega de peças e flexibilidade de variedade de itens.

Ainda sobre as tecnologias de Aplicação, o Caso A possui um cobot instalado e operando, enquanto no Caso B estuda-se a utilização de robôs avançados e colaborativos. E, por estar em estudo, no Caso B, não foi possível identificar quão avançados e colaborativos estes serão. A semelhança entre os casos deve-se ao critério competitivo de maior relevância visado, a sustentabilidade. Esta obtida por meio de melhoria na ergonomia e saúde ocupacional dos colaboradores. A redução do custo de mão-de-obra não foi mencionada em nenhum dos casos. Assim, pode-se concluir que o robô, no Caso B - ou cobot, no Caso A – é utilizado principalmente para promover o fator competitivo de sustentabilidade, reduzindo a quantidade de afastamento por doenças relacionadas à atividade executada.

Da mesma forma, nos dois casos projetam-se drones e veículos autoguiados, porém com utilizações distintas. No Caso A, são projetados AGVs para logística interna, estando a tecnologia mais relacionada aos veículos autoguiados. E, no Caso B, estuda-se a utilização de drones em duas aplicações: na medição de locais de difícil acesso e na logística de “última milha”, ou seja, de curtas distâncias internas ou externas. Mesmo que o Caso A identificasse os benefícios esperados com os AGVs, possivelmente seriam diversos dos esperados para o Caso B, devido à diferença na utilização.

No caso B, a realidade aumentada é utilizada para manutenção e, no Caso A, foi mencionada para separação de material e treinamento de pessoas. Cabe ressaltar que a utilização para separação de material, prevista pelo Caso A, é considerada pela corporação no Caso B, como alternativa para expansão da tecnologia. Assim, pode-se inferir que, apesar de repercutir no processo de manutenção, a realidade aumentada não representa um benefício significativo nos critérios competitivos para o Caso B, visto que os entrevistados mencionaram a suspensão do uso, mas que sua utilização para separação de material poderá vir a ser adotada nos dois casos, com benefícios a serem identificados.

O RFID, por ser uma tecnologia digital que coleta dados, tem diversas utilizações. Assim, por mais que os dois casos tenham apontado estudos para adoção da tecnologia, as aplicações são distintas, porém com expectativa de obtenção de critério competitivo semelhante, ou seja, o custo. No Caso A, o RFID auxilia nos custos produtivos em geral, buscando minimizar a ociosidade dos equipamentos e custos com ferramental por meio do controle de vida útil. No Caso B, com a redução do custo de mão-de-obra, visto que é estudado para realizar a atividade de inserção de elevada quantidade de dados no sistema, que na ausência da tecnologia seria realizada manualmente.

A rastreabilidade de carga está presente nos dois casos. Todavia, evidencia-se no Caso A uma aplicação mais avançada, visto que permite identificar a localização da carga e, para alguns fornecedores, até mesmo notificar a empresa caso haja atraso na coleta. No Caso B, a rastreabilidade limita-se à informação de recebimento do material no cliente, porém a empresa busca expandir a utilização, objetivando aumentar os benefícios. Pode-se inferir que os benefícios obtidos pela tecnologia visam, principalmente, a maximizar a confiabilidade da entrega.

A tecnologia digital de rastreabilidade de peças é adotada nos dois casos, porém com tecnologia e finalidade distintas. No Caso A, consiste em um qr code gravado na peça, que gera o histórico do processo ao qual os itens foram submetidos, tendo como principal objetivo o controle da qualidade. No Caso B, a rastreabilidade de peças é realizada com código de barras. Este gera um histórico de movimentação e utilização das peças, permitindo assim a logística reversa e a remanufatura, auxiliando na sustentabilidade da empresa. O critério competitivo comum às duas utilizações é o custo, porém este é adquirido por fatores diferentes. No caso A, principalmente, está relacionado aos custos de qualidade, pois rastreia o lote suspeito com maior precisão, minimizando despesas de inspeção, podendo, inclusive, reduzir os riscos de problemas externos de qualidade como, por exemplo, um *recall*. No Caso B, está associado ao custo de material, visto que permite remanufaturar o material que retorna para empresa e vendê-lo, quando aceito pelo cliente, por um valor inferior, se comparado a produtos novos.

O ERP está presente nos dois casos estudados. No Caso A, é uma implementação consolidada desenvolvida pela própria empresa e, no Caso B, o ERP atual está sendo substituído por um novo. Diferentemente do Caso A, no Caso B percebe-se uma maior difusão dos módulos do ERP, com os entrevistados prevendo utilização de lista dinâmica de material, WM (*Warehouse Management*), BI, etc.. Duas razões podem justificar o elevado conhecimento da tecnologia no Caso B. Uma delas é a implementação em desenvolvimento, envolvendo elevada quantidade de colaboradores. E a outra é a adoção de um ERP comercial.

O sistema de informação MES, no Caso A, possibilita a contagem de ciclos e o desenvolvimento previsto trará funcionalidades que ampliarão os benefícios nos fatores competitivos, repercutindo em todos os critérios. Diferentemente, no Caso B, a utilização é limitada, sendo que não gera a informação de tempo de ciclo, possibilitando somente avaliação da disponibilidade do equipamento e, não sendo previstas melhorias. Mesmo com a utilização piloto, no Caso A, e limitada, no Caso B, o MES contribui com a elevação da flexibilidade, visto que acrescenta capacidade produtiva, permitindo aumentar e diminuir o volume de produção.

A Micro Automação RPA foi mencionada nos dois casos. Assim como o RFID, o RPA tem aplicação ampla, sendo seu uso possível em processos repetitivos que tenham o fluxo de operação estabelecido em sistemas. Apesar de a utilização ser diversa, percebe-se que o principal objetivo nos dois casos foi a redução da mão-de-

obra, com impacto no critério competitivo de custo. Além disso, no caso A, o controle do tempo de *in-bound* possibilita negociar com as transportadoras, reduzindo o custo logístico e, no Caso B, melhorar a velocidade da entrega com a emissão da nota fiscal no final da separação do material, minimizando tempos de espera. Assim, pode-se concluir que os benefícios do RPA vão além da redução de mão-de-obra, podendo minimizar custos diversos e melhorar os processos em que é aplicado.

O Quadro 74 exhibe as tecnologias digitais divergentes entre os casos, assim como o critério competitivo relacionado à tecnologia.

Quadro 74 – Análise das Tecnologias Digitais e os Critérios Competitivos

Classe	Tecnologia	Caso	Estágio	Critério competitivo	
				Real	Esperado
Habilitadora	<i>Cloud computing</i>	B	I/EP	-	-
Integradora	<i>Machine Learning</i> e Inteligência artificial	B	EP	-	-
Aplicação	Smartphone	B	I	Qualidade, Custo	-
	Reconhecimento de imagem	A	EP	-	Custo
	Armazém automatizado	B	EP		Custo
Infraestrutura Digital (Aquisição de dados)	Tridimensional na máquina	A	EP	-	-
	Rastreamento ferramental	B	I	Custo	-
Infraestrutura Digital (Sistema de Informação)	EDI	A	I	-	-
	Portal Fornecedores	A	D	-	-
	Integração PCP e Produção	B	D		Flexibilidade, Sustentabilidade
	APS	B	D		Flexibilidade, Custo, Entrega
Infraestrutura Digital (Micro automação)	Conexão Empilhadeira-cartão do operador	A	EP		Sustentabilidade
	Acesso remoto máquina	A	EP	-	-
	Aplicativo Portal Cliente	B	I	Entrega	-
	Aplicativo para transporte compartilhado	B	I	Custo, Sustentabilidade	-
	GPS (controle de velocidade e login motorista)	B	I	Sustentabilidade	-
	Lista código de erro e solução utilizada	B	I	-	-
	Aplicativo para aquisição EPI	B	I	Custo	-
	Aplicativo de assinatura contrato	B	I	Custo	-

Classe	Tecnologia	Caso	Estágio	Critério competitivo	
				Real	Esperado
	Aplicativo para solicitação viagem	B	I	-	-
	Aplicativo para contagem chapa	B	I	Custo	-
	Internet: Leilão eletrônico	B	I	Custo	-
	Internet: Assinatura eletrônica	B	I	Custo	-
	BI	B	D	-	-
	Aplicativo para notificar desvio segurança	B	EP	-	Sustentabilidade
	Aplicativo para capturar qrcode fornecedor	B	EP	-	Entrega
	Planejamento e previsão da demanda	B	EP	-	Entrega

(Estágio - EP: Estudo ou Projeto; P: Piloto; D: Desenvolvimento; I: Implementado)

Fonte: Elaborado pela autora

Pode-se evidenciar que o Caso B possui uma quantidade superior de tecnologias divergentes, porém a maior parte é de simples implementação, por exemplo, os aplicativos para smartphone e a utilização de internet para simplificação de processos. Além disso, três tecnologias observadas no Caso B não impactam os processos da CS.

O critério competitivo de custo é objetivo da maior parte das tecnologias divergentes entre os casos. Em segundo lugar, estão os critérios de entrega e sustentabilidade. Apesar de, nos dois casos, os entrevistados observarem que a sustentabilidade não é critério importante para os clientes, são implementadas ou planejadas tecnologias digitais para evitar ou reduzir acidentes com os colaboradores.

O Quadro 75 apresenta a percepção dos entrevistados sobre os critérios competitivos de cada caso em relação à concorrência e a importância dada pelo cliente a estes. Visto que apresenta diferenças no processo de transformação, no Caso B a percepção é apontada sobre o produto e o serviço separadamente.

Quadro 75 - Percepção dos entrevistados sobre os critérios competitivos

Critérios competitivos	Caso A	Caso B (produto)	Caso B (serviço)
Pior em relação a concorrência	Flexibilidade	Entrega e Custo	Qualidade
Maior importância para o cliente	Custo	Entrega	Custo

Critérios competitivos	Caso A	Caso B (produto)	Caso B (serviço)
Melhor em relação a concorrência	Sustentabilidade e Entrega	Qualidade e Sustentabilidade	Custo
Menor importância para o cliente	Sustentabilidade	Custo	Sustentabilidade

Fonte: Elaborado pela autora

Assim, pode-se concluir que o custo é o critério competitivo de maior importância para o cliente, no Caso A e, no serviço prestado pelo Caso B. Neste, para o produto, o custo é o critério de menor relevância para o cliente. Tal percepção pode estar relacionada à escolha de um equipamento de elevado custo, com critérios de qualidade e entrega tendo maior relevância. No caso de elevadores, se o prazo de entrega não for observado pode comprometer um projeto maior.

O Quadro 76 apresenta uma síntese da repercussão, real ou esperada, das tecnologias digitais nos critérios competitivos em cada caso.

Quadro 76 – Síntese da repercussão das tecnologias nos Critérios competitivos

Caso	Caso A					Caso B				
Critério competitivo	Custo	Entrega	Qualidade	Flexibilidade	Sustentabilidade	Custo	Entrega	Qualidade	Flexibilidade	Sustentabilidade
Real	4	3	1	3	1	15	5	3	3	3
Esperado	5	2	1	3	2	5	7	2	3	3
Total	9	5	2	6	3	20	12	5	6	6

Fonte: Elaborado pela autora

Assim, pode-se concluir que o custo é o fator competitivo mais visado pelas empresas com a adoção das tecnologias digitais. E, como é o critério de maior importância para o cliente, no Caso A, e para o cliente do serviço no caso B, o foco das tecnologias está alinhado com as necessidades destes consumidores.

No Caso A, apesar da reduzida importância dada pelo cliente para flexibilidade (maior apenas que a sustentabilidade) é o segundo critério competitivo buscado com a adoção das tecnologias digitais. Tal objetivo pode estar relacionado com a

percepção de que este é o pior critério em relação à concorrência. Assim, as tecnologias buscam melhorar a flexibilidade aumentando a capacidade produtiva.

No Caso B, a entrega é o segundo critério competitivo, sendo gerado, principalmente, pela velocidade de resposta que as tecnologias proporcionam no atendimento aos serviços. No serviço, o pior desempenho em relação à concorrência é a qualidade. Apesar de a qualidade não ser foco principal das tecnologias no Caso B, as duas principais adotadas no serviço, IoT e smartphone, têm repercussões na qualidade, uma vez que proporcionam um atendimento mais rápido e confiável para o serviço. Para o produto, mesmo o custo não sendo critério competitivo de maior importância para o cliente, é o foco das tecnologias implementadas nos processos de transformação (produção) juntamente com a flexibilidade. Assim, pode-se concluir que a maior parte das adoções de tecnologias digitais está alinhada com o pior desempenho em relação à concorrência e com a importância dada pelos clientes aos fatores competitivos.

Algumas tecnologias, como realidade aumentada, RFID, drones e veículos autoguiados e manufatura aditiva, apresentaram aplicações distintas dependendo do caso analisado. Assim, a realização de *benchmark* entre organizações pode ser dificultada. Porém, no Caso B, a expansão da utilização de tecnologias consolidadas em outros processos é considerada adequada pela corporação. De tal modo, a empresa estuda a tecnologia de realidade aumentada, utilizada na manutenção, para separação de material na expedição e, drones, utilizados em outras plantas da corporação para movimentação interna de amostras da produção até o laboratório, para logística de “última milha”.

Desta forma, evidencia-se que, no Caso B, o *benchmark* é interno. Ou seja, tanto os entrevistados quanto a corporação utilizam exemplos internos para explorar as tecnologias digitais. Por outro lado, no Caso A foi apontado *benchmark* externo para a utilização de realidade aumentada, AGV e ampliação da utilização do MES.

A elevada utilização do smartphone, no Caso B, tem relação com o contato com o cliente e com a prestação de serviço. No Caso A, nenhuma utilização de aplicativos para smartphone ou mesmo internet foi mencionada. A política de segurança de dados, que estabelece a aprovação da corporação para implementação de tecnologias pode estar relacionada com esta ausência de aplicações.

O Quadro 77 apresenta a síntese das análises cruzadas da transformação digital nos casos A e B.

Quadro 77 – Síntese da Transformação Digital

Critérios	Caso A	Caso B
Estratégia para transformação digital	Sim	Não
Concentração das tecnologias digitais em um processo da CS	Sim	Não
Processo com mais tecnologias digitais relacionadas	Transformação (Produção)	Transformação (Serviço)
Critério competitivo focado pelas tecnologias	Custo	Custo
Barreira a implementação de tecnologia digital	Geral	Específica
<i>Benchmark</i>	Externo	Interno
Orientação das tecnologias digitais	Processo (custo e flexibilidade)	Produto/serviço (custo e entrega)

Fonte: Elaborado pela autora

Além de concorrerem em algumas tecnologias digitais observadas, os casos apresentaram convergência no critério competitivo pretendido pela maioria das tecnologias digitais, ou seja, o custo.

Desta forma, pode-se concluir que os dois casos analisados possuem tecnologias digitais visando à transformação digital. Porém, diferenças relacionadas à administração da corporação a que pertencem, ao produto final oferecido aos clientes e aos processos da CS em que empregam tecnologias digitais para entregar valor para os clientes foram observadas. A próxima seção apresentada as discussões dos resultados encontrados.

## 5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após analisar os casos e comparar os resultados, esta seção tem como objetivo discutir as divergências, convergências e complementariedades encontradas entre a análise comparativa dos casos e a literatura. As discussões se iniciam pela síntese da análise cruzada dos casos, porém não estão limitadas a esta.

Ambos casos apresentam iniciativas para a transformação digital, porém no Caso A são iniciativas estruturadas a partir de uma estratégia global deliberada e, no Caso B, iniciativas isoladas sem um planejamento estratégico prévio e formal para a transformação digital. O Roadmap I4.0, no Caso A, manifesta a estratégia da corporação para a transformação digital. A empresa, por sua vez, está alinhada ao Roadmap I4.0, com as tecnologias digitais em estágio piloto e em estudo para implementação. Segundo Oswald e Kleinemeier (2017, p. 249), “a transformação digital requer uma estratégia” e esta deve orientar e alinhar as ações, delineando os principais objetivos e os desenvolvimentos esperados, conferindo uma identidade digital à organização. (OSWALD; KLEINEMEIER, 2017). Porém, a estratégia estabelecida no Caso A limitou a adoção de tecnologias digitais. No Caso B por não ter uma estratégia deliberada/formal, a empresa tem autonomia para adotar tecnologias ocasionando uma quantidade superior de tecnologias implementadas em relação ao Caso A. Pode-se inferir que ter uma estratégia definida dificultou a adoção de tecnologias digitais no Caso A.

Porém deve-se considerar que, no Caso A, o Roadmap I4.0 foi elaborado pela corporação sem analisar as particularidades de cada planta. A seleção das tecnologias que compõe a estratégia estabeleceu como padrão aquelas implementadas em plantas na Europa, desconsiderando os custos de importação e assistência técnica que outras plantas da corporação teriam ao utilizá-las. A elaboração do Roadmap I4.0 também desconsiderou fatores internos como a tecnologia atual de cada planta ou mesmo os equipamentos instalados e infraestrutura fabril. Algumas iniciativas estabelecidas na Roadmap I4.0 não são adequadas para a empresa, e esta não tem autonomia para alterar a tecnologia. Desta forma considera-se que a corporação impôs a estratégia de transformação digital.

Devido a esta imposição e considerando os conceitos de *path dependence* (SYDOW; SCHREYÖGG; KOCH, 2009) pode-se concluir que a empresa no Caso A não passou pela fases de pré-formação e formação, ou seja, o caminho que deveria

seguir para formação de uma estratégia, que requer um processo de tomadas de decisões graduais e não um estado determinado desde o início. (SYDOW; SCHREYÖGG; KOCH, 2009).

O caminho que uma organização pode seguir é uma função da posição atual e dos caminhos disponíveis para seguir. A posição atual é frequentemente formada pelo caminho que a organização percorreu. (TEECE; PISANO; SHUEN, 1997). Portanto, o esperado era que a empresa desenvolvesse a estratégia para a transformação digital com base na sua realidade de tecnologias, infraestrutura instalada e parceiros para implementação de tecnologia. Entretanto, devido a imposição de uma estratégia, surgiram barreiras associadas a esta. Caso a corporação optasse por definir a tecnologia, e permitir que a empresa adquirisse de fornecedores locais a implementação, algumas destas barreiras seriam evitadas, por exemplo, o custo de importação e a falta de assistência local.

A empresa no Caso B, por não ter uma estratégia deliberada/formal, é flexível quanto a adoção de tecnologias e com “uma situação aberta, sem escopo de ação significativamente restrito” (SYDOW; SCHREYÖGG; KOCH, 2009, p. 692) tem possibilidade de atuação mais ampla para a transformação digital, apresentando quantidade de tecnologias implementadas superior ao Caso A.

Contudo, os responsáveis pela tomada de decisão deveriam analisar as possibilidades de tecnologias e concentrar-se em atender às demandas dos clientes, e não em buscar tendências digitais desagregadas dos objetivos da organização. (OSWALD; KLEINEMEIER, 2017). Pode-se inferir que, tanto a empresa no Caso A quanto no Caso B, não realizaram esta análise de maneira estruturada, visto que no Caso A a estratégia foi imposta pela corporação e no Caso B não se observou uma estratégia deliberada. Todavia evidenciou-se que em ambos os casos, a repercussão das tecnologias digitais estava de acordo com o critério competitivo mais importante para os clientes. Pode-se inferir que a adoção de tecnologia necessita uma estratégia. Porém, esta deve ser elaborada pela empresa levando em consideração a infraestrutura instalada, os equipamentos e parceiros para implementação, não deixando de ponderar a posição atual da empresa em relação ao atendimento dos critérios competitivos de maior importância para os clientes.

As tecnologias digitais observadas no Caso A, em sua maioria sistemas de informação, necessitam modificações de infraestrutura, aquisição de hardware e instalação de software. No Caso B, a expressiva maioria são micro automações de

simples implementação e custo reduzido ou inexistente para operacionalizá-las, sendo por exemplo, os aplicativos para smartphone e a utilização de internet para atividades antes realizadas manualmente. Uma das tecnologias apresentadas consiste em adotar aplicativos de transporte compartilhado para a locomoção dos técnicos até o local da manutenção. Considerando que estes possuem um smartphone provido pela empresa, e que o aplicativo recebe por utilização, o custo de implementação foi inexistente.

Para adoções que envolvam alterações de infraestrutura e equipamentos as organizações devem considerar que quando uma tecnologia é estabelecida torna-se oneroso alterá-la e, estas tendem a persistir por longos períodos, mesmo diante da concorrência de substitutos potencialmente superiores dificultando a organização de evoluir. (PERKINS, 2003). Se por um lado as tecnologias de implementação simplificada, como no Caso B, podem ser adotadas sem custos elevados para a substituição, por outro lado as tecnologias de sistemas de informação necessitam ser melhor planejada, visto que envolvem custo elevado de implementação. Desta forma, os investimentos em tecnologias da informação, neste trabalho consideradas sistemas de informação, “são decisões importantes para as empresas, pois envolvem grandes investimentos de capital.” (SANDERS; PREMUS, 2005, p. 17).

A utilização de pilotos para avaliar a implementação de tecnologias no Caso A, exibe preocupação com a adoção, visto que caso o projeto piloto tenha obtido resultados favoráveis, a implementação pode ser expandida. As implementações piloto permitem a utilização dos resultados iniciais para verificar o seu potencial e determinar a infraestrutura necessária para capturar benefícios em uma escala maior. (SCHMITZ et al., 2019). Desta forma, no Caso A, com a implementação piloto do cobot, a empresa pode verificar que os benefícios obtidos não foram significativos frente aos custos de aquisição e manutenção da tecnologia e a utilização não será expandida.

Percebeu-se então que o modelo de negócio da empresa é determinante na disposição para a adoção de tecnologias. No Caso B a empresa fornece produto e serviço diretamente para o consumidor final (B2C) e busca oferecer inovações que satisfaçam os clientes sem que estes necessitem solicitá-las. Deste modo, a empresa possui internamente um setor de inovação de produto que também desenvolve aplicativos para interação com o cliente melhorando o processo de serviço.

Pode se considerar que o Caso B possui as características de um mercado altamente dinâmico, que por sua vez necessita de capacidade experimental, com extensivo e frequente uso de protótipos, informações em tempo real, experimentação e alternativas múltiplas. (EISENHARDT, KATHLEEN M; MARTIN, 2000). Pode-se evidenciar que esta característica influencia a relação dos colaboradores com a inovação, havendo uma elevada receptibilidade para a adoção de tecnologias diversas na empresa.

No Caso A como a empresa é fornecedora de uma montadora (B2B), que por sua vez irá entregar o produto final para o cliente, não se percebeu a necessidade de inovação de produtos. Mesmo quando a montadora solicita um desenvolvimento, geralmente é realizado em conjunto com a empresa. Desta forma a empresa está mais voltada para melhorar o processo de transformação (produção) minimizando o custo, aumentando a flexibilidade e a qualidade, porém sem modificar o produto.

Pode-se inferir que, no Caso B os clientes têm mais liberdade para substituir a empresa caso os serviços não os atendam satisfatoriamente. Conseqüentemente, a empresa busca a fidelização destes por meio da solução rápida dos problemas de manutenção, possibilitando a percepção de um serviço de qualidade, minimização dos custos com retrabalhos e integração por meio de aplicativos. No Caso A, os clientes são mais condicionados à empresa, visto que o desenvolvimento de um fornecedor com capacidade técnica e de volume de produção por parte dos clientes não é simples. Em vista disso, a empresa foca em minimizar os custos evitando que os clientes desenvolvam novos fornecedores.

Independente no foco de negócio das empresas estudadas, resta evidente que ambas buscam implementar tecnologias para melhorar seus processos. Deste modo, no Caso A os processos produtivos são foco das tecnologias, no Caso B o maior enfoque é dado para o produto e para a prestação de serviço.

O Caso A adota o caminho de integrar e monitorar os processos, tendo iniciado com os processos internos buscando melhorias nas operações, mas com iniciativas para processos externos da CS. Desta forma, espera-se que melhorias em todos os processos sejam atingidas, com objetivo final de integrar a CS. Este formato é seguido, principalmente, por empresas com produto físico e, que atendem outros negócios. (TRIPATHI; GUPTA, 2019).

O Caso B busca aprimorar o produto e oferecer melhores serviços aos clientes. A transformação digital neste caso é motivada e orientada pelo objetivo de aumentar

a proposta de valor ao cliente, sendo este tipo de transformação seguido por organizações que reformulam os meios de interação com o cliente, modificando os produtos, os serviços e a forma de acesso as informações. (TRIPATHI; GUPTA, 2019).

Quanto ao entendimento das tecnologias digitais, em ambos os casos os entrevistados divergem sobre o que caracteriza cada tecnologia digital apresentada no roteiro de entrevista. São tecnologias digitais recentes e, as que compõem a classe Habilitadora e Integradora, não são tangíveis como as da classe de Aplicação, tornando a compreensão mais complexa. Sorkun (2020, p. 177) afirma que “a falta de entendimento claro dessas buzzwords e de suas inter-relações é uma barreira para a determinação de um roadmap preciso para o processo de digitalização nas empresas.” Entretanto, mesmo com um roadmap definido no Caso A, os entrevistados apresentaram divergência de conceitos.

Parte desta divergência ocorreu pois, em ambos os casos, os entrevistados nomeiam os sistemas de informação, tecnologias de aquisição de dados e micro automações como tecnologias Habilitadoras e Integradoras. Desta forma, a inclusão da classe de tecnologias de Infraestrutura Digital, precedendo as três classes sugeridas na literatura, a saber: Habilitadora, Integradora e de Aplicação (GURRÍA, 2017), foi fundamental para a compreensão da transformação digital nas empresas. A criação da classe de Infraestrutura Digital nivela o conhecimento das tecnologias digitais necessárias para a existência das demais classes de tecnologias digitais.

Ambos os casos, além dos sistemas de informação implementados e em fase de implementação, projetam adoções de sensores e RFID, especificamente tecnologias de Infraestrutura Digital da Classe de Aquisição de Dados. Deve-se considerar que a transformação digital fará a integração das novas tecnologias àquelas implementadas nas organizações, habilitando os sistemas antigos a operar em tempo real. (KAGERMANN; WAHLSTER; JOHANNES, 2013). Entende-se que o uso de informações em tempo real deverá ser central para a transformação digital rumo a I4.0. (OZTEMEL; GURSEV, 2018). No Caso B, corroborando com a literatura, projeta-se a inserção dos dados obtidos por leitores de RFID diretamente para o ERP.

As tecnologias de Infraestrutura Digital na subclasse de sistemas de informação, ERP e MES, foram observadas em ambos os casos, porém em níveis diferentes de implementação. O MES implementado no Caso A permite a avaliação de eficiência, com informação da quantidade de peça produzida e peças com

problema de qualidade além do tempo de ciclo, enquanto no Caso B, somente a disponibilidade dos equipamentos pode ser visualizada no MES.

Entretanto não foram observadas integrações entre os processos da CS geradas por estes sistemas. Contudo espera-se que estas tecnologias proporcionem integração aos processos da CS. (KLETTI, 2007). Quando o ERP receber informações de produção em tempo real proporcionará informações confiáveis ao planejamento da CS, mantendo as condições de falha mais breves possíveis, não comprometendo o atendimento aos clientes. (KLETTI, 2007). Estas informações em tempo real podem ser fornecidas pelo MES, visto que atualmente no Caso A, os dados de quantidade de peças produzidas estão disponíveis no sistema. Porém, atualmente dependem de coleta e inserção manual no sistema de ERP.

Pode-se inferir que os sistemas de informação devem evoluir em integrações, fornecendo conectividade e colaboração para possibilitar a transformação digital. De tal modo, um sistema de ERP adequadamente estruturado, deverá proporcionar o monitoramento do desempenho da CS, usando cenários preventivos para minimizar a insatisfação do cliente. (OZTEMEL; GURSEV, 2018). Desta forma, será importante que os dados sejam analisados em tempo real e que permitam o acesso a informações de fornecedores, clientes e outros parceiros, para garantir a eficiência das operações. Assim os clientes poderão acompanhar o status dos pedidos online sem atraso na informação. (OZTEMEL; GURSEV, 2018).

Dentre as tecnologias inicialmente determinadas no protocolo de estudo de caso, as que apresentaram estágio de adoção superior as demais pertencem a classe de Aplicação. Entretanto, a literatura estudada define que a implementação inicia com as tecnologias da classe Habilitadoras, seguida pela classe Integradoras e por último a classe de Aplicação. (GURRÍA, 2017).

Todavia os veículos autoguiados considerados pelos entrevistados no Caso A foram reclassificados como AGV, visto que a aplicação relatada será a de rebocadores guiados por faixas magnéticas e trilhos para a logística interna. Entretanto a literatura prevê que os veículos autoguiados sejam habilitados pela tecnologia de IoT. (GURRÍA, 2017). Os veículos autoguiados habilitados com IoT serão incorporados aos fluxos de informações recebendo dados da estrutura viária, de outros veículos e de serviços online, formando assim a inteligência artificial necessária para que operem autonomamente. (GURRÍA, 2017).

No Caso B, a utilização prevista para os drones realizará a medição do local de instalação dos elevadores. Esta utilização não é encontrada na literatura, que prevê o emprego no transporte de material em operações de logística interna ou em entregas externas de curta distância também conhecida como de “última milha”. (HEUTGER *et al.*, 2014). A Figura 10 apresenta a evolução do transporte logístico, incorporando conceitos de AGV, veículos sem motoristas e drones.

Figura 10 - Evolução do transporte na logística

Logística interna/externa	Logística interna/ locais isolados	Logística interna/ externa
Veículo guiado por operador	Automated guided vehicles (AGV)	Veículo sem motorista/ Drones

Fonte: Elaborado pela autora.

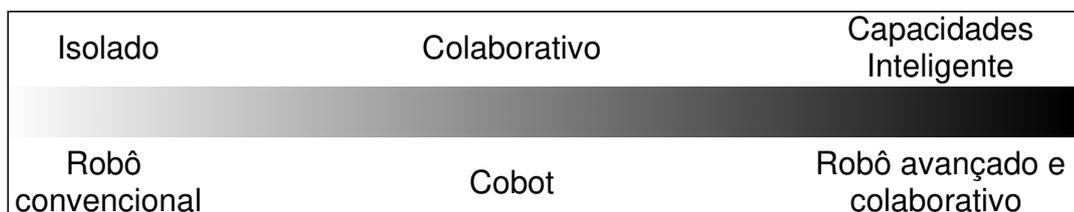
Desta forma, ambas as utilizações não estão de acordo com a literatura estudada (GURRÍA, 2017; HEUTGER *et al.*, 2014) e conseqüentemente os benefícios esperados também divergem. Para a medição com drones os benefícios esperados são na qualidade da entrega dos equipamentos e na redução de retrabalhos por erros de medição. Segundo Stock e Seliger (2016) o impacto será nas entregas, com a diminuição do consumo de combustível, redução do custo com operadores e de acidentes como melhoria gerada da utilização de veículos autoguiados.

Da mesma forma para robôs avançados e colaborativos, a implementação observada não apresenta as características de autoconsciência e automanutenção estudadas na literatura (BAYRAM; İNCE, 2018; MERLINO; SPROGE, 2017) e assim definiu-se que a tecnologia da empresa é um cobot, ou seja, um robô com capacidade colaborativa. Espera-se que robôs avançados e colaborativos possuam inteligência artificial que lhes possibilitará cooperar e colaborar, controlando o ambiente que atuam. (OZTEMEL; GURSEV, 2018).

Entretanto, a divergência mais significativa com a literatura está relacionada ao benefício esperado com o emprego de robôs. Segundo Merlino e Spronge (2017), robôs serão utilizados para reduzir o custo da operação e suprir a demanda por operadores, além de possibilitar o atendimento mais rápido do cliente. Contudo, na utilização analisada, o robô não aumenta a velocidade da produção, visto que a mesma operação pode ser realizada por dois operadores, e não é significativo na

redução de custo, uma vez que a implementação e as peças de manutenção tornam a utilização onerosa. A Figura 11 apresenta a evolução das capacidades operacionais dos robôs.

Figura 11 - Evolução da capacidade dos robôs



Fonte: Elaborado pela autora.

Pode-se inferir que cobots são evoluções de robôs convencionais, visto que eliminam a necessidade de isolamento completo da operação e podem operar em colaboração com os operadores e que, robôs avançados e colaborativos serão a evolução dos cobots uma vez que terão a capacidade de cooperar com colaboradores e com outros robôs e ainda terão habilidades de autoconsciência e automanutenção.

Para a manufatura aditiva, a tecnologia aplicada está de acordo a definição estudada (ACATECH, 2017; ATTARAN, 2017; SCHWAB, 2016; THOMAS, 2016). Logo, conclui-se que não há a necessidade de tecnologias habilitadoras e integradoras para a utilização da manufatura aditiva.

Com tal característica a manufatura aditiva é a única tecnologia, previamente definida no protocolo de estudo de caso, implementada conforme os conceitos estudados. As utilizações mencionadas como implementadas, protótipos, dispositivos de fixação e peças de reposição, corroboram com estudos que apontam que, até 2022, o percentual de peças de reposição produzidas por manufatura aditiva deve alcançar 85% da produção. (GEISSBAUER; WUNDERLIN; LEHR, 2017). Para a fabricação de protótipos, a tecnologia representa, atualmente, 45% dos processos de fabricação e estima-se que até 2022 toda a produção de protótipos seja feita por manufatura aditiva. (GEISSBAUER; WUNDERLIN; LEHR, 2017).

Os benefícios esperados com a aplicação da manufatura aditiva na CS são o aumento da flexibilidade de fabricação - permitindo maior variedade de itens - a redução nos prazos de entrega, a customização do produto e a redução do estoque. (IVANOV, DMITRY; DOLGUI; SOKOLOV, 2018; TRIPATHI; GUPTA, 2019). Desta forma, a utilização para peças de reposição observada nos casos, com repercussão

no custo, ocasionada pela redução de estoque e, conseqüentemente, peças obsoletas, é sustentada na literatura.

Não foi observada relação entre sustentabilidade e a utilização da manufatura aditiva. Contudo, ao usar a quantidade exata de material necessário a manufatura aditiva elimina o desperdício e, conseqüentemente, melhora a sustentabilidade (ANGELEANU, 2015). Pode-se inferir que, como nos dois casos somente material polimérico é utilizado, e visto que este não é um recurso escasso, este benefício não foi apontado. Além disso, a utilização atual representa baixo volume de peças de fixação e reposição.

Quanto à utilização de IoT no Caso B, as informações seguem apenas o fluxo do cliente para a empresa. Porém, para maiores benefícios, a conectividade deve ter um sentido duplo. Primeiro, permitindo que as informações sejam enviadas do produto para o fabricante, usuários e outros produtos e sistemas. Segundo, permitindo que algumas funções possam ser executadas fora do dispositivo físico, possibilitando ao fabricante acesso ao produto. (IVANOV, D; TSIPOULANIDIS; SCHÖNBERGER, 2019).

Desta forma, a tecnologia de IoT instalada necessita evoluir para que um maior benefício seja observado. Segundo Xu, He e Li (2014) quatro camadas compõem a IoT. Pode-se concluir que neste caso a primeira camada foi atingida com a instalação do dispositivo de transmissão de dados no elevador, a segunda com a transmissão de dados para a empresa e a terceira com a possibilidade de o dispositivo comunicar-se com a empresa gerenciando o serviço de manutenção corretiva. Devendo ainda desenvolver a camada que fornece a interação entre a empresa e o usuário, permitindo a criação de aplicações que melhorem a satisfação do cliente e formando assim o fluxo de informação da empresa para o cliente.

Da mesma forma, apesar da tecnologia de IoT fornecer dados da operação dos equipamentos, estes não são usados para desenvolvimento de novos produtos ou melhoria dos existentes, tampouco para análises preditivas de falha. Entretanto, estas utilizações são previstas para equipamentos com IoT. (IVANOV, D; TSIPOULANIDIS; SCHÖNBERGER, 2019).

A tecnologia de realidade aumentada foi mencionada nas entrevistas e adicionada nas tecnologias da classe de Aplicação, visto que é tangível e possui a capacidade de conectar o ambiente físico e virtual, modificando significativamente a operação em que é aplicada. No Caso B é utilizada para manutenção. A utilização dos

óculos de realidade aumentada para manutenção permite a superposição da imagem virtual com imagem real, contribuindo com a prestação de serviço, visto que simplifica a identificação da falha. A utilização projetada pela empresa no Caso A e, pela corporação no Caso B, para separação de material em armazém facilita a operação, liberando o operador de consultar listas impressas ou display.

Estas aplicações são previstas na literatura que sugere aplicações de realidade aumentada no controle de qualidade, manutenção, montagens, separação de material em armazéns. (CORREA, 2019). Porém, a empresa em que a realidade aumentada está implementada, percebe desvantagem na utilização. Os óculos de realidade aumentada adicionam material para os técnicos transportarem ao realizar uma manutenção. Esta desvantagem não foi mencionada na literatura possivelmente devido ao fato desta estar prevendo manutenções em equipamentos de uma planta fabril, e na utilização observada o técnico se desloca até o local da manutenção necessitando usar transporte e acessar locais diversos.

A tecnologia de RPA não estava previamente no protocolo. No entanto, foi identificada nos dois estudos de caso, comprovando ser esta uma tecnologia importante para a transformação digital. Porém a utilização de RPA foi classificada pelos entrevistados como inteligência artificial e reclassificada neste estudo. Conforme está aplicada nas empresas, a tecnologia não aprende com os dados e não é flexível para se adaptar a situações não programadas, características necessárias para a inteligência artificial. (HARTLEY; SAWAYA, 2019; KAPLAN; HAENLEIN, 2019). A disponibilidade em tempo integral, qualidade e exatidão das atividades são benefícios do RPA (SCHEER, AUGUST-WILHELM, 2019) que não foram citados pelos entrevistados. Estes somente consideraram a redução de custo como benefício da tecnologia.

A tecnologia digital de *blockchain*, apesar de discutida na literatura para garantir a procedência dos produtos e veracidade nas informações da CS (KIM; LASKOWSKI, 2018; KSHETRI, 2018; TIAN, 2017), foi a tecnologia com menor estágio de adoção, ou seja, a maior parte dos entrevistados desconhece a tecnologia. Visto que o *blockchain* é uma tecnologia recente e que “poucas empresas adotaram sua implantação completa em CS” (KAMBLE; GUNASEKARAN; ARHA, 2019, p. 2026) pode-se concluir que a tecnologia é desconhecida pelos profissionais que ignoram suas possíveis aplicações no processos da CS.

Algumas barreiras dificultam a expansão da utilização de tecnologias digitais. Estudo da CNI (CNI, 2016) e a literatura (HOFMANN; RÜSCH, 2017) apontam a dificuldade de estimar o retorno do investimento em tecnologias como uma barreira à transformação digital. Essa barreira foi apontada no Caso A, visto que uma tecnologia somente pode ser avaliada quanto ao retorno no investimento após implementada. Ainda assim, esses benefícios são algumas vezes em termos de melhoria da ergonomia, redução de erros de inserção de dados no sistema, dificultando a avaliação financeira do retorno do investimento.

A transformação digital depende das habilidades dos envolvidos nos processos. Assim, estas devem ser desenvolvidas nos colaboradores. (GEISSBAUER; VEDSO; SCHRAUF, 2016). Porém, mesmo apresentado esta barreira, o Caso B não exibiu iniciativas para treinar as habilidades. No Caso A, como os entrevistados consideraram que possuem a maior parte das tecnologias digitais implementada, essa barreira não foi identificada. Deste modo, identificar as deficiências deveria auxiliar as empresas a desenvolver habilidades necessárias para a transformação digital de seus negócios. Isto não ocorre no Caso B, que mesmo percebendo a necessidade de evoluir em habilidades digitais não o faz. Pode-se inferir que as empresas ignoram os benefícios que podem obter e assim ficam estagnadas ou ao consideram que possuem as habilidades necessárias não precisam desenvolvê-las.

Entretanto, ao identificarem a divergência de conceitos sobre as tecnologias digitais entre seus colaboradores, as empresas deveriam estabelecer grupos de trabalho para a transformação digital. Criando assim, estratégias integradas entre os setores, evitando iniciativas isoladas e redundantes. A integração com centros de pesquisa de instituições de ensino, mencionada por um dos casos para tecnologias de aplicação, deveria ser expandida para as demais tecnologias. A aproximação do ambiente acadêmico do industrial contribui com a evolução de ambos. O ambiente industrial possui dados e equipamentos necessários para que certas tecnologias sejam testadas. Esta foi a abordagem de Soroor et al (2011) que utilizam um ambiente real para validar um algoritmo inteligente criado e Alfian, Syafrudin e Rhee (2017) que testam numa cadeia de suprimento de alimentos perecíveis a plataforma de big data criada para lidar com dados gerados por IoT.

Por fim conclui-se que as empresas aplicam tecnologias digitais, principalmente da classe de Infraestrutura Digital e entendem a necessidade de ampliar a utilização

objetivando uma maior integração. Porém, os entrevistados tentam adequar as tecnologias que possuem nas empresas aos conceitos das tecnologias recentes, também conhecidos como buzzwords, aumentando a imprecisão conceitual sobre a definição das tecnologias digitais.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transformação digital está ocorrendo nas empresas. Entretanto as tecnologias digitais utilizadas estão mais relacionadas aos sistemas de informação, a utilização de micro automação e smartphone do que as tecnologias recentes da Manufatura Avançada. As tecnologias de aquisição de dados como sensores, RFID estão sendo estudadas pelas empresas. Assim, a evolução para uma CS digital requer que as empresas desenvolvam uma maior maturidade nas tecnologias digitais que possuem e de outras que estão em desenvolvimento e estágio piloto.

Cabe destacar que evidenciando a transformação digital que está ocorrendo nas empresas, o impacto das tecnologias nos processos da CS e a repercussão nos critérios competitivos, foi confirmado o objetivo geral desta pesquisa. Sendo assim, resta evidente que a maior parte das tecnologias digitais tem impacto nos processos e repercute nos critérios competitivos das empresas. Porém, algumas tecnologias, apesar de apresentarem benefícios, devido às barreiras para adoção ou manutenção, não terão a expansão da utilização, ao menos no curto prazo.

As empresas empenham esforços na transformação digital e, assim procuram organizações que possuem tecnologias digitais implementadas e *know-how* na utilização. Este contato pode ocorrer internamente, dentro da própria corporação, ou com *benchmark* entre organizações. Cabe destacar que avaliar tecnologias em aplicações diversas das que são apresentadas pode trazer *insights* sobre possíveis usos e benefícios das tecnologias.

Considerando a importância da transformação digital para a competitividade das CS e percebendo a falta de entendimento dos profissionais sobre as tecnologias digitais e a carência de pesquisas que apresentem uma avaliação completa da CS, este trabalho forneceu evidências empíricas dos impactos das tecnologias digital nos processos da CS e pode servir a profissionais que procuram avaliar os benefícios das tecnologias digitais. Assim, foi explicitada a ocorrência da transformação digital em duas empresas comprovando que tecnologias digitais têm impactos, reais e esperados, nos processos da CS e nos critérios competitivos.

Os estudos de caso possibilitaram aprofundar a análise dos estágios de implementação das tecnologias digitais evidenciando o grau de maturidade das empresas para a transformação digital. Desta forma, o estudo de caso comprovou ser o método de pesquisa apropriado para o objetivo desta pesquisa visto que permitiu

analisar a adoção de tecnologias digitais sob o ponto de vista de diversos entrevistados. As divergências e convergências entre os entrevistados auxiliaram a definir o estágio de implementação das tecnologias e pode-se inferir que os resultados são mais confiáveis que um estudo de caso com entrevistado único. Do mesmo modo, possui validade maior que uma investigação por meio do método de pesquisa survey, visto que não se limitou a interpretação dos entrevistados sobre o que são as tecnologias digitais.

Como contribuição adicional verificou-se o entendimento dos entrevistados sobre os conceitos das tecnologias digitais recentes, também conhecidas como buzzwords. Evidenciou-se que estas não são bem compreendidas, e que uma mesma buzzword é utilizada para referir-se a diversas tecnologias que a empresa possui. Estas diferenças foram verificadas entre os entrevistados dentro da empresa, e confirmadas na replicação literal do estudo de caso, visto que nas duas empresas houve a necessidade de reclassificar as tecnologias mencionadas pelos entrevistados.

Assim, durante as entrevistas foi necessário aprofundar os questionamentos para entender se a tecnologia relatada pelos entrevistados condizia com os conceitos estudados. Assim, esta pesquisa estabeleceu um quadro resumo dos conceitos das tecnologias como base para as entrevistas e posterior análises dos dados.

A segunda contribuição à teoria é a inclusão da classe de tecnologia de Infraestrutura Digital na classificação existente. Este estudo determina que para compreender a transformação digital nas organizações, os pesquisadores devem iniciar suas pesquisas identificando a infraestrutura de sistemas de informação, aquisição de dados e micro automação que formarão a base para as classes subsequentes. Assim, a determinação da classe de Infraestrutura Digital compoendo as quatro classes de tecnologias digitais contribui com a pesquisa sobre transformação digital e Manufatura Avançada, fornecendo uma base reproduzível para outros estudos. Portanto o protocolo de estudo de caso foi alterado e a classe de Infraestrutura Digital adicionada.

Apesar das contribuições relacionadas anteriormente, a realização deste trabalho apresentou limitações. A aplicação dos roteiros de entrevista do protocolo de estudo de caso revelou-se excessivamente extensa. Assim, devido a indisponibilidade de alguns entrevistados, não foi possível a aplicação de todos os roteiros. O protocolo previa entrevistas de uma hora com o entrevistado da CS e trinta minutos com os

demais entrevistados. Porém para uma aplicação rigorosa do protocolo, entrevistas com duração de aproximadamente duas horas com o responsável da CS e uma hora com os demais entrevistados foram realizadas.

Assim, como terceira contribuição à teoria, o protocolo de estudo de caso foi revisado, tornando-o mais conciso. As perguntas abertas foram reduzidas, mantendo-se os pontos de maior interesse para a pesquisa.

O protocolo será disponibilizado para pesquisadores que pretendam realizar estudos de caso sobre a transformação digital nos processos da CS. Deste modo, possibilitará a análise comparativas da transformação digital em contextos diversos.

Para trabalhos futuros, sugere-se a realização de estudos de caso na empresa focal e no *Tier 1* (cliente e fornecedor direto). Desta forma será possível avaliar a repercussão das tecnologias da empresa focal sob o ponto de vista da cadeia de suprimento e não somente dos processos da CS.

Outra limitação deste trabalho é que, inicialmente apenas os aspectos favoráveis das tecnologias digitais estavam previstos. Mesmo com esta limitação durante as entrevistas algumas barreiras exibiram as desvantagens das tecnologias, por exemplo, o impacto no custo da utilização do cobot e dos óculos de realidade aumentada. Desta forma, as barreiras à transformação digital impedem a expansão da utilização de algumas tecnologias, assim estas não são viáveis atualmente, contudo podem tornar-se a partir de uma maior difusão dos conceitos, da evolução da tecnologia, das habilidades e da legislação.

Pode-se concluir que a transformação digital ocorrerá com a ampliação das utilizações das tecnologias de Infraestrutura Digital pelas empresas, visto que estas servirão de base para as demais tecnologias. Assim, espera-se que os esforços sejam mantidos e ampliados, tanto na implementação das tecnologias digitais como na integração dos processos da CS.

Por fim, destaca-se que a transformação digital está presente nas empresas e irá alterar a forma como os processos são realizados. Por isso, as empresas precisam estar preparadas e conhecer os benefícios das adoções de tecnologias digitais. Da mesma forma, os casos de insucesso na utilização de tecnologias digitais também precisam ser divulgados, evitando assim que investimentos sejam realizados em tecnologias que não terão retorno significativo para a CS.

## REFERÊNCIAS

ACATECH. *Additive Manufacturing*. National Academy of Science and Engineering, German National Academy of Sciences Leopoldina, Union of the German Academies of Sciences and Humanities. Munich: [s.n.], 2017

AGRAWAL, Prakash; NARAIN, Rakesh. Digital supply chain management : An Overview. **IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering**, 2018.

AKDIL, Kartal Yagiz; USTUNDAG, Alp; CEVIKCAN, Emre. Maturity and Readiness Model for Industry 4.0 Strategy. **Managing The Digital Transformation**. Switzerland: Springer, 2018. p. 285.

AKYUZ, G. A.; GURSOY, G. Transformation of Supply Chain Activities in Blockchain Environment. **Digital Business Strategies in Blockchain Ecosystems: Transformational Design and Future of Global Business**. Switzerland: Springer International Publishing AG, 2020.

ALFIAN, Ganjar; SYAFRUDIN, Muhammad; RHEE, Jongtae. Real-Time Monitoring System Using Smartphone-Based Sensors and NoSQL Database for Perishable Supply Chain. **Sustainability** v. 9, 2017.

AMIT, Raphael; SCHOEMAKER, Paul J H. Strategic Assets and Organizational Rent. **Strategic Management Journal** v. 14, p. 33–46, 1993.

ANGELEANU, Andra. New Technology Trends and Their Transformative Impact on Logistics and Supply Chain Processes. **International Journal of Economic Practices & Theories** v. 5, n. 5, p. 413–419, 2015.

APICS. *No Title*. Disponível em: <<http://www.apics.org>>. Acesso em: 26 mar. 2019.

APQC. Quick Poll : Current state of Robotic Process Automation in the Supply Chain. **Supply Chain Management Review** n. August, 2018, p. 1–5, 2018.

ARUNACHALAM, Deepak; KUMAR, Niraj; KAWALEK, John Paul. Understanding big data analytics capabilities in supply chain management: Unravelling the issues, challenges and implications for practice. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review** v. 114, p. 416–436, 2018.

ATTARAN, Mohsen. The rise of 3-D printing: The advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing. **Business Horizons** v. 60, n. 5, p. 677–688, 2017.

AVILES, Maria E. **The Impact of Cloud Computing in Supply Chain Collaborative Relationships, Collaborative Advantage and Relational Outcomes**. Georgia Southern University, 2015. 0 521 30862 3.

BABBIE, Earl. **THE BASICS OF SOCIAL RESEARCH**. 2. ed. Belmont: Thomson Corporation, 2008. .9780495094685.

BAHETI, Radhakisan; GILL, Helen. Cyber-physical Systems. **The Impact of Control Technology** p. 161–166, 2011.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2007. .

BARDIN, Lawrence. **Análise de Conteúdo**. 3 reimp da ed. São Paulo: Edições 70, 2011. .9788562938047.

BARNEY, Jay. *Firm Resources and Sustained Competitive Advantage*. **Journal of Management**. [S.l: s.n.], 1991

BAYRAM, Barış; İNCE, Gökhan. Advances in Robotics in the Era of Industry 4.0. **Industry 4.0: Managing The Digital Transformation**. Switzerland: Springer, 2018. 9783319578699.

BEARZOTTI, Lorena A.; SALOMONE, Enrique; CHIOTTI, Omar J. An autonomous multi-agent approach to supply chain event management. **International Journal of Production Economics** v. 135, n. 1, p. 468–478 , 2012.978-1-4244-2012-4.

BEN-DAYA, Mohamed; HASSINI, Elkafi; BAHROUN, Zied. Internet of things and supply chain management: a literature review. **International Journal of Production Research** v. 7543, n. November, p. 1–24 , 2017.00207543 (ISSN).

BJØRN EGIL ASBJØRNSLETT. Assessing the Vulnerability of Supply Chains. **SUPPLY CHAIN RISK A Handbook of Assessment, Management, and Performance**. New York: Springer, 2009. 9780387799339.

BOGATAJ, David; BOGATAJ, Marija; HUDOKLIN, Domen. Reprint of “ Mitigating risks of perishable products in the cyber-physical systems based on the extended MRP model ”. **International Journal of Production Economics** p. 1–13 , 2017.

BOGERS, Marcel; HADAR, Ronen; BILBERG, Arne. Additive manufacturing for consumer-centric business models: Implications for supply chains in consumer goods manufacturing. **Technological Forecasting and Social Change** v. 102, p. 225–239 , 2016.

BOLSTORFF, Peter; ROSENBAUM, Robert. **Supply Chain Excellence: A Handbook for Dramatic Improvement Using the SCOR Model**. 3. ed. New York: AMACOM, 2012. .9780814417713.

BOWCOTT, Owen. Laws for safe use of driverless cars to be ready by 2021. **The Guardian** v. 13, p. 1–5 , 2017. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/law/2017/dec/14/laws-safe-use-driverless-cars-ready-2021-law-commission>>.

BOWLING, Ann. **Research Methods in Health: Investigating Health and Health Services**. 4. ed. Berkshire: Open University Press, 2014. .9780335262748.

BOZARTH, Cecil C. *et al.* The impact of supply chain complexity on manufacturing plant performance. **Journal of Operations Management** v. 27, n. 1, p. 78–93 , 2009.

BRASIL. REQUISITOS GERAIS PARA AERONAVES NÃO TRIPULADAS DE USO CIVIL. , 2017 . Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/participacao-social/audiencias-e-consultas-publicas/audiencias/2015/aud17/anexorbac91.pdf>>.

BRETTEL, Malte *et al.* How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. **International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering** v. 8, n. 1, p. 37–44 , 2014.1307-6892.

BRINCH, Morten *et al.* Practitioners understanding of big data and its applications in supply chain management. **International Journal of Logistics Management** v. 29, n. 2, p. 555–574 , 2018.

BRUSSET, Xavier; TELLER, Christoph. Supply chain capabilities, risks, and resilience. **International Journal of Production Economics** v. 184, n. October 2015, p. 59–68 , 2017.

BUGHIN, Jacques; LABERGE, Laura; MELLBYE, Anette. The case for digital reinvention. **McKinsey Quarterly** n. February , 2017.

BURKE. Rick *et al.* **The smart factory: Responsive, adaptive, connected manufacturing**. Deloitte University Press [S.l: s.n.], 2017.

CÁMARA, Sebastián Bruque; FUENTES, José Moyano; MARÍN, Juan Manuel Maqueira. Cloud computing, Web 2.0, and operational performance: The mediating role of supply chain integration. **The International Journal of Logistics Management** v. 26, n. 3, p. 426–458 , 2013.

CARBONNEAU, Réal; VAHIDOV, Rustam; LAFRAMBOISE, Kevin. Machine learning-Based Demand forecasting in supply chains. **International Journal of Intelligent Information Technologies** v. 3, n. 4 , 2007.

CASINO, Fran; DASAKLIS, Thomas K.; PATSAKIS, Constantinos. A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues. **Telematics and Informatics** v. 36, n. May 2018, p. 55–81 , 2019.0736-5853.

CAUCHICK MIGUEL, Paulo Augusto *et al.* **Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. .

CECERE. Lora. **Digital Supply Chain Insights on Driving the Digital Supply Chain Transformation**. **Supply Chain Insights LLC** [S.l: s.n.], 2014.

CHAN, Chi-on; LIU, Owen; SZETO, Ricky. Developing Information Sharing Model Using Cloud Computing and Smart Devices for SMEs Supply Chain : A Case in Fashion Retail. **International Journal of Information Systems and Supply Chain Management** v. 10, n. 3, p. 44–64 , 2017.

CHENG, Guo-jian *et al.* Industry 4.0 Development and Application of Intelligent Manufacturing. **2016 International Conference on Information System and Artificial Intelligence** p. 407–410 , 2016.9781509015856.

CHERGUI, Akram; HADJ-HAMOU, Khaled; VIGNAT, Frédéric. Production scheduling and nesting in additive manufacturing. **Computers & Industrial Engineering** v. 126, n. May, p. 292–301 , 2018.

CHIANG, Wen Chyuan *et al.* Impact of drone delivery on sustainability and cost: Realizing the UAV potential through vehicle routing optimization. **Applied Energy** v. 242, n. March, p. 1164–1175 , 2019.

CHOI, Tsan-ming; WALLACE, Stein W; WANG, Yulan. Big Data Analytics in Operations Management. v. 27, n. 10, p. 1868–1883 , 2018.

CNI. **Relatório Síntese da Pesquisa de Campo: Análise agregada dos resultados**. Brasília: [s.n.], 2017.

CNI. **Sondagem especial. Confederação Nacional da Indústria – CNI** [S.l: s.n.], 2016.

COLGATE, James E.; PESHKIN, Michael A. *US5952796* . Estados Unidos da América: [s.n.]. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/US5952796A/en?q=cobot&oq=cobot>> . , 1999

CORBIN, Juliet; STRAUSS, Anselm L. **Basics of Qualitative Research : Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory**. Thousand Oaks, California: SAGE Publications, Inc, 1998. .9780791435267.

CORREA, Henrique. Industry 4.0 and its implications for global supply chains. **Administração de Cadeias de Suprimentos**. [S.l.]: Atlas, 2019.

CORRÊA, Henrique Luiz; GIANESI, Irineu Nogueira; CAON, Mauro. **Planejamento, Programação e Controle da Produção - MRP II / ERP**. 6ª edição. ed. São Paulo: Atlas, 2019. .

CORRÊA, Henrique Luiz; XAVIER, Lucia Helena. Concepts, design and implementation of Reverse Logistics Systems for Sustainable Supply Chains in Brazil. **Journal of Operations and Supply Chain Management** v. 6, n. 1 , 2013.

CSCMP. [https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM\\_](https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_).

DE VASS, Tharaka; SHEE, Himanshu; MIAH, Shah. The effect of “Internet of Things” on supply chain integration and performance: An organisational capability perspective. **Australasian Journal of Information Systems** v. 22, p. 1–29 , 2018.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco;; ANTUNES JÚNIOR, José Antonio Valle. **Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: [s.n.], 2015. 1–181 p. .

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco;; MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick; Uma análise distintiva entre o estudo de caso, a pesquisa-ação e a design science research. **Revista Brasileira de Gestao de Negocios** v. 17, n. 56, p. 1116–1133 , 2015.9474268800.

DURACH, Christian F.; KURPJUWEIT, Stefan; WAGNER, Stephan M. The impact of additive manufacturing on future suply chains. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management** p. 1–10 , 2016.1120160332.

DURACH, Christian F.; KURPJUWEIT, Stefan; WAGNER, Stephan M. The Impact of Direct Digital Manufacturing on Supply Chains. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management** , 2017.3656210306.

EISENHARDT, Kathleen; GRAEBNER, Melissa. THEORY BUILDING FROM CASES: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES. **Academy of Management Review** v. 50, n. 1, p. 25–32 , 2007.0761911901.

EISENHARDT, Kathleen M; MARTIN, Jeffrey A. DYNAMIC CAPABILITIES : WHAT ARE THEY ? v. 1121, p. 1105–1121 , 2000.

FAWCETT, Stanley E; WALLER, Matthew A. Supply Chain Game Changers—Mega, Nano, and Virtual Trends—And Forces That Impede Supply Chain Design (i.e., Building a Winning Team). **Journal of Business Logistics** v. 35, n. 3, p. 157–164 , 2014.

FERDOWS, Kasra. Keeping up with growing complexity of managing global operations. **International Journal of Operations and Production Management** v. 38, n. 2, p. 390–402 , 2018.0144-3577.

FLEISS, Joseph L. Measuring Nominal Scale Agreement Among Many Raters. **Psychological Bulletin** v. 76, n. 5, p. 378–382 , 1971.

FRANK, Alejandro Germán; DALENOGARE, Lucas Santos; AYALA, Néstor Fabián. Industry 4.0 technologies: implementation patterns in manufacturing companies. **International Journal of Production Economics**. v. in press , 2019.

GEISSBAUER, Reinhard; VEDSO, Jesper; SCHRAUF, Stefan. *Industry 4.0: Building the digital enterprise*. **PwC**. [S.I.]: PwC. , 2016

GEISSBAUER. Reinhard; WUNDERLIN. Jens; LEHR. Jorge. **A look at the challenges and opportunities of 3D printing**. **Strategy&** [S.I.: s.n.], 2017.0272-5231 (Print)r0272-5231 (Linking).

GENPACT. Driving Supply Chain Excellence through Data-to-Action Analytics. p. 1–8 , 2015. Disponível em: <<http://www.genpact.com/docs/resource-/supply-chain-analytics>>.

GHOBAKHLOO, Morteza. The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. **Journal of Manufacturing Technology Management** v. 29, n. 6, p. 910–936 , 2018.

GIAGNOCAVO, Cynthia *et al*. Agricultural cooperatives and the role of organisational models in new intelligent traceability systems and big data analysis. **Int J Agric & Biol Eng** v. 10, n. 5, p. 115–125 , 2017.

GIMÉNEZ, Cristina; LOURENÇO, Helena R. E-SUPPLY CHAIN MANAGEMENT : REVIEW, IMPLICATIONS AND DIRECTIONS FOR FUTURE RESEARCH. **UPF Economics and Business Working Paper** p. 1–43 , 2004.

GIMPEL. Henner; RÖGLINGER. Maximilian. **DIGITAL TRANSFORMATION: CHANGES AND CHANCES**. Augsburg/Bayreuth: [s.n.], 2015.

GIUSTO, Daniel *et al.* **The Internet of Things**. New York: Springer, 2010. .9781441916730.

GLIGOR, David M.; HOLCOMB, Mary. Understanding the Role of Logistics Capabilities in Achieving Supply Chain Agility: A Systematic Literature Review. **Supply Chain Management** v. 17, n. 4, p. 438–453 , 2012.

GMRG. **Theory Building for the SCM Module**. Trabalho inédito não publicado.: [s.n.], 2019.

GRUŽAUSKAS, Valentas; BASKUTIS, Saulius; NAVICKAS, Valentinas. Minimizing the trade-off between sustainability and cost effective performance by using autonomous vehicles. **Journal of Cleaner Production** v. 184, p. 709–717 , 2018.

GUNASEKARAN, Angappa *et al.* Big data and predictive analytics for supply chain and organizational performance. **Journal of Business Research** v. 70, p. 308–317 , 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.08.004>>.

GUNASEKARAN, Angappa; HONG, Paul; FUJIMOTO, Takahiro. Building supply chain system capabilities in the age of global complexity: Emerging theories and practices. **International Journal of Production Economics** v. 147, n. PART B, p. 189–197 , 2014.

GUO, Z X *et al.* An RFID-based intelligent decision support system architecture for production monitoring and scheduling in a distributed manufacturing environment. **Int. J. Production Economics journal** v. 159, p. 16–28 , 2015.

GURRÍA, Angel. **The Next Production Revolution**. [S.l.]: OECD Publishing Press, 2017.9789264270992.

HADDUD, Abubaker *et al.* Examining potential benefits and challenges associated with the Internet of Things integration in supply chains. **Journal of Manufacturing Technology Management** v. 28, n. 8, p. 1055–1085 , 2017.

HALASSI, Sam; SEMEIJN, Janjaap; KIRATLI, Nadine. From consumer to prosumer: a supply chain revolution in 3D printing. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management** , 2018.0520130138.

HANDFIELD, Robert B.; NICHOLS, Ernest L. **Supply Chain Redesign: Transforming Supply Chains into Integrated Value Systems**. Upper Saddle River: Prentice Hall PTR, 2002. 398 p. .

HEUTGER, Matthias *et al.* **Unmanned Aerial Vehicles in Logistics** . [S.l: s.n.] . , 2014

HOFMANN, Erik. Big data and supply chain decisions : the impact of volume , variety and velocity properties on the bullwhip effect. **International Journal of Production Research** v. 7543, p. 1–19 , 2017.

HOFMANN, Erik; RÜSCH, Marco. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. **Computers in Industry** v. 89, p. 23–34 , 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2017.04.002>>.

HOFMANN, Erik; RUTSCHMANN, Emanuel. Big data analytics and demand forecasting in supply chains: a conceptual analysis. **International Journal of Logistics Management** v. 29, n. 2, p. 739–766 , 2018.

HUANG, Samuel H.; SHEORAN, Sunil K.; KESKAR, Harshal. Computer-assisted supply chain configuration based on supply chain operations reference (SCOR) model. **Computers and Industrial Engineering** v. 48, n. 2, p. 377–394 , 2005.0360-8352.

HUANG, Samuel H *et al.* Additive manufacturing and its societal impact : a literature review. **Int J Adv Manuf Technol** v. 67, p. 1191–1203 , 2013.

HÜLSMANN, Michael; GRAPP, Jörn; LI, Ying. Strategic adaptivity in global supply chains-

Competitive advantage by autonomous cooperation. **International Journal of Production Economics** v. 114, n. 1, p. 14–26 , 2008.0925-5273.

HUO, Baofeng *et al.* The impact of human capital on supply chain integration and competitive performance. **International Journal of Production Economics** v. 178, n. 1, p. 132–143 , 2016.0925-5273.

IBGE. **Classificação Nacional de Atividades Econômicas**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2015.9788524042225.

IVANOV, D; TSIPOULANIDIS, A.; SCHÖNBERGER, J. Digital Supply Chain, Smart Operations and Industry 4.0. **Global Supply Chain and Operations Management: A decision-oriented introduction into the creation of value**. [S.l.]: Springer Nature, 2019. p. 2019. 9783319943138.

IVANOV, Dmitry; DOLGUI, Alexandre; SOKOLOV, Boris. The impact of digital technology and Industry 4 . 0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. **International Journal of Production Research** p. 1–18 , 2018.

JESCHKE, Sabina *et al.* Industrial Internet of Things and Cyber Manufacturing Systems. **Industrial Internet of Things Cybermanufacturing Systems**. Switzerland: Springer International Publishing, 2017. 9781510801202.

JOHN ELKINGTON. **CANNIBALS WITH FORKS The Triple Bottom Line of 21st Century Business**. Oxford: CAPSTONE, 1997. .190096127X.

KACHE, Florian; SEURING, Stefan. Challenges and opportunities of digital information at the intersection of Big Data Analytics and supply chain management. **International Journal of Operations and Production Management** v. 37, n. 1, p. 10–36 , 2017.

KAGERMANN, Henning; WAHLSTER, Wolfgang; JOHANNES, Helbig. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. **Final report of the Industrie 4.0 WG** n. April, p. 82 , 2013.9783831644933.

KAMBLE, Sachin; GUNASEKARAN, Angappa; ARHA, Himanshu. Understanding the Blockchain technology adoption in supply chains-Indian context. **International Journal of Production Research** v. 57, n. 7, p. 2009–2033 , 2019.

KANE, G.C. *et al.* Strategy, not Technology, Drives Digital Transformation. **MIT Sloan Management Review** , 2015.

KANG, Hyoung Seok *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 , 2016.2288-6206.

KAPLAN, Andreas; HAENLEIN, Michael. Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. **Business Horizons** v. 62, n. 1, p. 15–25 , 2019.

KEARNEY, T. **Readiness for the Future of Production**. [S.l.: s.n.], 2018. 266 p. .9781944835163.

KHAJAVI, Siavash H.; HOLMSTRÖM, Jan. Manufacturing Digitalization and Its Effects on Production Planning and Control Practices. 2015, [S.l.: s.n.], 2015. 9783319227566. .

KIM, Henry M.; LASKOWSKI, Marek. Toward an ontology-driven blockchain design for supply-chain provenance. **Intell Sys Acc Fin Mgmt** v. 25, p. 18–27 , 2018.1055-615x.

KLETTI, Jürgen. **Manufacturing execution systems - MES**. New York: Springer Berlin Heidelberg, 2007. 1–272 p. .9783540497431.

KLINGENBERG, Cristina Orsolin; BORGES, Marco Antônio Viana; ANTUNES, José Antônio Valle. Industry 4.0 as a data-driven paradigm: a systematic literature review on technologies. **Journal of Manufacturing Technology Management** , 2019.

KOEPL. Thorsten V.; KRONICK. Jeremy. **Blockchain Technology – What’s in Store for Canada’s Economy and Financial Markets? C.D. Howe Institute** [S.l: s.n.], 2017.9781987983135.

KOH, Lenny; ORZES, Guido; JIA, Fu. The fourth industrial revolution (Industry 4.0): technologies disruption on operations and supply chain management. **International Journal of Operations and Production Management** v. 39, n. 6, p. 817–828 , 2019.

KONOVALENKO, Iurii; LUDWIG, André. Computers in Industry Event processing in supply chain management – The status quo and research outlook. **Computers in Industry** v. 105, p. 229–249 , 2019.

KRIPPENDORFF. Klaus. **Computing Krippendorffs Alpha-Reliability**. [S.l: s.n.], 2011.

KRIPPENDORFF, Klaus. **Content Analysis: An introduction to its methodology**. New Delhi: SAGE Publications Ltd, 2004. .

KRISTAL, Mehmet Murat; HUANG, Xiaowen; ROTH, Aleda V. The effect of an ambidextrous supply chain strategy on combinative competitive capabilities and business performance. **Journal of Operations Management** v. 28, n. 5, p. 415–429 , 2010.0272-6963.

KSHETRI, Nir. Blockchain’s roles in meeting key supply chain management objectives. **International Journal of Information Management** v. 39, p. 80–89 , 2018.02684012.

KWAK, Dong-Wook; YOUNG-JOON SEO; MASON, Robert. Investigating the relationship between supply chain innovation, risk management capabilities and competitive advantage in global supply chains. **International Journal of Operations & Production Management** v. 38, n. 1, p. 2–21 , 2018.

LAMBERT, Douglas M; GARCÍA-DASTUGUE, Sebastián J.; CROXTON, Keely L. AN EVALUATION OF PROCESS-ORIENTED SUPPLY CHAIN MANAGEMENT FRAMEWORKS. **Journal of Business Logistics** v. 26, n. 1, p. 25–51 , 2005.

LANDIS, J Richard; KOCH, Gary G. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. **Biometrics** v. 33, n. 1, p. 159–174 , 1977.0006341X.

LEE, C. K.H. A GA-based optimisation model for big data analytics supporting anticipatory shipping in Retail 4.0. **International Journal of Production Research** v. 55, n. 2, p. 593–605 , 2017.

LEE, Hau L.; PADMANABHAN, V.; WHANG, Seungjin. The Bullwhip Effect in Supply Chains The Bullwhip Effect in Supply. **MIT SLOAN MANAGEMENT REVIEW** v. 38, n. 3 , 1997.

LEE, Jay; BAGHERI, Behrad; KAO, Hung-an. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems ScienceDirect. **Manufacturing Letters** v. 3, n. December, p. 18–23 , 2015.

LEE, Youngsu; RIM, Suk-chul. Quantitative Model for Supply Chain Visibility : Process Capability Perspective. v. 2016 , 2016.

LEODOLTER, Werner. **Digital Transformation Shaping the Subconscious Minds of Organizations**. Switzerland: Springer International Publishing AG, 2017. 1–254 p. .978-3-319-53617-0.

LI, B.; LI, Y. INTERNET OF THINGS DRIVES SUPPLY CHAIN INNOVATION : A RESEARCH FRAMEWORK. **The International Journal of Organizational Innovation** v. 9, p. 71–93 , 2017.

LIRA, Ana Claudia de Queiroz; GOMES, Maria de Lourdes Barreto; CAVALCANTI, Vladyr Yuri

Soares de Lima. Modelo de alinhamento estratégico de produção – MAP: contribuição teórica para a área de estratégia de produção. **Production** v. 25, n. 2, p. 416–427 , 2015.

LIU, Sen *et al.* Understanding the effect of cloud computing on organizational agility: An empirical examination. **International Journal of Information Management** v. 43, n. July, p. 98–111 , 2018.

LOCKAMY, Archie; MCCORMACK, Kevin. Linking SCOR planning practices to supply chain performance: An exploratory study. **International Journal of Operations and Production Management** v. 24, n. 12, p. 1192–1218 , 2004.0144357011.

LOHN. Andrew J. **What ' s the Buzz ? The City-Scale Impacts of Drone Delivery.** Santa Monica: [s.n.], 2017.

LONDE, Bernard J La; MASTERS, James M. Emerging Logistics Strategies: Blueprints for the Next Century. **International Journal of Distribution & Logistics Management** v. Vol. 24, n. No. 7, p. 35–47 , 1994.

MADAKAM, Somayya; RAMASWAMY, R; TRIPATHI, Siddharth. Internet of Things ( IoT ): A Literature Review. n. May, p. 164–173 , 2015.

MAKSIMOVIĆ, Mirjana; VUJOVIĆ, Vladimir; OMANOVIĆ-MIKLIČANIN, Enisa. Application of internet of things in food packaging and transportation. **Int. J. Sustainable Agricultural Management and Informatics** v. 1, n. 4, p. 333–350 , 2015.

MANAVALAN, E.; JAYAKRISHNA, K. A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for industry 4.0 requirements. **Computers and Industrial Engineering** n. November 2017 , 2018.03608352 (ISSN).

MAQUEIRA, Juan Manuel; MOYANO-FUENTES, José; BRUQUE, Sebastián. Drivers and consequences of an innovative technology assimilation in the supply chain: cloud computing and supply chain integration. **International Journal of Production Research** v. 7543 , 2018.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 1–297 p. .

MARTIN, Bella; HANINGTON, Bruce. **Universal Methods of Design 100 Ways to Research Complex Problems, Develop Innovative Ideas, and Design Effective Solutions.** Beverly: Rockport, 2012. .

MAURER, Markus *et al.* **Autonomous driving: Technical, Legal and Social Aspects.** [S.l.]: Springer Nature, 2016. .9783662488454.

MCKONE-SWEET, Kathleen; LEE, Yoo Taek. Development and analysis of a supply chain strategy taxonomy. **Journal of Supply Chain Management** v. 45, n. 3, p. 3–24 , 2009.

MELL, Peter; GRANCE, Timothy. The NIST Definition of Cloud Computing. **NIST Special Publication** , 2011.

MENTZER, John T. *et al.* DEFINING SUPPLY CHAIN MANAGEMENT. **Journal of Business Logistics** v. 22, n. 2, p. 109–128 , 2001.07353766.

MERLINO, Massimo; SPROGE, Ilze. The Augmented Supply Chain. **Procedia Engineering** v. 178, p. 308–318 , 2017.

MIN, Soonhong; ZACHARIA, Zach G.; SMITH, Carlo D. Defining Supply Chain Management: In the Past, Present, and Future. **Journal of Business Logistics** v. 40, n. 1, p. 44–55 , 2019.

MIORANDI, Daniele *et al.* Internet of things: Vision, applications and research challenges. **Ad Hoc Networks** v. 10, n. 7, p. 1497–1516 , 2012.1570-8705.

MIOT, Hélio Amante. Análise de concordância em estudos clínicos e experimentais. **Jornal Vascular Brasileiro** v. 15, n. 2, p. 89–92 , 2016.

MORANDI, Maria Isabel Wolf Motta; CAMARGO, Luis Felipe Riher. Revisão Sistemática da Literatura. **Design Science Research: Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. p. 141–172. 978-85-8260-298-0.

MUSSOMELI, Adam; GISH, Doug; LAAPER, Stephen. The Rise of the Digital Supply Chain. **Deloitte** v. 45, n. 3, p. 20–21 , 2015.14450801.

NAGY, Judit *et al.* The Role and Impact of Industry 4 . 0 and the Internet of Things on the Business Strategy of the Value Chain — The Case of Hungary. **Sustainability** v. 10 , 2018.

NASLUND, Dag; WILLIAMSON, Steven. What is Management in Supply Chain Management? - A Critical Review of Definitions, Frameworks and Terminology. **Journal of Management Policy and Practice** comparacao dos modelossorgscfcprfmentzer, v. 11, n. 4 , 2010.

NGUYEN, Truong *et al.* Big data analytics in supply chain management: A state-of-the-art literature review. **Computers and Operations Research** v. 98, p. 254–264 , 2018.0305-0548.

NIKOLOPOULOS, K. *et al.* Integrating industrial maintenance strategy into ERP. **Industrial Management & Data Systems** v. 103, n. 3, p. 184–191 , 2003.1355251061065.

OECD. **Exploring Data-Driven Innovation as a New Source of Growth: Mapping the Policy Issues Raised by “Big Data”**. **OECD Digital Economy Papers** Paris: [s.n.], 2013.

OECD. **OECD Digital Economy Outlook 2015**. Paris: [s.n.], 2015.9789264232440.

ONU. **TECHNOLOGY AND INNOVATION REPORT**. [S.l: s.n.], 2018.9789211129250.

OSWALD, Gerhard; KLEINEMEIER, Michael. **Shaping the digital enterprise: Trends and use cases in digital innovation and transformation**. [S.l: s.n.], 2017. 1–335 p. .9783319409672.

OZTEMEL, Ercan; GURSEV, Samet. Literature review of Industry 4.0 and related technologies. **Journal of Intelligent Manufacturing** p. 127–182 , 2018.

PAN, A *et al.* Expert Systems with Applications Optimal reorder decision-making in the agent-based apparel supply chain. **Expert Systems with Applications** v. 36, n. 4, p. 8571–8581 , 2009.

PERKINS, Richard. Technological “lock-in”. **Online Encyclopaedia of Ecological Economics** n. February, p. 1–8 , 2003. Disponível em: <isecoeco.org/pdf/techlkin.pdf>.

PIRES, Silvio. **Gestão da cadeia de suprimentos (Supply chain management): conceitos, estratégias, práticas e casos**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2010. .

PONOMAROV, Serhiy Y; HOLCOMB, Mary C. Understanding the concept of supply chain resilience. **International Journal of Logistics Management** v. 20, n. 1, p. 124–143 , 2009.0957409091095.

POUR, Milad Ashour *et al.* Additive manufacturing impacts on a two-level supply chain. **International Journal of Systems Science: Operations & Logistics** , 2017.

QUEIROZ, Maciel M *et al.* Blockchain and supply chain management integration : a systematic review of the literature. **Supply Chain Management: An International Journal** , 2019.

RAAB. Martin; GRIFFIN-CRYAN. Belinda. **Digital Transformation of Supply Chains: Creating Value – When Digital Meets Physical**. **Capgemini Consulting** [S.l: s.n.], 2011.

RAI, Arun; PATNAYAKUNI, Ravi; SETH, Nainika. Firm Performance Impacts of Digitally Enabled Supply Chain Integration Capabilities. **MIS Quarterly** n. June , 2006.

RAMAN, Seetha *et al.* Impact of big data on supply chain management. **International Journal of Systems Science: Operations & Logistics** v. 21, n. 6, p. 579–596 , 2018.

RAUT, Rakesh *et al.* The incident effects of supply chain and cloud computing integration on the business performance- an integrated SEM-ANN approach. **Benchmarking: An International Journal** , 2013.0001253111116.

REDDY, Guduru Rama Krishna; SINGH, Harpreet; HARIHARAN, S. Supply chain wide transformation of traditional industry to industry 4.0. **ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences** v. 11, n. 18, p. 11089–11097 , 2016.

RIBEIRO, João Pires; BARBOSA-POVOA, Ana. Supply Chain Resilience : Definitions and quantitative modelling approaches – A literature review. **Computers & Industrial Engineering** v. 115, n. May, p. 109–122 , 2018.

RIDGWAY. Keith; CLEGG. Chris W; WILLIAMS. David J. **The Factory of the Future. UK Foresight Future of Manufacturing Project** [S.l: s.n.], 2013.987-0-9927172-09.

ROSEN, Roland *et al.* About The Importance of Autonomy and Digital Twins for the Future of Manufacturing. 2015, [S.l.]: Elsevier Ltd., 2015. p.567–572.

ROSSMANN, Bernhard *et al.* The future and social impact of Big Data Analytics in Supply Chain Management : Results from a Delphi study. **Technological Forecasting & Social Change** v. 130, p. 135–149 , 2018.

SANDERS, Nada R.; PREMUS, Robert. Modeling the Relationship Between Firm It Capability, Collaboration, and Performance. **Journal of Business Logistics** v. 26, n. 1, p. 1–23 , 2005.

SAUNDERS, Mark; LEWIS, Philip; THORNHILL, Adrian. **Research methods for business students**. 5. ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2009. 649 p. .9780273716860.

SCC. **Supply Chain Operations Reference Model**. 11. ed. [S.l.]: Supply Chain Council, 2012. .0615202594.

SCHEER, August-wilhelm. Whitepaper - Industry 4 . 0 : From vision to implementation. n. September , 2015.

SCHEER, August-Wilhelm. **Enterprise 4.0 - From disruptive business model to the automation of business processes**. 1. ed. Saarbrucken: AWSi Publish, 2019. .

SCHMIDT, Rainer *et al.* Industry 4.0 -Potentials for Creating Smart Products: Empirical Research Results. **International Conference on Business Information Systems** , 2015.9783319190266.

SCHMITZ. Christoph *et al.* **Industry 4.0: Capturing value at scale in discrete manufacturing**. **McKinsey & Company** [S.l: s.n.], 2019.

SCHNEIDER, Paul. Managerial challenges of Industry 4.0: an empirically backed research agenda for a nascent field. **Review of Managerial Science** v. 12, n. 3, p. 803–848 , 2018.1184601802832.

SCHRAUF, Stefan; BERTTRAM, Philipp. How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused. **Strategy&** p. 31 , 2016.

SCHROEDER, Roger G.; GOLDSTEIN, Susan Meyer. **Operations management in the supply chain : decisions and cases**. 7. ed. New York: Mc Graw Hill, 2016. .9780077835439.

SCHULMAN. Donniel *et al.* **Is your supply chain in sleep mode?** [S.l.]: Accenture, 2018.

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

SCOTT, Alex; HARRISON, Terry P. Additive Manufacturing in an End-to-End Supply Chain Setting. **3D Printing and Additive Manufacturing** v. 2, n. 2, p. 65–77 , 2016.

SEBRAE. **Anuário do trabalho na micro e pequena empresa: 2012**. Brasília: [s.n.], 2012.

SHEE, Himanshu *et al.* The impact of cloud-enabled process integration on supply chain performance and firm sustainability: the moderating role of top management. **Supply Chain Management: An International Journal** v. 23, n. 6, p. 500–517 , 2018.

SHEN, Weiming *et al.* Applications of agent-based systems in intelligent manufacturing: An updated review. **Advanced Engineering Informatics** v. 20, n. 4, p. 415–431 , 2006.

SINGH, Ankit *et al.* Application of Big Data in Supply Chain Management. **Materials Today: Proceedings** v. 4, n. 2, p. 1106–1115 , 2017.

SINGH, L. P.; CHALLA, Ravi Teja. Integrated Forecasting Using the Discrete Wavelet Theory and Artificial Intelligence Techniques to Reduce the Bullwhip Effect in a Supply Chain. **Global Journal of Flexible Systems Management** v. 17, n. 2, p. 157–169 , 2016.

SIVRI, Sami; OZTAYSI, Basar. Data Analytics in Manufacturing. **Managing The Digital Transformation**. Switzerland: Springer, 2018. p. 285.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; ROBERT JOHNSTON. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008. .

SNIDERMAN, Brenna; MAHTO, Monika; COTTELEER, Mark J. Industry 4.0 and manufacturing ecosystems: Exploring the world of connected enterprises. **Deloitte University Press** p. 1–23 , 2016.

SORKUN, Metehan Feridun. Digitalization in Logistics Operations and Industry 4.0: Understanding the Linkages with Buzzword. **Digital Business Strategies in Blockchain Ecosystems: Transformational Design and Future of Global Business**. Switzerland: Springer International Publishing AG, 2020.

SOROOR, Javad *et al.* An advanced adoption model and an algorithm of evaluation agents in automated supplier ranking. **Computers and Mathematics with Applications** v. 62, n. 10, p. 3649–3662 , 2011.

STICKDORN, Marc; SCHENEIDER, Jakob. **Isto é Design Thinking de Serviços**. Porto Alegre: Bookman, 2014. 380 p. .

STOCK, T.; SELIGER, G. Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. **Procedia CIRP** v. 40, n. lcc, p. 536–541 , 2016.

STRAKA, M. *et al.* Design of Large-Scale Logistics Systems Using Computer Simulation Hierarchic Structure. **International Journal of Simulation Modelling** v. 17, n. 1, p. 105–118 , 2018.

SYDOW, Jörg; SCHREYÖGG, Georg; KOCH, Jochen. Organizational Path Dependence: Opening the Black Box. **The Academy of Management Review** v. 34, n. 4, p. 689–709 , 2009.

SZOZDA, Natalia. INDUSTRY 4.0 AND ITS IMPACT ON THE FUNCTIONING OF SUPPLY CHAINS. **Scientific Journal of Logistics** v. 13, n. 4, p. 401–414 , 2017.

TAN, Albert Wee Kwan; ZHAO, YiFei; HALLIDAY, Thomas. A Blockchain Model for Less Container Load Operations in China. **International Journal of Information Systems and Supply Chain Management** v. 11, n. 2, p. 39–53 , 2018.2018040103.

TANG, Christopher S. Robust strategies for mitigating supply chain disruptions. **International Journal of Logistics Research and Applications** v. 9, n. 1, p. 33–45 , 2006.1367556050040.

TEECE, David J.; PISANO, Gary; SHUEN, Amy. Dynamic capabilities and strategic

management. **Strategic Management Journal** v. 18, p. 509–533 , 1997.9780080509778.

THE CENTER FOR GLOBAL ENTERPRISE. **Digital Supply Chains: A Frontside Flip Building** cadeia de supriemnto digital: plataforma caso de mídias digitais. [S.l.: s.n.], 2017. Disponível em: <<https://www.transvoyant.com/>>.

THOMAS, Douglas. Costs, benefits, and adoption of additive manufacturing: a supply chain perspective. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology** v. 85, n. 5–8, p. 1857–1876 , 2016.0017001579.

TIAN, Feng. An Agri-food Supply Chain Traceability System for China Based on RFID & Blockchain Technology. **2017 International Conference on Service Systems and Service Management** p. 1–6 , 2017.9781509028429.

TRIPATHI, Shubham; GUPTA, Manish. Transforming towards a smarter supply chain. **Int. J. Logistics Systems and Management** p. 1–24 , 2019.

USTUNDAG, Alp; CEVIKCAN, Emre. **Managing The Digital Transformation**. Switzerland: Springer, 2018. .9783319578699.

VACHON, Stephan; HALLEY, Alain; BEAULIEU, Martin. Aligning competitive priorities in the supply chain: The role of interactions with suppliers. **International Journal of Operations and Production Management** v. 29, n. 4, p. 322–340 , 2009.0144-3577.

VASS, Tharaka De; SHEE, Himanshu; MIAH, Shah. The effect of “ Internet of Things ” on supply chain integration and performance : An organisational capability perspective. **Australasian Journal of Information Systems** v. 22, p. 1–29 , 2018.

VERDOUW, C. N. *et al.* A reference architecture for IoT-based logistic information systems in agri-food supply chains. **Enterprise Information Systems** v. 12, n. 7, p. 755–779 , 2018.17517575 (ISSN).

VIET, Nguyen Quoc; BEHDANI, Behzad; BLOEMHOF, Jacqueline. The value of information in supply chain decisions : A review of the literature and research agenda. **Computers & Industrial Engineering** v. 120, p. 68–82 , 2018.

VOSS, Chris; TSIKRIKTSIS, Nikos; FROHLICH, Mark. Case research in operations management. **Journal of Operations Management** v. 22, n. 2, p. 195–219 , 2002.

WALLER, Matthew a; FAWCETT, Stanley E. How Invention and Entrepreneurship will disrupt Supply Chain Design. **Journal of Business Logistics** v. 35, n. 2, p. 99–102 , 2014.0735-3766.

WANG, Gang *et al.* Big Data Analytics in Logistics and Supply Chain Management: Certain Investigations for Research and Applications. **International Journal of Production Economics** p. 98–110 , 2016.

WANG, Lizhe *et al.* Cloud Computing: a Perspective Study. **New Generation Computing** v. 28, n. 2 , 2010.

WANG, Shiyong *et al.* Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. **International Journal of Distributed Sensor Networks** v. 2016 , 2016.1550-1329.

WANG, Yingli *et al.* Making sense of blockchain technology : (How) will it transform supply chains? **International Journal of Production Economics** , 2019.

WANG, Yingli *et al.* Understanding blockchain technology for future supply chains : a systematic literature review and research agenda. **Supply Chain Management: An International Journal** , 2018.

WATERS, C. D. J. **Supply chain risk management : vulnerability and resilience in logistics**. [S.l.]: Kogan Page Limited, 2007. 249 p. .9780749448547.

WERNERFELT, Birger; ZANDER, Ivo; BAGOZZI, Richard P. A resource-based view of the firm. **Strategic Management Journal** v. 5, n. 2, p. 171–180 , 1984.

WHITE, Martin. Digital workplaces: Vision and reality. **Business Information Review** v. 29, n. 4, p. 205–214 , 2012.

WILSON, H J; DAUGHERTY, P R. Collaborative Intelligence: Humans and AI Are Joining Forces. **Harvard Business Review** v. 96, n. 4, p. 114–123 , 2018.

WIPO. **WIPO Technology Trends 2019: Artificial Intelligence**. Geneva: [s.n.], 2019.9789280530070.

WISNER, Joel D.; TAN, Keah-Choon; LEONG, G. Keong. **Principles of Supply Chain Management: A Balanced Approach**. 3. ed. South-Western: Cengage Learning, 2015. 572 p. 43 v. Disponível em: <<http://www.amazon.de/dp/0324659911>>. 0324659911.

WU, Fang *et al.* The impact of information technology on supply chain capabilities and firm performance: A resource-based view. **Industrial Marketing Management** v. 35, n. 4, p. 493–504 , 2006.0019-8501.

XU, Li Da; HE, Wu; LI, Shancang. Internet of things in industries: A survey. **IEEE Transactions on Industrial Informatics** v. 10, n. 4, p. 2233–2243 , 2014.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: Planejamento e Métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2005. .

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2015. .

YU, Wantao *et al.* Data-driven supply chain capabilities and performance: A resource-based view. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review** v. 114, p. 371–385 , 2018.

YUAN, Huiqun *et al.* Analysis of coordination mechanism of supply chain management information system from the perspective of block chain. **Information Systems and e-Business Management** , 2019.0123456789.

ZHANG, Qi; CHENG, Lu; BOUTABA, Raouf. Cloud computing: state-of-the-art and research challenges. **J Internet Serv Appl** v. 1, p. 7–18 , 2010.

ZHONG, Ray Y. *et al.* Big Data for supply chain management in the service and manufacturing sectors: Challenges, opportunities, and future perspectives. **Computers and Industrial Engineering** v. 101, p. 572–591 , 2016.9781450310864.

ZHOU, H. *et al.* Supply Chain Integration and the SCOR Model.: Business Source. **Journal of Business Logistics** v. 32, n. 4, p. 332–344 , 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2014.999958>%0Ahttp://0-web.b.ebscohost.com/pugwash.lib.warwick.ac.uk/bsi/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=df9dbdc1-5bd0-4c18-971a-540c69f3b1d2%40sessionmgr198&hid=122>.

ZHOU, Li; CHONG, Alain Y.L.; NGAI, Eric W.T. Supply chain management in the era of the internet of things. **International Journal of Production Economics** v. 159, p. 1–3 , 2015.

ZOU, Zhuo *et al.* Radio frequency identification enabled wireless sensing for intelligent food logistics. **Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences** v. 372 , 2014.

ZÜLCH, Gert; JONSSON, Uwe; FISCHER, Jörg. Hierarchical simulation of complex production systems by coupling of models. **International Journal of Production Economics** v. 77, n. 1, p. 39–51 , 2002.



## APÊNDICE A – PROTOCOLO DE REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Característica	Definição	Justificativas
Objetivo	O objetivo principal desta pesquisa será avaliar se a digitalização da cadeia de suprimentos influencia as capacidades da cadeia de suprimentos impactando o desempenho operacional.	O presente trabalho avalia como as tecnologias ligadas a transformação digital e a Indústria 4.0 influenciam as capabilities da cadeia de suprimento e com isso geram impacto na performance operacional.
Contexto	Cadeia de Suprimento	O contexto de aplicação será a cadeia de suprimento na indústria manufatureira.
Horizonte de tempo	Sem limitações	Por se tratar de um tema novo, o horizonte de tempo não será delimitado.
Correntes teóricas	Indústria 4.0; Tecnologias digitais; Modelo Scor; Transformação digital e/ou Digitalização	Esta pesquisa visa entender como as tecnologias digitais presentes na Indústria 4.0 influenciam as capabilities da supply chain impactando a performance operacional.
Idioma	O processo de busca será limitado a documentos oriundos da língua inglesa	Os termos de busca serão em inglês pois entende-se que os textos de maior relevância são publicados em revistas internacionais.
Questão de revisão	Como as tecnologias digitais presentes na I4.0 influenciam as capabilities da cadeia de suprimento impactando a performance operacional	
Estratégia de revisão	Agregativa	A estratégia de revisão será agregativa pois tem-se as definições dos principais conceitos que se quer observar definidos.
Critérios de busca	Critérios de inclusão	1.Pesquisas que contenham análises de tecnologias digitais ou da I4.0 2.Pesquisas que contenham análises do modelo SCOR 3.Pesquisas que contenham análises de capabilities da cadeia de suprimento
	Critérios de exclusão	1.Duplicidade de informação 2.Acessibilidade do documento 3.Pesquisas não relacionadas a cadeia de suprimento na indústria manufatureira 4.Pesquisas que não relacionassem capabilities e/ou performance operacional
Termos de busca	(digital Transformation OR digitalization OR industry 4.0) AND supply chain	A escolha dos termos de busca foi realizada de acordo com o objetivo da pesquisa. Os termos de busca definidos devem estar presentes no título ou resumo ou palavras-chave.
	Big Data" AND supply chain; "internet of things" OR IoT AND supply chain; "cloud computing" AND supply chain; "artificial intelligence" AND supply chain; "cyber physical system" AND supply chain; "additive manufacturing" OR 3d printing AND supply chain; "autonomous machine" OR "autonomous systems" AND supply chain; blockchain AND "supply chain"; "computer simulation" AND "supply chain"; drones OR "driverless vehicles" AND "supply chain"; "human machine" OR "human-machine" AND supply chain	
	(capabilities OR capability) AND supply chain	
Fontes de busca	EBSCO; Science Direct; Scopus / Elsevier	As fontes de busca foram definidas de acordo com a abrangência do tema de pesquisa. As principais bases em "operations management" foram pesquisadas

## APÊNDICE B – LISTA DOS ARTIGOS SELECIONADOS

Núm.	Autores	Título	Ano	Tecnologia	Processo CS	Método
1	(GUO <i>et al.</i> , 2015)	An RFID-based intelligent decision support system architecture for production monitoring and scheduling in a distributed manufacturing environment.	2015	RFID/ cloud computing/ inteligência artificial	Planejamento/ Transformação	Estudo de caso
2	(CHERGUI; HADJ-HAMOU; VIGNAT, 2018)	Production scheduling and nesting in additive manufacturing.	2018	Manufatura aditiva	Planejamento	Modelagem
3	(SOROOR <i>et al.</i> , 2011),	An advanced adoption model and an algorithm of evaluation agents in automated supplier ranking	2011	Inteligência artificial	Aquisição	Estudo de caso
4	(BEARZOTTI; SALOMONE; CHIOTTI, 2012)	An autonomous multi-agent approach to supply chain event management	2012	Sistema autônomo	Planejamento/ Suporte	Estudo de caso
5	(GIAGNOCAVO <i>et al.</i> , 2017)	Agricultural cooperatives and the role of organizational models in new intelligent traceability systems and big data analysis.	2017	IOT/ <i>Big Data Analytics</i>	Entrega	Estudo de caso
6	(ALFIAN; SYAFRUDIN; RHEE, 2017)	Real-time monitoring system using smartphone-based sensors and NoSQL database for perishable supply chain.	2017	<i>Big Data Analytics</i> /IoT	Entrega	Estudo de caso
7	(VIET; BEHDANI; BLOEMHOF, 2018)	The value of information in supply chain decisions: A review of the literature and research agenda.	2018	<i>Big Data</i>	Planejamento	Revisão da literatura
8	(BOGATAJ; BOGATAJ; HUDOKLIN, 2017)	Reprint of “Mitigating risks of perishable products in the cyber-physical systems based on the extended MRP model”.	2017	CPS/IoT	Entrega	Modelagem
9	(LI; LI, 2017)	Internet of things drives supply chain innovation: a research framework.	2017	IoT	Planejamento/ Suporte	Framework
10	(ZOU <i>et al.</i> , 2014)	Radio frequency identification enabled wireless sensing for intelligent food logistics.	2014	IoT	Entrega	Revisão da literatura

Núm.	Autores	Título	Ano	Tecnologia	Processo CS	Método
11	(SINGH, L. P.; CHALLA, 2016)	Integrated Forecasting Using the Discrete Wavelet Theory and Artificial Intelligence Techniques to Reduce the Bullwhip Effect in a Supply Chain	2016	Inteligência artificial	Planejamento	Revisão da literatura/ estudo de caso
12	(CARBONNEAU; VAHIDOV; LAFRAMBOISE, 2007)	Machine learning-based demand forecasting in supply chains	2007	Inteligência artificial	Planejamento	Estudo de caso/ Survey
13	(HUANG <i>et al.</i> , 2013)	Additive manufacturing and its societal impact: A literature review	2013	Manufatura aditiva	Planejamento/ Entrega	Revisão da literatura
14	(BOGERS; HADAR; BILBERG, 2016)	Additive manufacturing for consumer-centric business models: Implications for supply chains in consumer goods manufacturing	2015	Manufatura aditiva	Transformação	Revisão da literatura
15	(POUR <i>et al.</i> , 2017)	Additive manufacturing impacts on a two-level supply chain	2017	Manufatura aditiva	Planejamento	Modelagem/ Estudo de caso
16	(THOMAS, 2016)	Costs, benefits, and adoption of additive manufacturing: a supply chain perspective	2015	Manufatura aditiva	Entrega	Revisão da literatura
17	(HALASSI; SEMEIJN; KIRATLI, 2018)	From consumer to prosumer: a supply chain revolution in 3D printing	2018	Manufatura aditiva	Entrega	Framework/ Survey
18	(DURACH; KURPJUWEIT; WAGNER, 2017)	The impact of additive manufacturing on supply chains	2017	Manufatura aditiva	Planejamento/ Suporte	Survey
19	(IVANOV, DMITRY; DOLGUI; SOKOLOV, 2018)	The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics	2018	<i>Big Data Analytics/</i> <i>CPS/</i> Manufatura aditiva/	Planejamento	Revisão da literatura
20	(ATTARAN, 2017)	The rise of 3-D printing: The advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing	2017	Manufatura aditiva	Transformação	Revisão da literatura
21	(LEE, C. K.H., 2017).	A GA-based optimization model for big data analytics supporting anticipatory shipping in Retail 4.0	2017	<i>Big Data /Cloud</i>	Entrega	Simulação

Núm.	Autores	Título	Ano	Tecnologia	Processo CS	Método
				computing/ inteligência artificial		
22	(NGUYEN <i>et al.</i> , 2018)	Big data analytics in supply chain management: A state-of-the-art literature review	2018	<i>Big Data Analytics</i>	Planejamento/ Suporte	Revisão da literatura
23	(HOFMANN, 2017)	Big data and supply chain decisions: the impact of volume, variety and velocity properties on the bullwhip effect	2017	<i>Big Data Analytics</i>	Planejamento	Simulação
24	(RAMAN <i>et al.</i> , 2018)	Impact of big data on supply chain management	2018	<i>Big Data</i>	Planejamento/ Suporte	Survey
25	(BRINCH <i>et al.</i> , 2018)	Practitioners understanding of big data and its applications in supply chain management	2018	<i>Big Data</i>	Planejamento/ Suporte	Delphi/survey
26	(ROSSMANN <i>et al.</i> , 2018)	The future and social impact of Big Data Analytics in Supply Chain Management: Results from a Delphi study	2017	<i>Big Data</i>	Planejamento/ Aquisição	Delph/survey
27	(CHAN; LIU; SZETO, 2017)	Developing information sharing model using cloud computing and smart devices for SMEs supply chain: A case in fashion retail	2017	<i>Cloud computing</i>	Planejamento	Modelagem
28	(VERDOUW <i>et al.</i> , 2018).	A reference architecture for IoT-based logistic information systems in agri-food supply chains	2018	IoT/ <i>Cloud computing</i>	Entrega	Design Science Research
29	(CASINO; DASAKLIS; PATSAKIS, 2019).	A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues	2019	Blockchain	Planejamento/ Suporte	RSL
30	(YUAN <i>et al.</i> , 2019)	Analysis of coordination mechanism of supply chain management information system from the perspective of block chain	2019	Blockchain	Planejamento	Simulação
31	(MAKSIMOVIĆ; VUJOVIĆ; OMANOVIĆ-MIKLIČANIN, 2015)	Application of internet of things in food packaging and transportation	2015	IoT	Entrega	Revisão da literatura
32	(HADDUD <i>et al.</i> , 2017)	Examining potential benefits and challenges associated with the Internet of Things integration in supply chains	2017	IoT	Planejamento/ Suporte	Survey

Núm.	Autores	Título	Ano	Tecnologia	Processo CS	Método
33	(VASS; SHEE; MIAH, 2018)	The effect of "Internet of Things" on supply chain integration and performance: An organizational capability perspective	2018	IoT	Planejamento	Survey
34	(SINGH, ANKIT <i>et al.</i> , 2017)	Application of Big Data in Supply Chain Management,	2017	<i>Big Data</i>	Planejamento/ Suporte	Delphi/ Estudo de caso
35	(MANAVALAN; JAYAKRISHNA, 2018)	A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for industry 4.0 requirements,	2018	IoT	Planejamento/ Suporte	Revisão da literatura
36	(WANG, YINGLI <i>et al.</i> , 2018)	Understanding blockchain technology for future supply chains: a systematic literature review and research agenda	2019	<i>Blockchain</i>	Planejamento/ Suporte	Revisão da literatura/ estudo de caso
37	(QUEIROZ <i>et al.</i> , 2019).	Blockchain and supply chain management integration: a systematic review of the literature	2019	<i>Blockchain</i>	Planejamento/ Suporte	RSL
38	(WANG, YINGLI <i>et al.</i> , 2019)	Making sense of blockchain technology: How will it transform supply chains?	2019	<i>Blockchain</i>	Planejamento/ Suporte	Entrevista

## APÊNDICE C – PROTOCOLO DE ESTUDO DE CASO

### Protocolo do estudo de caso

Este protocolo de estudo de caso busca suportar a pesquisa qualitativa do Global Manufacturing Research Group (GMRG) para investigação empírica da manufatura. A pesquisa em Supply Chain (CS) é parte da pesquisa GMRG-VI, composta por um módulo central (*Core Module*) e módulos para inovação, sustentabilidade (*Innovation Module* e *Sustaiability Module*).

#### a. Visão Geral e finalidade do protocolo do Estudo de Caso – Módulo de *Supply Chain*

O módulo de CS da GMRG-IV tem como objetivo avaliar empiricamente a influência da transformação digital nos processos e nas *capabilities* da *Supply Chain Management* (SCM) e seus impactos no desempenho da cadeia de suprimentos. O SCM consiste no planejamento e gerenciamento das atividades envolvidas desde a aquisição de matéria prima, passando pela transformação em produtos e/ou serviços até as atividades logística que entregarão os bens e/ou serviços ao cliente. Inclui a coordenação e a colaboração com parceiros, podendo ser fornecedores, prestadores de serviços e clientes. (CSCMP, 2019). Para que o SCM se torne um diferencial para a organização, precisa desenvolver e gerenciar os fluxos de informações, produtos e serviços e os relacionamentos que ligam as atividades internamente a organização e externamente com fornecedores e clientes. (BOZARTH *et al.*, 2009; MENTZER *et al.*, 2001). As atividades do SCM tornam-se complexas à medida que se reduz os ciclos de vida dos produtos, aumenta a variedade de produtos requeridos, aumenta a customização e os parceiros da cadeia de suprimentos se tornam geograficamente dispersos, levando a um impacto negativo no desempenho da organização. (BOZARTH *et al.*, 2009).

A digitalização da CS contribuirá com o gerenciamento da complexidade da CS, acelerará a capacidade de resposta ao mercado, com melhor desempenho do fluxo de produtos e informações, e será um fator chave para que a CS obtenha vantagem competitiva. (SCHULMAN *et al.*, 2018). Organizações que buscam uma maior transparência e flexibilidade, além de redução dos estoques e prazos de entrega

optarão pela adoção de alguma tecnologia. A integração interna e externa com fornecedores, clientes e parceiros por meio de tecnologias digitais terá importância significativa na CS. (SCHMIDT *et al.*, 2015). A CS engloba todas as organizações e atividades envolvidas no fluxo de material e informação, da entrega da matéria-prima, passando pela transformação desta matéria-prima em produto final até entrega ao usuário final. (BALLOU, 2007).

O SCOR (*Supply Chain Operations Reference*) é um modelo de referência construído para avaliar a SCM. (PIRES, 2010). O modelo fornece uma estrutura que possibilita caracterizar as práticas e os processos de SCM que resultam no melhor desempenho da categoria. (LOCKAMY; MCCORMACK, 2004). Adotando uma perspectiva de processo operacional, o modelo SCOR avalia a função de SCM incluindo os fluxos de material, informação e monetários com clientes, fornecedores, prestadores de serviço. (BOLSTORFF; ROSENBAUM, 2012; ZHOU, H. *et al.*, 2011).

Os processos no SCOR foram identificados como necessários de serem executados para suportar o objetivo principal de atender aos pedidos dos clientes. (SCC, 2012). O SCOR é composto por 6 processos principais:

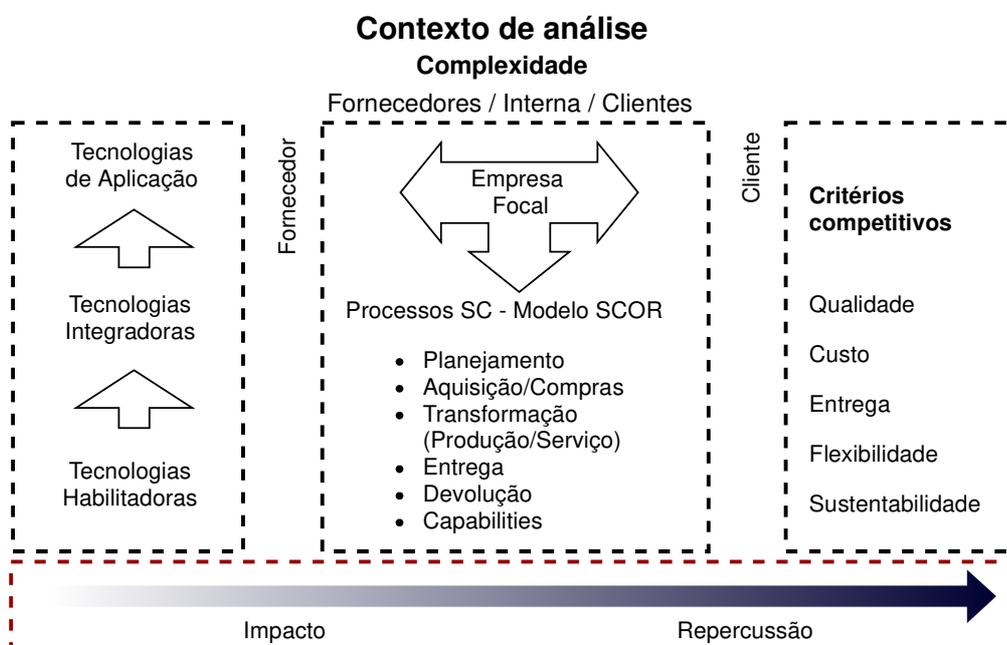
- i) Planejamento: Equilibra demanda e oferta para desenvolver um curso de ação que melhor atenda aos requisitos de fornecimento, produção e entrega.
- ii) Aquisição: Inclui atividades relacionadas à aquisição de bens e serviços para atender à demanda planejada e real.
- iii) Produção/Transformação: Atividades relacionadas à transformação de produtos ou serviços em um estado acabado ou disponível, para atender à demanda planejada ou real. São todas as atividades associadas à conversão de materiais em produtos ou criação de serviços.
- iv) Entrega: Fornece produtos acabados e serviços para atender à demanda planejada ou real.
- v) Devolução: Descrevem as atividades associadas ao fluxo reverso de mercadorias.
- vi) Suporte: Descreve as atividades associadas ao SCM, incluindo o gerenciamento de regras de negócios, do desempenho, de dados, de recursos, de instalações, de contratos, de rede de cadeia de suprimentos, de conformidade regulatória e de riscos.

A CS possui recursos que, controlados pelas organizações, serão transformados em produtos ou serviços. As *capabilities*, referem-se à habilidade da organização de combinar os recursos usando processos organizacionais, para efetuar um fim desejado (AMIT; SCHOEMAKER, 1993). As *capabilities* são desenvolvidas ao longo do tempo por meio de interações complexas de ativos tangíveis ou intangíveis, assim, são específicas de cada empresa. Podem ser geradas pelas empresas para melhorar a produtividade de seus recursos, garantir a flexibilidade estratégica e proteção para os produtos ou serviços finais. (AMIT; SCHOEMAKER, 1993). As *capabilities* da SCM aumentam a vantagem competitiva das organizações integrando os processos chaves interna e externamente, e com isso melhoram o desempenho dos negócios. A integração interna requer planejamento multifuncional, coordenação e compartilhamento de bancos de dados integrados. A integração externa requer a coordenação de dados operacionais, logísticos e de planejamento para aprimorar o planejamento da produção, o gerenciamento de estoque e a distribuição. (HUO et al., 2016). A *capability* de coordenação é um indicador da capacidade de integração da organização aos processos de negócios, e a *capability* de planejamento é um indicador da capacidade da organização de integrar seu processo de planejamento interno com informações de outros membros da CS. (MCKONE-SWEET; LEE, 2009). A *capability* de resiliência significa que a CS pode retornar rapidamente a um estado anterior ou mudar para uma alternativa mais desejável assim que disrupções tenham cessado. (WATERS, 2007). A *capability* de robustez se concentra em resistir e sustentar. (BJØRN EGIL ASBJØRNSLETT, 2009).

As tecnologias digitais permitem a integração de dados e informações de fontes e locais diferentes para impulsionar a produção e distribuição de bens e serviços (MUSSOMELI; GISH; LAAPER, 2015), sendo categorizadas em três classes, nomeadamente **habilitadoras de tecnologia digital, integradores de sistemas digitais e tecnologias de aplicação**. (GURRÍA, 2017). As tecnologias habilitadoras são de base, como *Big Data*, *Internet of Things* e *Cloud Computing* que utilizadas integradas com simulação, inteligência artificial e sistemas integrados permitem o emprego das tecnologias de aplicação, que incluem manufatura aditiva (ou impressão 3D), máquinas e sistemas autônomos, integração homem-máquina, robótica avançada. (GURRÍA, 2017). Visando identificar se a implementação de tecnologias digitais na CS impacta nos processos e nas *capabilities*, alterando a complexidade da

CS e o desempenho operacional da CS a Figura 1 apresenta o *framework* de pesquisa.

Figura 1 - Framework de pesquisa



Fonte: Adaptado de GMRG (2019).

Assim objetiva-se responder a seguinte questão de pesquisa:

**Como ocorre a transformação digital nos processos e nas *capabilities* da CS e quais são seus efeitos?**

Este protocolo fornece as informações sobre como realizar os estudos de caso necessários para esta pesquisa, visando padronizar os procedimentos de coleta e análise de dados que aumentem a confiabilidade da pesquisa. Em vista disso, serão descritos os procedimentos para coleta, os roteiros de entrevista e observação a serem utilizados e a análise de dados.

b. Procedimentos de coleta de dados

O procedimento de coleta inicia com a identificação das empresas para aplicação dos estudos de caso e realização de contato prévio verificando a aceitação da empresa em participar do estudo. Neste momento a empresa deve ser informada da necessidade de dispor de pessoal de determinadas áreas para serem entrevistados, assim como permitir a análise dos artefatos físicos, registros em arquivos e indicadores.

Nos estudos de caso, quando a pesquisa prevê a utilização de múltiplos casos a seleção dos casos pode seguir a lógica de replicação. A replicação literal prevê resultados semelhantes nos casos analisados (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002), a replicação teórica produz resultados contrários, mas por razões previsíveis do estudo. (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002). Buscando uma replicação literal, a seleção dos casos múltiplos irá considerar empresas que:

- i) Estejam disponíveis em bases nacionais de indústria ou manufatura;
- ii) Sejam consideradas de médio ou grande porte a partir da classificação de cada país, e integrem uma CS;
- iii) Sejam propícias para a análise do fenômeno da digitalização e seus impactos na SCM.

Tendo como contexto de pesquisa a CS, o estudo de caso múltiplo será realizado na empresa focal, e quando possível, em um fornecedor e um cliente direto (*Tier 1*). Para definição dos processos da CS, o Modelo SCOR (*Supply Chain Operations Reference*) versão 12, reconhece seis processos principais, sendo: planejamento, aquisição, transformação, entrega, devolução (para fornecedor ou de cliente) e suporte, entretanto nesta pesquisa, para manutenção da comparabilidade do estudo com outras Instituições de Ensino Superior (IES), e mantendo o alinhamento com a pesquisa do GMRG, serão avaliados os cinco primeiros processos do Modelo SCOR, abrangendo: planejamento, aquisição, transformação, entrega e devolução. Caso o processo de suporte seja observado em entrevistas, registros em arquivos ou *shadowing*, será estudado e fará parte da análise dos resultados.

Antes de iniciar as entrevistas, será solicitado aos entrevistados a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), onde autorizam a gravação em áudio da entrevista, o acesso a registros em arquivos, e o *shadowing*. Será solicitado autorização para divulgação do nome da empresa e do entrevistado. Caso não seja autorizado a divulgação, a confidencialidade será mantida, substituindo o nome da empresa e entrevistados por letras e números, respectivamente.

Como a pesquisa abrange cinco processos da CS, será necessário entrevistar profissionais de áreas distintas. Assim, fontes de informações desde o planejamento da CS, passando pela aquisição de insumos, transformação, entrega, até uma possível devolução, serão analisadas. Além dos envolvidos no gerenciamento da cadeia de suprimento (geralmente, gerente ou analista de CS) que possuem uma visão geral do processo da SCM, será necessário entrevistar os responsáveis pela

aquisição de insumos (produtos/serviços) sendo o contato com o fornecedor avaliado por meio desta entrevista, produção (transformação), entrega (o contato com o cliente será analisado por este entrevistado) e devolução (tanto para fornecedor quanto de cliente).

O procedimento para coleta das evidências deverá ser repetido o mais integralmente possível em cada caso estudado. Os cargos dos entrevistados poderão variar de uma empresa para outra, mas é necessário que as funções desempenhadas sejam semelhantes. O Quadro 1 apresenta o perfil dos entrevistados em cada processo da CS. O pesquisador deverá buscar perfis variados de entrevistados, dando preferência aos profissionais com maior experiência na função e tempo na empresa.

Quadro 1 - Perfil dos entrevistados

Entrevistado	Perfil	
	Formação	Critérios específicos em função do cargo
Gerente Supply Chain	Superior em logística ou CS ou área correlata.	Ter conhecimento ou participado da implementação tecnologia na CS ou logística
Analista Supply Chain	No mínimo curso técnico	
Gerente Logística	Superior em logística ou CS ou área correlata.	Ter participado ou adquirido da implementação tecnologia em compras
Analista de Logística	No mínimo curso técnico	
Gerente Compras	Superior administração ou área correlata.	Ter participado ou participar da implementação tecnologia na transformação
Analista Compras	No mínimo curso técnico.	
Gerente Produção	Superior em engenharia ou área correlata	Ter participado ou observado da implementação tecnologia no marketing
Analista Produção	No mínimo curso técnico.	
Gerente de Marketing	Superior administração ou área correlata.	Ter participado ou participar da implementação tecnologia no planejamento de vendas e operações
Analista de Marketing	No mínimo curso técnico.	
Gerente de planejamento de vendas e operações	Superior administração ou área correlata.	Ter participado ou observado da implementação tecnologia na entrega
Analista de planejamento de vendas e operações	No mínimo curso técnico.	
Gerente Vendas	Superior administração ou área correlata.	
Analista Vendas	No mínimo curso técnico.	

Fonte: elaborado pela autora

A utilização de diferentes fontes de evidências sobre os fenômenos estudados é um requisito do estudo de caso. As fontes podem ser documentação, registros em arquivo, entrevistas, observação direta, artefatos físicos (YIN, 2015) e *shadowing*.

(MARTIN; HANINGTON, 2012; STICKDORN; SCHENEIDER, 2014). Para este estudo de caso serão utilizadas entrevistas semiestruturadas com perguntas fechadas e abertas, artefatos físicos, documentos e registros em arquivos e *shadowing*. O Quadro 2 apresenta as fontes de evidências e quais serão os dados avaliados ou observações realizadas em cada processo do modelo SCOR.

Quadro 2 - Fonte de dados do estudo de caso

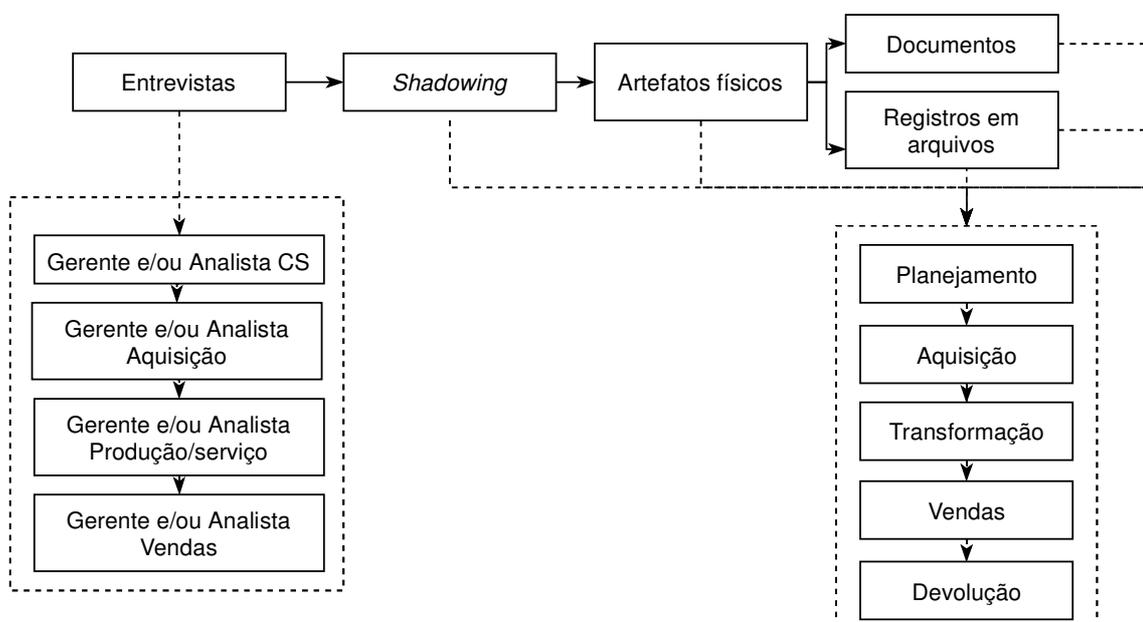
Fonte	Planejamento	Aquisição	Transformação	Entrega	Devolução
Entrevista	Gerente de CS e/ou Analista de: - CS - Logística	Gerente de CS e/ou analista de: - CS - Compras	Gerente e/ou Analista de: - CS - Produção - Planejamento de vendas e operações	Gerente e/ou Analista de: - CS - Vendas - Marketing	Gerente e/ou Analista de: - CS - Logística - Compras/vendas
Shadowing	Processo de planejamento	Processo de Aquisição	Processo de transformação	Processo de entrega	Processo de devolução
Registros em arquivos/ Documentos	- Planos de estratégico; - Planos de clientes e fornecedores; - Estudos da variabilidade da demanda; - Estudo das prioridades dos clientes.	- Planos de aquisição; - Planos de fornecimento; - Contratos de fornecimento; - Indicador da redução de fornecedor; - Lista de fornecedores estratégicos.	- Plano de produção; - Tamanho dos lotes; - Indicadores de qualidade; - Indicadores de manutenção.	- Indicadores de desempenho de entrega; - Indicadores da acuracidade do inventário; - Indicadores da qualidade de entrega.	- Indicador de devolução, tanto para fornecedor quanto de cliente; - Rastreabilidade das devoluções.
Artefatos físicos	Tecnologias digitais que auxiliam o processo de planejamento estratégico, análise de variabilidade de demanda e prioridade de clientes.	Tecnologias digitais que auxiliam o processo de planejamento de aquisição, planos de fornecimento, contratos de longo prazo, redução de fornecedores e aumento dos fornecedores estratégicos.	Tecnologias digitais que auxiliam o processo de planejamento de produção, reduzam lotes; aumentam qualidade; reduzam lead-time; melhorem a manutenção preventiva.	Tecnologias digitais que auxiliam o processo de rastreamento e monitoramento da entrega, do inventário; da satisfação do cliente; do pedido.	Tecnologias digitais que auxiliam o processo de rastreamento e monitoramento da devolução, do material devolvido; da satisfação do cliente referente ao processo de devolução.

Fonte: elaborado pela autora

Assim como nas entrevistas, artefatos físicos, documentos, registros em arquivos e *shadowing* também irão variar entre os casos estudados, porém a análise daqueles que estiverem disponíveis deverá ser realizada equivalentemente.

O estudo de caso deverá iniciar com as entrevistas, partindo posteriormente para artefatos físicos, documentos, registros em arquivo e *shadowing* (Figura 2). As entrevistas devem iniciar com o profissional de CS e posteriormente seguir o fluxo da CS, inquirindo os responsáveis pelo processo de aquisição, produção, entrega e devolução nesta ordem (Figura 2). As observações diretas, artefatos físicos, documentos, registros em arquivo e *shadowing* serão analisados na sequência dos processos da CS.

Figura 2 – Fluxo de realização do estudo de caso



Fonte: elaborado pela autora

Cada roteiro de entrevista será respondido por um grupo diferente de entrevistado (Quadro 3). O roteiro deverá ser preenchido pelo entrevistador com base nas repostas dos entrevistados. Mesmo que a entrevista esteja sendo gravada deve-se anotar pontos relevantes observados. As anotações serão realizadas em memorandos e podem contribuir na análise de dados, fornecendo percepções que não podem ser verificadas em áudio.

Quadro 3 - Entrevistados por roteiros

Roteiro	Questão	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3	Entrevistado 4
A – Complexidade da CS	1	Gerente de CS e/ou Analista de CS	Gerente e/ou analista de vendas		
	2		Gerente e/ou analista de produção		
	3		Gerente e/ou analista de compras		
B – Tecnologias Digitais na CS	1 a 6	Gerente e/ou Analista de CS	Gerente e/ou analista de compras	Gerente e/ou analista de produção	Gerente e/ou analista de vendas ou marketing
C – Digitalização da CS	1	Gerente de CS e/ou Analista de CS			
	2		Gerente e/ou analista de compras		
	3		Gerente e/ou analista de produção		
	4		Gerente e/ou analista de vendas		
	5		Gerente e/ou analista de marketing		
D – <i>Capabilities</i> CS	1	Gerente de CS e/ou Analista de CS	Gerente e/ou analista de compras	Gerente e/ou analista de produção	Gerente e/ou analista de vendas ou marketing
	2				
	3				
E – Desempenho competitivo e atendimento ao cliente	1	Gerente de CS e/ou Analista de CS	Gerente e/ou analista de compras	Gerente e/ou analista de produção	Gerente e/ou analista de vendas ou marketing
	2				

Fonte: elaborado pela autora

Durante a realização das entrevistas, memorandos serão elaborados para registrar o progresso, percepções, pensamentos, sentimentos, direções da pesquisa e do pesquisador, moldando assim o processo de pesquisa. A realização de memorandos, proporciona densidade e integração conceitual entre a teoria e a entrevista realizada, servindo para que na análise final da pesquisa a reconstrução dos detalhes da pesquisa ocorra de maneira mais coesa.(CORBIN; STRAUSS, 1998).

Corbin e Strauss (1998) distinguem três tipos de memorandos: notas de código, notas teóricas e notas operacionais. As notas de código identificam códigos e seus significados. As notas teóricas abrangem uma variedade de tópicos: reflexões das dimensões e significados mais profundos de conceitos, relações entre conceitos, teoria, proposições, e assim por diante. Notas operacionais tratam principalmente de questões metodológicas, podendo ser pontos de interesse na coleta que serão relevantes para compreender os dados coletados ou direcionamentos para coletas futuras. (BABBIE, 2008; CORBIN; STRAUSS, 1998).

Neste trabalho os memorandos serão criados no decorrer da coleta e logo após a finalização das entrevistas, observações diretas, análises de artefatos, documentos, registro em arquivos e *shadowing*. A necessidade de elaborar os memorandos durante a coleta de dados ou logo após a finalização do estudo de caso (preferencialmente ainda no local do estudo de caso ou logo após deixar o local) tem por objetivo que as informações, percepções, sentimentos e relações entre teoria e realidade observada não sejam esquecidas e acabem perdidas. Para cada entrevista, após a coleta, os memorandos serão organizados e ampliados conforme a necessidade.

Se autorizado pela empresa, será realizado o *shadowing* de um usuário de cada processo (planejamento, aquisição, produção, entrega e devolução) que utilize tecnologia digital. O *shadowing* permitirá identificar os processos e os efeitos da utilização de tecnologias digitais no momento que ocorrem.

O *shadowing* é uma técnica que o pesquisador pode seguir para obter uma melhor compreensão do contexto da pesquisa. (SAUNDERS; LEWIS; THORNHILL, 2009). O *shadowing* é utilizado quando se quer coletar dados por observação no local onde são gerados. Nesta técnica os pesquisadores imersos no ambiente real, acompanham as atividades dos pesquisados, podendo ser estes usuários do sistema, pessoal de atendimento ou funcionários. São observados os comportamentos e

experiências, além do padrão da tomada de decisão. (MARTIN; HANINGTON, 2012; STICKDORN; SCHENEIDER, 2014).

O pesquisador deve se manter o menos invasivo possível. Se autorizado, pode utilizar memorandos, vídeos e fotografias para documentar os resultados, (MARTIN; HANINGTON, 2012; STICKDORN; SCHENEIDER, 2014), porém deve levar em consideração se sua presença está influenciando ou não o comportamento que está observando. (STICKDORN; SCHENEIDER, 2014)

Em determinado momento, as observações realizadas pelo pesquisador podem revelar fatos sequer reconhecidos pelos observados. (STICKDORN; SCHENEIDER, 2014). O *shadowing* do ambiente permite desenvolver uma visão holística de como as atividades ocorrem, fornecendo um entendimento das interações que acontecem. (STICKDORN; SCHENEIDER, 2014). “O *shadowing* também é uma técnica útil para identificar aqueles momentos em que as pessoas às vezes dizem uma coisa e, no entanto, fazem outra.” (STICKDORN; SCHENEIDER, 2014, p. 158).

Caso ocorram tópicos não previstos, o pesquisador deve considerar tais informações relevantes, registrando e explorando para enriquecer a pesquisa. A duração das entrevistas deverá ser de aproximadamente uma hora com o entrevistado do SCM e meia hora com os demais entrevistados. Durante a entrevista, o pesquisador registrará tópicos relevantes para serem verificados nos artefatos físicos, documentos, registros em arquivo e *shadowing*. Após as entrevistas, as observações diretas e o *shadowing* em conjunto com análise de artefatos físicos, documentos, registros em arquivos devem ser realizadas. Estas observações e análises buscarão identificar tecnologias digitais implementadas e sua utilização em benefício da CS.

#### c. Questões de estudo de caso

As questões de estudos estão estruturadas em cinco roteiros. As entrevistas serão realizadas conforme Quadro 3.

#### **Roteiro A – Complexidade da CS**

- 1) Qual a complexidade do mercado atual?
  - quantidade de clientes
  - mix de produtos por clientes
  - demanda total estável ou instável
  - demandas de fabricação estável ou instável
- 2) Qual a complexidade interna de manufatura?

- quantidade de *part number* por produto;
  - quantidade de modelos de produtos;
  - mudanças na programação da produção;
  - classificação dos processos de produção (produto único, \_\_\_%; pequenos lotes, \_\_\_%; grandes lotes, \_\_\_%; linha produtiva, \_\_\_%; produção contínua, \_\_\_%)
- 3) Qual a complexidade do processo de aquisição?
- quantidade de fornecedores;
  - projeto da CS busca reduzir o *lead-time*
  - incentivo para reduzir lead-time dos fornecedores, a fim de evitar estoques e faltas de material;
  - confiança nos prazos de entrega dos fornecedores;
  - porcentagem de compras realizada de fornecedores no país.

### Roteiro B – Tecnologias Digitais na CS

A estratégia digital considera a implementação de tecnologias com foco na transformação dos negócios e não apenas em tecnologias individuais com foco operacional. Organizações que contam com uma estratégia digital possuem a capacidade de perceber como as tecnologias digitais podem impactar seus negócios; estão confortáveis assumindo riscos; tem uma pessoa ou grupo liderando o esforço, com funcionários altamente confiantes na fluência digital de seus líderes; atribuem elevada importância ao uso da tecnologia digital para melhorar a inovação e a tomada de decisão.

Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não posso opinar
CP	C	D	DP	NPO

Questão (KANE et al., 2015):	CP	C	D	DP	NPO	Justifique sua Resposta
1) A organização possui uma estratégia digital que vai além da implementação de tecnologias?						
2) Faz parte da cultura da empresa o estímulo de iniciativas digitais?						
3) A liderança apoia e compreende a necessidade das iniciativas digitais para a organização?						

- 4) Qual o estágio das tecnologias digitais na CS, nos últimos 3 anos?  
Sendo:

Estágio	Descrição
1	Desconhece a tecnologia.
2	Não há nenhum projeto/estudo para implementação nos próximos 3 anos.
3	Estudos ou projetos para implementação sendo realizados.
4	Tecnologia implementada, porém, não utilizada plenamente conforme o projetado.

5	Tecnologia plenamente implementada conforme projetado e resultados observáveis na CS.
---	---

Sendo as tecnologias:

<b>Tecnologias Digitais</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Tecnologias de Infraestrutura Digital					
Aquisição de Dados*					
Sistemas de Informação*					
Micro automação*					
Tecnologia Habilitadora					
<i>Big Data Analytics</i>					
<i>Internet of Things (IoT)</i>					
<i>Cloud Computing</i>					
Tecnologia Integradora					
<i>Machine Learning/IA</i>					
Simulação					
<i>Cyber-physical Systems</i>					
<i>Blockchain</i>					
Tecnologia de Aplicação					
Manufatura aditiva					
<i>Drones/Veículos autoguiados</i>					
Robôs avançados e colaborativos					

\*Subclasses da classe de infraestrutura digital e representa tecnologias distintas.

Ponto de atenção: Se na questão 4, o estágio for 1, não realizar a questão 5.

5) Qual o nível de investimento em tecnologias digitais na CS, nos últimos 3 anos?

Sendo:

<b>Estágio</b>	<b>Descrição</b>
1	Nenhum investimento.
2	Pesquisas e estudo inicial envolvendo alguns colaboradores.
3	Aquisição da tecnologia e implementação internamente na organização.
4	Implementação externa com toda a CS.

Sendo as tecnologias:

<b>Tecnologias Digitais</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Tecnologias de Infraestrutura Digital				
Aquisição de Dados*				
Sistemas de Informação*				
Micro automação*				
Tecnologia Habilitadora				
<i>Big Data Analytics</i>				
<i>Internet of Things (IoT)</i>				
<i>Cloud Computing</i>				
Tecnologia Integradora				
<i>Machine Learning/AI</i>				
Simulação				
<i>Cyber-physical Systems</i>				
<i>Blockchain</i>				

Tecnologia de Aplicação				
Manufatura aditiva				
<i>Drones/Veículos autoguiados</i>				
Robôs avançados e colaborativos				

\*Subclasses da classe de infraestrutura digital e representa tecnologias distintas.

- 6) Há alguma tecnologia digital na organização, que não foi mencionada? Se sim, qual? Em qual estágio? Qual nível de investimento?

### Roteiro C - Utilização das tecnologias digitais na CS

Ponto de atenção: Caso nenhuma tecnologia seja pontuada no Roteiro B, com no mínimo, 3 para o estágio da tecnologia ou 2 para o nível de investimento, não aplicar o Roteiro C. No caso de resposta 3 para o estágio da tecnologia ou como 2 para o nível de investimento, as questões deste roteiro avaliam a expectativa de contribuição da tecnologia.

- 1) Quais tecnologias digitais são usadas no processo de planejamento?
  - 1.1) Quais ganhos podem ser associados a implementação dessas tecnologias no planejamento?
  - 1.2) Existe projeto ou orientação sobre novas tecnologia a serem implantadas? Quais são e qual a expectativa de prazo?
  
- 2) Quais tecnologias digitais são usadas no processo de aquisição?
  - 2.1) Quais ganhos podem ser associados a implementação dessas tecnologias na aquisição?
  - 2.2) Existe projeto ou orientação sobre novas tecnologia a serem implantadas? Quais são e qual a expectativa de prazo?
  
- 3) Quais tecnologias digitais são usadas no processo de transformação (produção/serviço)?
  - 3.1) Quais ganhos podem ser associadas a implementação dessas tecnologias?
  - 3.2) Existe projeto ou orientação sobre novas tecnologia a serem implantadas? Quais são e qual a expectativa de prazo?

4) Quais tecnologias digitais são usadas no processo de entrega?

4.1) Quais ganhos podem ser associadas a implementação dessas tecnologias na entrega?

4.2) Existe projeto ou orientação sobre novas tecnologia a serem implantadas? Quais são e qual a expectativa de prazo?

5) Quais tecnologias digitais são usadas no processo de devolução?

5.1) Quais ganhos podem ser associadas a implementação dessas tecnologias na devolução?

5.2) Existe projeto ou orientação sobre novas tecnologia a serem implantadas na devolução? Quais são e qual a expectativa de prazo?

#### **Roteiro D - *Capabilities* da CS**

Ponto de atenção: Caso nenhuma tecnologia seja pontuada no Roteiro B, com no mínimo, 3 para o estágio da tecnologia ou 2 para o nível de investimento, não aplicar o Roteiro D. No caso de resposta 3 para o estágio da tecnologia ou como 2 para o nível de investimento, as questões deste roteiro devem avaliar a expectativa de contribuição da tecnologia.

- 1) Em que medida o uso de tecnologias digitais em sua rede de cadeia de suprimentos permite Robustez: (CS permanece eficaz e sustentável mesmo quando ocorrem rupturas internas/ externas; Evita ou minimiza a ocorrência de riscos se antecipando e preparando para eles; Absorve um nível significativo de impactos negativos de riscos recorrentes; Tem tempo suficiente para considerar reações mais efetivas)
- 2) Em que medida o uso de tecnologias digitais em sua rede de cadeia de suprimentos permite Resiliência: (adaptar às situações disruptivas, reestruturando rapidamente os processos da CS; Responder prontamente e adequadamente a interrupções da CS; Recuperar rapidamente o nível de desempenho anterior ou um nível mais desejável; Reduzir a extensão dos impactos negativos por meio de respostas rápidas)
- 3) Há alguma outra capacidade, vantagem competitiva ou competência que o uso de tecnologia digital proporciona para a SCM que não foi mencionada?

**Roteiro de entrevista E - Desempenho competitivo e atendimento ao cliente**

- 1) Qual o desempenho competitivo da empresa comparado à concorrência?
- 2) Qual a importância deste desempenho no segmento em que a empresa está inserida?

Sendo:

Importância para os clientes Desempenho em relação a concorrência	Baixa									Alta
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Fonte: Adaptado de Slack, Chambers, Robert Johnston .

Fator competitivo	Fonte da informação (função)	Desempenho em relação a concorrência (1 a 9)	Importância para cliente (1 a 9)
Desempenho da Planta			
Custo unitário de mão-de-obra			
Custo unitário total do produto			
Custo unitário de matéria-prima			
Velocidade de entrega			
Confiabilidade de entrega			
Resposta a mudanças nas datas de entrega			
Desempenho do produto			
Conformidade do produto com as especificações do cliente			
Serviço de pré-venda e serviço pós-venda			
Flexibilidade do volume de produção			
Flexibilidade da variedade de produção			
Novos produtos introduzidos anualmente			
Prazo de entrega para introduzir novos produtos			
Prazo de execução para implementar novos processos ou alterar os existentes			
Acidentes com afastamento			
Consumo de recursos escassos			
Descarga de materiais perigosos			

**Roteiro de Observação A – Maturidade para a digitalização (*THE CENTER FOR GLOBAL ENTERPRISE, 2017*)**

Planejamento	S	N	Evidência
1.1) A organização pode capturar dados em tempo real?			
1.2) A organização pode aplicar dados em tempo real para determinar a demanda do cliente?			
1.3) As métricas atuais dão suporte a uma cadeia de suprimentos digital centrada no cliente?			
<b>Recursos humanos para a digitalização</b>			
2.1) Existem habilidades necessárias para a mudança na organização?			
2.2) Tem uma pessoa capaz de liderar a transformação digital na organização?			
2.3) As métricas atuais de desempenho incentivam a colaboração?			
<b>Tecnologia</b>			
3.1) A organização acredita que a tecnologia atual é suficiente para atingir a agilidade corporativa e visibilidade necessária?			
3.2) Como a organização mede internamente o retorno de investimento em tecnologia?			
<b>Riscos</b>			
4.1) A organização tem estratégias de cyber-security?			
4.2) A organização consegue medir a integridade e a autenticidade na CS? (Integridade e autenticidade relacionada ao fluxo de informações e produtos.)			

d. Procedimento de Análise dos Dados

O estudo de caso será holístico, em múltiplos casos. A seleção de casos múltiplos reduz a necessidade de aprofundamento comparado com caso único. Em estudos de caso múltiplos a validade externa é maior que em casos únicos. (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002).

Ao finalizar o estudo de caso em cada unidade incorporada, um relatório deverá ser realizado. Neste relatório, os memorandos criados, as transcrições das entrevistas, anotações das observações diretas, documentos coletados deverão ser organizados em arquivos eletrônicos para posterior análise. A transcrição será realizada em um software de análise qualitativa (sugere-se o software Atlas.ti Version 8.4.4).

Segundo Yin (2015), os estudos de caso múltiplos podem ser analisados de três formas. Na primeira, o relatório completo de casos múltiplos, será composto de capítulos ou seções dos casos únicos, além de um capítulo ou uma seção adicional

abrangendo as análises entre os casos e os resultados. A segunda forma, o relatório é composto por seções com perguntas e respostas dos casos. A terceira pode não haver capítulo ou seção para os casos individuais, todo o relatório será uma análise entre os casos, podendo ser puramente descritiva ou ter tópicos explicativos. (YIN, 2015). Este trabalho terá como objetivo a análise do caso único. Após a realização dos relatórios de caso realizar-se-á a análise cruzada dos casos. As fases da análise do caso estão descritas no Quadro 4. Para cada caso, seis fases devem ser realizadas.

Quadro 4 - Análises realizadas em cada caso

Etapa	Análise	Objetivo	Roteiro
Etapa 0	Análise qualitativa da performance da empresa em relação à fornecedores, transformação e vendas.	Contextualização e Descrição do caso	A
Etapa 1	Fleiss'Kappa resultados da empresa focal – Tecnologia Digital	Elicitação e Nível de adoção das Tecnologias para a Transformação Digital da CS	B
	Análise qualitativa dos resultados sobre as tecnologias digitais		B
Etapa 2	Alfa de Krippendorff dos resultados da empresa focal – processos da CS	Impactos das Tecnologias da Transformação Digital nos Processos da Supply Chain	C
	Análise qualitativa da utilização das tecnologias digitais nos processos da CS		C
Etapa 3	Análise qualitativa do impacto da utilização das tecnologias digitais nas <i>capabilities</i> da CS	Impactos das Tecnologias nas <i>Capabilities</i> da Supply Chain	D
Etapa 4	Análise quantitativa dos critérios competitivos em relação à concorrência e importância dada pelos clientes	Percepção dos entrevistados sobre os critérios competitivos	E
	Análise de conteúdo da repercussão das tecnologias nos critérios competitivos na empresa focal	Repercussões nos Critérios Competitivos dos Impactos nos processos da Transformação Digital da Supply Chain	Todos os roteiros

Fonte: Elaborado pela autora

Etapa 1: Conforme Quadro 4, as perguntas fechadas sobre estágio de adoção e nível de investimento, foram analisados utilizando o índice de concordância Fleiss'Kappa. O teste de concordância Kappa (K), foi proposto por Jacob Cohen em 1960, com a finalidade de medir o grau de concordância entre proporções derivadas de amostras dependentes. A análise refere-se à capacidade de aferir resultados idênticos (mesma unidade de medida) aplicados ao mesmo sujeito/fenômeno, quer por instrumentos diferentes, pelo mesmo instrumento em tempos diferentes, por avaliadores diferentes, ou por alguma combinação dessas situações. (MIOT, 2016).

Fleiss'Kappa é uma proposta do cálculo do Kappa para o caso em que há mais de dois examinadores. (FLEISS, 1971).

O Quadro 5 exhibe a análise das tecnologias digitais utilizadas na empresa focal, objetivando analisar a concordância entre os entrevistados sobre o nível de implementação das tecnologias digitais na empresa (Etapa 1).

Quadro 5 - Análise Fleiss'Kappa da tecnologia digital utilizada na empresa focal

Tecnologias Digitais	Caso n				Concordância
	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3	Entrevistado n	
Tecnologias de Infraestrutura Digital					
Aquisição de Dados*					
Sistemas de Informação*					
Micro automação*					
Tecnologia Habilitadora					
Big Data Analytics					
Internet of Things (IoT)					
Cloud Computing					
Tecnologia Integradora					
Machine Learning/AI					
Simulation					
Cyber-physical systems					
Blockchain					
Tecnologia de Aplicação					
Manufatura aditiva					
Drone/Veículos autoguiados					
Robôs avançados e colaborativos					

\*Subclasses da classe de infraestrutura digital e representa tecnologias distintas.

Fonte: Elaborado pela autora

Etapa 2: A análise de Alpha de Krippendorff das questões fechadas sobre o processo de CS na empresa focal, visa identificar a concordância entre os respondentes sobre o impacto da implementação de tecnologia digital nos processos da CS (Quadro 6). A vantagem do alfa de Krippendorff é que este pode ser utilizado para qualquer métrica (nominal, ordinal, intervalo, proporção e dentre outros) e principalmente, a utilização quando os dados estão incompletos ou ausentes. (KRIPPENDORFF, 2011, p. 1). Posteriormente, o índice de concordância alfa de Krippendorff avalia o impacto nos processos e nas *capabilities*.

Quadro 6 - Análise Alpha de Krippendorff ( $\alpha$ )

Processo	Alpha de Krippendorff ( $\alpha$ )
Planejamento	
Aquisição	
Transformação (Produção/Serviço)	
Entrega	
Devolução	

Fonte: Elaborado pela autora

Para análise de Fleiss'Kappa e alfa de Krippendorff, propõe a classificação do resultado conforme Landis e Koch (1977). A classificação dos índices é apresentada no Quadro 7.

Quadro 7 - Classificação do índices Fleiss'Kappa e alfa de Krippendorff.

Índice	Classificação	Legenda
$K < 0$	Insignificante	IN
$0,01 < K < 0,20$	Leve concordância	LC
$0,21 < K < 0,40$	Concordância razoável	CR
$0,41 < K < 0,60$	Concordância moderada	CM
$0,61 < K < 0,80$	Concordância Considerável	CC
$0,81 < K < 1$	Alta concordância	AC

Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977)

Etapa 3: A análise de conteúdo foi realizada baseada nas respostas das perguntas abertas. O corpus para análise de conteúdo foi composto da transcrição dos resultados de entrevista de questões abertas e dos memorandos.

A análise de conteúdo pode ser descrita como:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens. (BARDIN, 2011, p. 48).

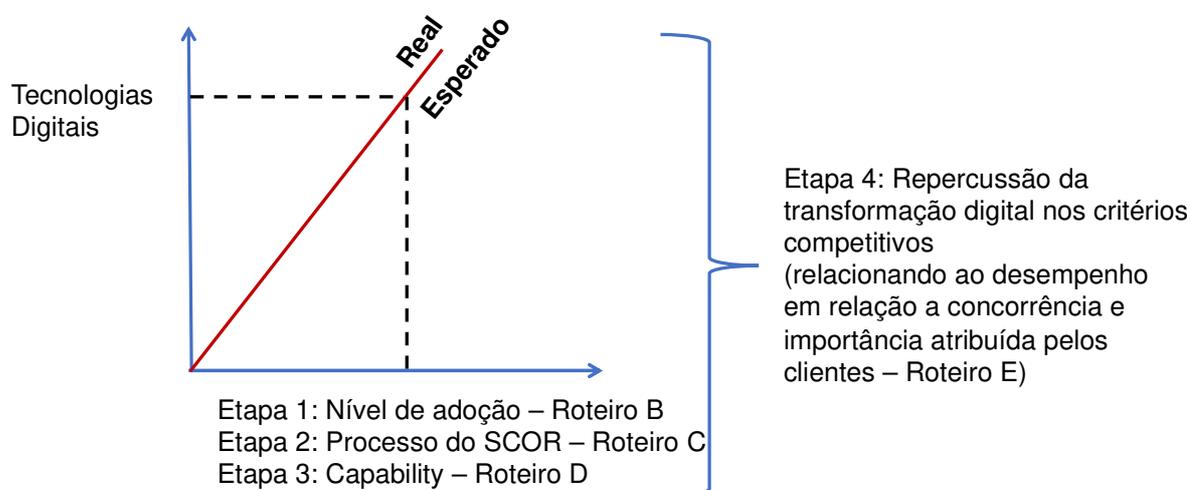
Foi realizada uma análise de conteúdo clássica, com quadro categorial, privilegiando a ocorrência dos temas. (BARDIN, 2011). A análise categorial levou em consideração os termos definidos a priori. Os termos foram dispostos como *capabilities* e desdobrados em ações que podem ser atingidas com a utilização de tecnologias digitais na CS. Sendo parte fundamental do trabalho compreender como

estas *capabilities* ocorrem em relação aos processos da CS em que tecnologias digitais foram observadas.

Etapa 4: Do mesmo modo, foram avaliados os termos dispostos como critérios competitivos, definidos a priori, porém foram considerando aqueles que surgiram na análise de conteúdo (a posteriori). Os critérios competitivos foram desdobrados em fatores competitivos para análise de conteúdo. Assim, análises foram realizadas do ponto de vista da repercussão das tecnologias digitais nos fatores competitivos relacionando-os aos processos da CS. As análises foram realizadas com base na percepção de benefícios que os entrevistados apresentaram ao longo das entrevistas, não estando restritas a um roteiro no protocolo.

A Figura 3 apresenta a síntese da análise dos resultados realizada isoladamente para cada caso.

Figura 3 – Esquema da análise dos resultados



Fonte: Elaborado pela autora

Após estas etapas, realizou-se a análise comparativa entre os casos. Esta não se limitou a comparação dos roteiros de entrevista. Assim, as evidências dos casos foram analisadas comparativamente quanto a convergência, divergência ou complementariedade.

Por fim, buscou avaliar as repercussões das tecnologias convergentes, apresentando esta análise em relação aos critérios competitivo e ao período de tempo que de ocorrência. O Quadro 8 apresenta o demonstrativo de como será a



## APÊNDICE D – MEMORANDO

### Memorando

Caso:	
Unidade Incorporada:	
Entrevistado:	
Roteiro:	
Gravação:	( ) Sim ( ) Não. Se não, motivo?
Documentos/registro em arquivos	( ) Sim ( ) Não. Se não, motivo?
<i>Shadowing</i> <sup>1</sup>	( ) Sim ( ) Não. Se não, motivo?

### Notas operacionais

Descrição do caso:

Pontos em que o *shadowing* foi realizado:

<sup>1</sup> *shadowing* é uma técnica que o pesquisador pode seguir para obter uma melhor compreensão do contexto da pesquisa, utilizado quando se quer coletar dados por observação no local onde são gerados. (SAUNDERS; LEWIS; THORNHILL, 2009).

### Notas de código

Ao longo das entrevistas, marque com X as tecnologias digitais citadas pelo entrevistado, relacionando-as aos processos da CS.

#### Tecnologias digitais relacionadas a processos CS

Tecnologias Digitais	Planejamento	Aquisição	Produção	Entrega	Devolução
Tecnologias de Infraestrutura Digital					
Aquisição de Dados*					
Sistemas de Informação*					
Micro automação*					
Tecnologia Habilitadora					
<i>Big Data Analytics</i>					
<i>Internet of Things (IoT)</i>					
<i>Cloud Computing</i>					
Tecnologia Integradora					
<i>Machine Learning/AI</i>					
<i>Simulation</i>					
<i>Cyber-physical Systems</i>					
<i>Blockchain</i>					
Tecnologia de Aplicação					
<i>Additive Manufacturing</i>					
<i>Drone/Driverless Vehicles</i>					
<i>Advanced/Collaborative Robotics</i>					

\*Subclasses da classe de infraestrutura digital e representa tecnologias distintas.

Ao longo das entrevistas, marque com X as tecnologias digitais citadas pelo entrevistado, relacionando-as com as *capabilities*.

#### Tecnologias digitais relacionadas capabilities

Tecnologias Digitais	Robustez	Resiliência
Tecnologias de Infraestrutura Digital		
Aquisição de Dados*		
Sistemas de Informação*		
Micro automação*		
Tecnologia Habilitadora		
<i>Big Data Analytics</i>		
<i>Internet of Things</i>		
<i>Cloud Computing</i>		
Tecnologia Integradora		
<i>Machine Learning/AI</i>		
<i>Simulation</i>		
<i>Cyber-physical Systems</i>		
<i>Blockchain</i>		

Tecnologia de Aplicação		
<i>Additive Manufacturing</i>		
<i>Drone/Driverless Vehicles</i>		
<i>Advanced/Collaborative Robotics</i>		

\*Subclasses da classe de infraestrutura digital e representa tecnologias distintas.

### **Notas teóricas**

Relação entre tecnologias digitais e processos CS:

Relação entre tecnologias digitais e *capabilities* CS:

Relação entre tecnologias digitais e desempenho operacional: