

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE PROJETOS - PPGP**

**OS BENEFÍCIOS DE PROJETOS DE AUTOMATIZAÇÃO POR ROBÔS EM  
EMPRESAS DE MANUFATURA**

**RENAN RUBIM DE CASTRO SOUZA**

São Paulo

2024

Renan Rubim de Castro Souza

**OS BENEFÍCIOS DE PROJETOS DE AUTOMATIZAÇÃO POR ROBÔS EM  
EMPRESAS DE MANUFATURA**

**THE BENEFITS OF ROBOT AUTOMATION PROJECTS IN MANUFACTURING  
COMPANIES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão de Projetos da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Administração**.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristiane Drebes Pedron

São Paulo

2024

Souza, Renan Rubim de Castro.

Os benefícios de projetos de automatização por robôs em empresas de manufatura. / Renan Rubim de Castro Souza. 2024.

237 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2024.

Orientador (a): Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cristiane Drebes Pedron.

1. Gerenciamento de projetos. 2. Gestão de benefícios. 3. Robótica.  
4. Transformação digital. 5. Manufatura.

I. Pedron, Cristiane Drebes.

II. Título.

CDU 658.012.2

Renan Rubim de Castro Souza

## **OS BENEFÍCIOS DE PROJETOS DE AUTOMATIZAÇÃO POR ROBÔS EM EMPRESAS DE MANUFATURA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão de Projetos da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Administração**, pela Banca Examinadora, formada por:

São Paulo, 09 de novembro de 2024

---

Presidente: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cristiane Drebes Pedron – Orientadora, UNINOVE

---

Membro: Prof. Dr. Walter Satyro – UNINOVE

---

Membro: Prof. Dr. Cesar Alexandre de Souza – FEA/USP

---

Membro: Prof. Dr. Mário Romão – ISEG – Lisbon School of Economics & Management



*“A disciplina te levará a lugares que a motivação não alcança.” (Alessandro Teodoro)*

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta dissertação à minha esposa, Amanda Dadona Souza, e ao meu filho, Miguel Dadona Souza, amores da minha vida.

## AGRADECIMENTO

Primeiramente, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento desta dissertação.

À minha esposa, Amanda (conhecida carinhosamente por mim por “Lova”), pelo companheirismo, compreensão e amor incondicional. Sempre esteve ao meu lado, acreditando em mim em cada passo dessa jornada. Ao meu filho, Miguel, que, mesmo com sua energia e entusiasmo de criança, entendeu nos momentos em que não pude jogar futebol com ele, demonstrando um carinho imenso.

Aos meus pais, Carlos e Regina, que ao longo de toda a minha vida me incentivaram a continuar estudando e evoluindo, sempre me orientando e guiando pelo caminho correto. Aos meus irmãos, Rafael e Filipe, ambos mestres, que me encorajaram desde o início a embarcar nessa jornada do mestrado. Agradeço a compreensão e apoio nos inúmeros finais de semana em que precisei abdicar dos encontros familiares.

À minha orientadora, Profa. Dra. Cristiane Drebos Pedron, por me guiar em todas as etapas desta dissertação. Agradeço a atenção e dedicação desde o início do mestrado, sempre me desafiando a alcançar minha melhor versão. Essa base me permitiu iniciar este trabalho com mais experiência, repertório e maturidade, elementos essenciais para a condução desta dissertação.

Aos professores da UNINOVE que, ao longo desta jornada, compartilharam seus conhecimentos especializados, contribuindo de forma positiva para o enriquecimento deste trabalho. Em especial, ao Prof. Dr. Luciano Ferreira da Silva, que, mesmo não sendo meu orientador, dedicou inúmeras horas de seu tempo e compartilhou com maestria seu conhecimento. Suas disciplinas foram a base para a construção inicial deste trabalho, e suas orientações contribuíram de forma relevante para o seu desenvolvimento.

Agradeço à UNINOVE pelo apoio contínuo e pela oportunidade de realizar este mestrado, proporcionando uma experiência próxima e integrada, sempre com foco no desenvolvimento dos alunos. Também expresso minha gratidão às empresas que contribuíram diretamente para esta pesquisa, disponibilizando informações valiosas para sua elaboração.

Aos meus colegas de mestrado e doutorado, que ao longo deste período compartilharam seus conhecimentos com muita solidariedade e companheirismo. Em especial, agradeço ao grupo de amigos Bruno, Márcio B., e Márcio S., que, com seu apoio, tornaram o caminho mais leve, com muitas conversas e risadas. Um agradecimento especial aos amigos Fábio e Gera, que foram fator importantíssimo nesta jornada de dissertação e mestrado.

## RESUMO

Diante do avanço das transformações digitais e da Indústria 4.0, as organizações estão diante de evoluções tecnológicas aceleradas que contribuem positivamente para estes projetos. As empresas de manufatura, por sua vez, buscam automatizações por robôs para melhorar sua competitividade, porém sem identificar os reais benefícios dessa tecnologia. Uma abordagem integrada como a Gestão de Benefícios, proposta por Ward e Daniel (2012), tem auxiliado na compreensão de como as empresas podem obter vantagens tecnológicas ao adotar o modelo "Rede de Dependência de Benefícios", proporcionando uma análise mais completa dos benefícios dos investimentos em tecnologia. Assim foi definido como objetivo desta dissertação propor uma Rede de Dependência de Benefícios para projetos de automatização por robôs em empresas de manufatura, visando assim responder à seguinte questão de pesquisa: Como identificar e estruturar os benefícios para projetos de automatização por robôs em empresas de manufatura? A partir desse objetivo os seguintes objetivos específicos foram apresentados: (a) Identificar quais são os principais elementos organizacionais que orientam a adoção de projetos de automatização por robôs; (b) Descrever quais são os objetivos organizacionais que direcionam a adoção de projetos de automatização por robôs; (c) Identificar quais são os benefícios decorrentes da adoção dos projetos de automatização por robôs; (d) Compreender como estas tecnologias da robótica são operacionalizadas; (e) Compreender as alterações solicitadas para alcançar os benefícios desejados e (f) Investigar as transformações no ambiente organizacional resultantes destas tecnologias emergentes. Esta pesquisa realizou uma Revisão Sistemática da Literatura e seguiu uma abordagem qualitativa e exploratória, por meio de uma análise de quatro estudos de caso em diferentes organizações de manufatura (bens de consumo, eletrônicos, equipamentos de saúde e automotiva) que implementaram projetos de automação robótica. Foram conduzidas 22 entrevistas com profissionais dessas empresas, complementadas por observação direta e análise documental. Esta dissertação identificou benefícios da automação robótica na indústria, incluindo o avanço humano e sustentável, focado no bem-estar e na sustentabilidade ambiental, e o aprimoramento da produtividade, com melhorias na qualidade, precisão e desenvolvimento de novos produtos. Como contribuição, foi apresentado um *framework* para a identificação e estruturação desses benefícios em projetos de automatização por robôs na manufatura. Assim, em pesquisas futuras recomenda-se investigar toda a Gestão de Benefícios em projetos de automatização por robôs.

**Palavras-chave:** Gerenciamento de Projetos; Gestão de Benefícios; Robótica; Transformação Digital; Manufatura.

## **ABSTRACT**

Considering the advances in digital transformations and Industry 4.0, organizations are facing accelerated technological developments that positively contribute to these projects. Manufacturing companies, in turn, are seeking robotic automation to improve their competitiveness, yet they are not fully identifying the real benefits of this technology. An integrated approach, such as Benefits Management proposed by Ward and Daniel (2012), has helped in understanding how companies can gain technological advantages by adopting the "Benefits Dependency Network" model, providing a more comprehensive analysis of the benefits of technology investments. Thus, the objective of this dissertation was defined as proposing a Benefits Dependency Network for robotic automation projects in manufacturing companies, aiming to answer the following research question: How can the benefits of robotic automation projects in manufacturing companies be identified and structured? Based on this objective, the following specific goals were presented: (a) Identify the main organizational elements that guide the adoption of robotic automation projects; (b) Describe the organizational objectives that drive the adoption of robotic automation projects; (c) Identify the benefits resulting from the adoption of robotic automation projects; (d) Understand how these robotics technologies are operationalized; (e) Understand the changes required to achieve the desired benefits; and (f) Investigate the transformations in the organizational environment resulting from these emerging technologies. This research conducted a Systematic Literature Review and followed a qualitative and exploratory approach, through the analysis of four case studies in different manufacturing organizations (consumer goods, electronics, healthcare equipment, and automotive) that implemented robotic automation projects. Twenty-two interviews were conducted with professionals from these companies, complemented by direct observation and document analysis. This dissertation identified benefits of robotic automation in industry, including human and sustainable advancements, focusing on well-being and environmental sustainability, and productivity improvements, with enhancements in quality, precision, and the development of new products. As a contribution, a framework was presented for the identification and structuring of these benefits in robotic automation projects in manufacturing. Thus, future research is recommended to investigate the entire Benefits Management in robotic automation projects.

**Keywords:** Project Management; Benefits Management; Robotics; Digital Transformation; Manufacturing.



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- 4IR - *Fourth Industrial Revolution*  
AGV - *Automated Guided Vehicle*  
AMR - *Autonomous Mobile Robots*  
AR - *Augmented Reality*  
BRM - *Benefits Realization Management*  
CAQDAS - Análise de Dados Qualitativos Assistida por Computador  
Cobot - *Collaborative Robot*  
CPS - *Cyber-Physical Systems*  
DT - *Digital Transformation*  
ERP - *Enterprise Resource Planning*  
GD - Gêmeo Digital  
GP - Gerenciamento de Projetos  
HMI - *Human-Machine Interaction*  
HRC - *Human-Robot Collaboration*  
I4.0 - Indústria 4.0  
AI - *Artificial Intelligence*  
IFR - *International Federation of Robotics*  
IoT - *Internet of Things*  
ODS - Objetivas de Desenvolvimento Sustentável  
ONU - Organização das Nações Unidas  
PME - Pequenas e Médias Empresas  
PMI - *Project Management Institute*  
RDB - Rede de Dependência de Benefícios  
RPA - *Robotic Process Automation*  
RSL - Revisão Sistemática da Literatura  
SI - Sistemas de Informação  
TD - Tecnologias Digitais  
TI - Tecnologia da Informação  
VAR - *Virtual and Augmented Reality*

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resumo dos conceitos da Transformação Digital .....	36
Tabela 2: Resumo dos conceitos da Indústria 4.0 .....	51
Tabela 3: Resumo dos conceitos da Adoção da robótica na manufatura .....	61
Tabela 4: Resumo dos conceitos da Gestão de Projetos e benefícios .....	68
Tabela 5: Resumo dos conceitos da Rede de Dependência de Benefícios .....	76
Tabela 6: Resumo do método e procedimentos de pesquisa .....	83
Tabela 7: Matriz de amarração deste projeto.....	84
Tabela 8: Perfil dos participantes das entrevistas .....	86
Tabela 9: Tipo de estudo aplicado.....	96
Tabela 10: Metodologias de pesquisa identificadas na RSL .....	97
Tabela 11: Teorias identificadas nos estudos .....	97
Tabela 12: Artigos que abordam benefícios na adoção da robótica .....	98
Tabela 13: Benefícios na adoção da robótica .....	100
Tabela 14: Benefícios da robótica identificados nos artigos da RSL .....	101
Tabela 15: Frequênciados <i>drivers</i> citados na rede da empresa ALFA .....	110
Tabela 16: Frequênciados Objetivos de investimento citados na rede da empresa ALFA ...	112
Tabela 17: Frequênciados Benefícios do negócio citados na rede da empresa ALFA.....	114
Tabela 18: Frequênciados Tecnologias habilitadoras citados na rede da empresa ALFA ....	116
Tabela 19: Frequênciados <i>Change enablers</i> citados na rede da empresa ALFA .....	118
Tabela 20: Frequênciados Mudanças no negócio citadas na rede da empresa ALFA.....	119
Tabela 21: Frequênciados <i>drivers</i> citados na rede da empresa BETA .....	125
Tabela 22: Frequênciados Objetivos citados na rede da empresa BETA.....	127
Tabela 23: Frequênciados Benefícios do negócio citados na rede da empresa BETA.....	128
Tabela 24: Frequênciados Tecnologias habilitadoras citados na rede da empresa BETA ....	130
Tabela 25: Frequênciados <i>Change enablers</i> citados na rede da empresa BETA .....	131
Tabela 26: Frequênciados Mudanças no negócio citadas na rede da empresa ALFA.....	133
Tabela 27: Frequênciados <i>drivers</i> citados na rede da empresa OMEGA.....	139
Tabela 28: Frequênciados Objetivos de investimento citados na rede da empresa OMEGA	140
Tabela 29: Frequênciados Benefícios do negócio citados na rede da empresa OMEGA .....	143
Tabela 30: Frequênciados Tecnologias habilitadoras citados na rede da empresa OMEGA	145
Tabela 31: Frequênciados <i>Change enablers</i> citados na rede da empresa OMEGA .....	146
Tabela 32: Frequênciados Mudanças no negócio citadss na rede da empresa OMEGA.....	148
Tabela 33: Frequênciados <i>drivers</i> citados na rede da empresa TETA .....	154
Tabela 34: Frequênciados Objetivos de investimento citados na rede da empresa TETA....	156
Tabela 35: Frequênciados Benefícios do negócio citados na rede da empresa TETA.....	158
Tabela 36: Frequênciados Tecnologias habilitadoras citados na rede da empresa TETA....	160
Tabela 37: Frequênciados <i>Change enablers</i> citados na rede da empresa TETA .....	162
Tabela 38: Frequênciados Mudanças no negócio citadas na rede da empresa TETA.....	163
Tabela 39: <i>Drivers</i> organizacionais da RDB de manufatura.....	168
Tabela 40: Objetivos de investimento da RDB de manufatura .....	170
Tabela 41: Benefícios do negócio da RDB de manufatura .....	172
Tabela 42: Tecnologias habilitadoras da RDB de manufatura .....	175
Tabela 43: <i>Change enablers</i> da RDB de manufatura .....	177
Tabela 44: Mudança ambiente do negócio da RDB de manufatura .....	179
Tabela 45: Análise de benefícios da literatura comparada a pesquisa empírica .....	190
Tabela 46: Critérios de avaliação da CAPES .....	193

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Robô inteligente Optimo Dex.....	50
Figura 2: Robô industrial com seis articulações.....	54
Figura 3: Robô Colaborativo (cobot).....	57
Figura 4: Robô móvel autônomo (AMR).....	59
Figura 5: O processo de Gestão de Benefícios (BRM).....	65
Figura 6: Rede de Dependência de Benefícios (RDB).....	70
Figura 7: Dinâmica dos objetivos de investimento.....	72
Figura 8: Fases do desenho de pesquisa.....	78
Figura 9: Diagrama de fluxo de pesquisa.....	80
Figura 10: Total de artigos publicados por período na RSL.....	94
Figura 11: Total de artigos publicados por ano.....	95
Figura 12: Total de artigos publicados por autor.....	96
Figura 13: RDB da empresa de manufatura do segmento de Bens de Consumo .....	121
Figura 14: RDB da empresa de manufatura do segmento Eletrônico.....	135
Figura 15: RDB da empresa de manufatura do segmento de Cuidados com a Saúde.....	149
Figura 16: RDB da empresa de manufatura do segmento Automotivo.....	165
Figura 17: Rede de Dependência de Benefícios da manufatura.....	180
Figura 18: <i>Drivers</i> , objetivos e benefícios da RDB da manufatura.....	182
Figura 19: <i>IS/TI, Change enablers</i> e Mudanças no negócio da RDB da manufatura.....	184
Figura 20: <i>Framework</i> para identificação e estruturação de Benefícios em Projetos de Automatização por robôs na Manufatura.....	188

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>XII</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>XIII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>XIV</b>
<b>1        INTRODUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
1.1     PROBLEMA DE PESQUISA .....	23
1.2     OBJETIVOS.....	26
1.2.1    Geral .....	26
1.2.2    Específicos.....	26
1.3     JUSTIFICATIVA .....	26
1.4     ESTRUTURA DO PROJETO.....	29
<b>2        REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>30</b>
2.1     TRANSFORMAÇÃO DIGITAL .....	30
2.1.1    Digitalização.....	33
2.1.2    Transformação digital na indústria.....	35
2.1.3    Transformação digital e um resumo dos conceitos .....	37
2.2     INDÚSTRIA 4.0 E INOVAÇÃO .....	38
2.2.1    Integração de Sistemas e Sistemas Ciber-Físicos.....	40
2.2.2    Internet das Coisas.....	41
2.2.3    Computação em nuvem .....	43
2.2.4 <i>Big Data e Analytics</i> .....	44
2.2.5    Inteligência Artificial .....	45
2.2.6    Simulações e Gêmeo Digital .....	46

2.2.7	Cibersegurança .....	47
2.2.8	Realidade virtual e aumentada .....	48
2.2.9	Manufatura Aditiva .....	49
2.2.10	Robótica avançada.....	50
2.2.11	Indústria 4.0 e um resumo dos conceitos .....	52
2.3	<b>ADOÇÃO DA ROBÓTICA NA MANUFATURA .....</b>	53
2.3.1	Robôs industriais .....	55
2.3.2	Robôs colaborativos .....	57
2.3.3	Robôs móveis autônomos.....	59
2.3.4	Adoção da robótica na manufatura e um resumo dos conceitos .....	61
2.4	<b>GESTÃO DE PROJETOS E BENEFÍCIOS .....</b>	62
2.4.1	Abordagem de gestão de benefícios em projetos .....	64
2.4.2	Gestão de projetos, benefícios e um resumo dos conceitos .....	69
2.5	<b>“REDE DE DEPENDÊNCIA DE BENEFÍCIOS” E SUA ESTRUTURA .....</b>	69
2.5.1	<i>Drivers</i> organizacionais: “ <i>Why</i> ” .....	71
2.5.2	Objetivos de investimento .....	72
2.5.3	Os benefícios do negócio: “ <i>What</i> ” .....	74
2.5.4	A Rede de Dependência: “ <i>How</i> ” .....	74
2.5.5	Mudança nos negócios .....	75
2.5.6	<i>Enabling changes</i> .....	76
2.5.7	<i>IS/TI enablers</i> .....	76
2.5.8	Rede de Dependências de Benefícios e resumo dos conceitos .....	77
<b>3</b>	<b>MÉTODO E TÉCNICAS DE PESQUISA .....</b>	<b>79</b>
3.1	PRIMEIRA FASE: RSL.....	79
3.2	SEGUNDA FASE: ESTUDO DE CASO MÚLTIPLO .....	82

3.2.1	Matriz de amarração .....	84
3.2.2	Procedimentos de coleta de dados .....	86
3.2.3	Procedimento de Análise de dados.....	90
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DA RSL.....</b>	<b>95</b>
4.1	CONTEXTUALIZAÇÃO .....	95
4.1.1	Frequência periódicos ou conferências .....	95
4.1.2	Frequência de publicações por ano .....	96
4.1.3	Frequência de autores .....	96
4.1.4	Frequência de tipos de estudo .....	97
4.1.5	Frequência de metodologia de pesquisa .....	98
4.1.6	Teorias abordadas.....	98
4.2	BENEFÍCIOS DA ROBÓTICA .....	99
4.2.1	Aprimoramento da produtividade .....	103
4.2.2	Aprimoramento da qualidade .....	104
4.2.3	Dinamismo e competitividade no mercado .....	105
4.2.4	Avanços humanos e sustentáveis na indústria.....	106
4.2.5	Eficiência e otimização operacional.....	107
4.2.6	Aumento da lucratividade .....	108
<b>5</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS CASOS.....</b>	<b>109</b>
5.1	ANÁLISE INTRA CASOS .....	109
5.1.1	Empresa ALFA.....	109
5.1.1.1	<i>Drivers organizacionais “Why”</i> .....	110
5.1.1.2	Objetivos de investimento .....	112
5.1.1.3	Os benefícios do negócio “What”.....	114
5.1.1.4	<i>IS/TI enablers</i> .....	116

5.1.1.5	<i>Enabling changes</i> .....	117
5.1.1.6	Mudança nos Negócios.....	119
5.1.1.7	Amarração da rede “ <i>How</i> ” .....	120
5.1.2	Empresa BETA.....	124
5.1.2.1	<i>Drivers organizacionais “Why”</i> .....	125
5.1.2.2	Objetivos de investimento .....	127
5.1.2.3	Os benefícios do negócio “ <i>What</i> ”.....	128
5.1.2.4	<i>IS/TI enablers</i> .....	130
5.1.2.5	<i>Enabling changes</i> .....	131
5.1.2.6	Mudança nos Negócios.....	133
5.1.2.7	Amarração da rede “ <i>How</i> ” .....	135
5.1.3	Empresa OMEGA .....	138
5.1.3.1	<i>Drivers organizacionais “Why”</i> .....	139
5.1.3.2	Objetivos de investimento .....	140
5.1.3.3	Os benefícios do negócio “ <i>What</i> ”.....	142
5.1.3.4	<i>IS/TI enablers</i> .....	144
5.1.3.5	<i>Enabling changes</i> .....	146
5.1.3.6	Mudança nos Negócios.....	148
5.1.3.7	Amarração da rede “ <i>How</i> ” .....	149
5.1.4	Empresa TETA.....	153
5.1.4.1	<i>Drivers organizacionais “Why”</i> .....	154
5.1.4.2	Objetivos de investimento .....	156
5.1.4.3	Os benefícios do negócio “ <i>What</i> ”.....	157
5.1.4.4	<i>IS/TI enablers</i> .....	160
5.1.4.5	<i>Enabling changes</i> .....	161

5.1.4.6	Mudança nos Negócios.....	163
5.1.4.7	Amarração da rede “ <i>How</i> ”.....	165
5.2	<b>ANÁLISE INTER CASOS .....</b>	168
5.2.1	<i>Drivers</i> organizacionais - rede de manufatura .....	168
5.2.2	Objetivos de investimento - rede de manufatura.....	170
5.2.3	Os benefícios do negócio - rede de manufatura .....	171
5.2.4	<i>IS/TI enablers</i> - rede de manufatura .....	174
5.2.5	<i>Enabling changes</i> - rede de manufatura .....	176
5.2.6	Mudança nos Negócios – rede de manufatura.....	178
5.2.7	Amarração da rede de manufatura.....	180
5.3	<b>BENEFÍCIOS – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS COM A LITERATURA ....</b>	189
<b>6</b>	<b>CONTRIBUIÇÕES PARA A PRÁTICA .....</b>	<b>194</b>
6.1	PRODUTO TÉCNICO/TECNOLÓGICO - CRITÉRIOS DA CAPES .....	194
6.2	CONTRIBUIÇÕES PARA A PRÁTICA - USO DO <i>FRAMEWORK</i> .....	196
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>199</b>
7.1	CONTRIBUIÇÕES PARA A ACADEMIA .....	201
7.2	LIMITAÇÕES .....	202
7.3	SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS .....	203
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>204</b>
	<b>APÊNDICE A – PROTOCOLO DE PESQUISA E COLETA DE DADOS – ESTUDO DE CASO MÚLTIPLO.....</b>	<b>224</b>
	<b>APÊNDICE B – ROTEIRO DE ENTREVISTAS .....</b>	<b>230</b>
	<b>TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....</b>	<b>235</b>
	<b>APÊNDICE C – PROTOCOLO DE OBSERVAÇÃO.....</b>	<b>236</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Transformação Digital (*Digital Transformation* – DT) é uma tendência global relevante, incentivada pelo progresso tecnológico, que permite às organizações melhorarem ou revolucionarem seus negócios (Woitsch, 2020). Alterações na estrutura, nos processos e na cultura de uma organização são necessárias para elaborar uma estratégia que propicie a geração de valor (Vial, 2019). A DT acarreta uma revolução em toda a organização, culminando no desenvolvimento de novos modelos comerciais (Verhoef, 2021).

Ao adotar uma lógica empresarial inovadora, a DT facilita a criação e a apropriação de valor, conceituando-se pela maneira como a empresa gera valor para os clientes e o converte em benefícios financeiros (Zott & Amit, 2008; Teece, 2010). Assim, a DT é um processo que visa melhorar uma organização por meio da indução de mudanças em suas características, combinando Tecnologia da Informação (TI), computação, comunicação e conectividade (Bharadwaj et al., 2013).

A inovação digital acontece pela implementação ou introdução dessas tecnologias em um ambiente de inovação, criando desafios e mudanças para indivíduos, organizações e sociedade (Papadonikolaki et al., 2022). A Indústria 4.0 (I4.0), também conhecida como Quarta Revolução Industrial (*Fourth Industrial Revolution - 4IR*), implica a integração de recursos tecnológicos na produção, destacando-se a integração horizontal de objetos, serviços, dados e pessoas (Kanski & Pizon, 2023). O termo foi criado em 2011, durante a Feira de Hannover na Alemanha, e representa o nome da estratégia de alta tecnologia do seu Governo Federal (Vido et al., 2020). Neste contexto, muito provavelmente, a I4.0 culminará nas designadas “fábricas do futuro”, as quais trarão filosofias de produção inovadoras, englobando a digitalização, a reconfiguração das estruturas organizacionais e operacionais (Botha, 2019).

Essa necessidade acarretará novas competências e talentos em recursos humanos, a integração da produção com a logística, a reestruturação e a agilização da cadeia de valor, além da criação de novos modelos de negócios e fontes de receita (Botha, 2019). Além disso, será enfatizada a importância da segurança cibernética e o cumprimento de normativas legais ainda em desenvolvimento (Botha, 2019). As inovações introduzidas pela I4.0 estão promovendo mudanças nos processos produtivos, sendo a tendência para a automação completa uma de suas características mais marcantes. Apesar da robotização ter início na década de 1960, a automação inteligente moderna representa uma nova maneira de estruturar a produção, a coleta de dados e

os sistemas, constituindo um avanço para a digitalização integral da I4.0 (Anzolin & Andreoni, 2023).

Com o foco crescente pela 4IR, a dinâmica entre as tecnologias de produção digital e os modelos organizacionais ainda permanecem em parte inexplorada (Anzolin & Andreoni, 2023). Transitando da digitalização e automação características da I4.0, a Indústria 5.0 surge como sua evolução, com ênfase na colaboração entre humanos e tecnologias para aprimorar a produção e enriquecer a experiência dos consumidores (Kumar et al., 2023). A principal distinção da Inústria 5.0 em relação às revoluções anteriores é a ênfase na sustentabilidade social e ambiental (Friedman & Hendry, 2019). Este avanço busca harmonizar a inteligência humana com a capacidade robótica, a fim de aperfeiçoar a tomada de decisão e o gerenciamento de situações complexas no âmbito industrial (Kumar et al., 2023). Assim, com a expansão dos robôs como ferramentas de automação para além das fronteiras industriais, por meio da integração com a Inteligência Artificial (*Artificial Intelligence - AI*) e a Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*), observa-se uma transformação em todos os aspectos da vida cotidiana (Wang, Zhou & Chiao, 2023).

Além disso, a adoção da I4.0 potencializa o impacto dos robôs industriais na inovação tecnológica (Lee, Qin & Li, 2022). Isso faz com que exista uma concorrência global intensa, custos laborais elevados e incertezas no mercado, uma vez que o setor manufatureiro busca acelerar a inovação, encurtar os ciclos de vida dos produtos e aumentar sua variedade, adotando a robotização para melhorar a produtividade, a precisão e a flexibilidade da manufatura (Luo & Qiao, 2023). Assim, a I4.0 tornou-se uma estratégia no gerenciamento de projetos (GP), pois permite um aperfeiçoamento de tempo e custo, para organizações transformadoras (Kanski & Pizon, 2023).

As organizações requerem a adoção de estratégias focadas em alcançar uma inserção rápida no mercado global, priorizando a adaptabilidade, a confiabilidade e a inovação tanto em produtos quanto em serviços (Gomes & Romão, 2018). Historicamente, os projetos têm sido reconhecidos como uma abordagem para induzir inovações e transformações dentro das organizações (Dupont & Eskerod, 2016). Ainda segundo os autores, a mudança organizacional é um fenômeno inevitável. Contudo, a habilidade de promover e adaptar-se a essas mudanças não é universal, apesar do desejo de muitas organizações se renovarem.

Muitas organizações constituem projetos para minimizar os esforços de mudança, no entanto, os benefícios almejados são muitas vezes difíceis de alcançar (Ietto et al., 2022). A literatura indica que a gestão de benefícios pode impactar positivamente o desempenho de

projetos (Zwikael et al., 2018; Zwikael & Meredith, 2019) e, dado que os projetos são desenvolvidos para alcançar metas estratégicas específicas, espera-se que eles contribuam para o desempenho organizacional (Morris & Jamieson, 2005). O *Project Management Institute* (PMI) tem se dedicado a desenvolver e aprimorar a perspectiva estratégica na administração de projetos (Morris & Jamieson, 2005), e a gestão de benefícios é considerada uma ponte entre a estratégia da organização e seus projetos para a obtenção de benefícios desejados (Serra & Kunc, 2015).

O conceito de gestão de benefícios emergiu no final dos anos 1980 (Farbey et al., 1999), decorrente de inquietações de que investimentos substanciais em projetos de tecnologia e sistemas de informação não estavam gerando os resultados esperados (Aubry et al., 2021). Adquiriu relevância em meados dos anos 2000, por meio de organizações profissionais de gestão de projetos como o PMI (Breese et al., 2015), e desde 2010, a investigação se expandiu para uma variedade de condições empíricas (Aubry et al., 2021).

Pesquisas atuais mostram que um foco intensificado na gestão de benefícios pode diminuir as taxas elevadas e contínuas de falhas em projetos (Serra & Kunc, 2015) e facilitar o alcance do êxito e do impacto estratégico pretendidos (PMI, 2016). Embora o corpo normativo da literatura esteja se expandindo, a prática de gestão de benefícios ainda é vista como uma disciplina nascente (Doherty, 2014; Breese et al., 2015; Zwikael, 2016; Aubry et al., 2021) e a compreensão detalhada dos desafios específicos na implementação da gestão de benefícios permanece limitada (Aubry et al., 2021).

A metodologia proposta por Ward et al. (1996) recebeu aprimoramentos por parte de Ward e Daniel (2006) rumo a um esquema mais refinado de gestão de benefícios. A visão inicial, que se restringia apenas à TI, foi ampliada por Peppard et al. (2008) para um esquema de ciclo de vida de diversas áreas. Este modelo estabelece as fases de previsão de financiamento para o projeto, análise dos resultados alcançados e estipulação dos métodos pelos quais a organização assegura o controle dos benefícios almejados. As fases consideradas no ciclo de vida da gestão de benefícios incluem: a) **identificar e estruturar benefícios;** b) **planejar a realização de benefícios;** c) **executar o plano de benefícios;** d) **revisar e avaliar o plano de benefícios;** e) **determinar o potencial para benefícios adicionais.**

A "Rede de Dependência de Benefícios" (RDB) ou "*Dependency Benefits Network*" representa o componente desta atividade de identificação e estruturação de benefícios, estabelecendo a conexão entre as funcionalidades dos Sistemas de Informação (SI) e TI e as alterações organizacionais e de negócios com os benefícios reconhecidos (Ward & Daniel,

2012). À medida que as mudanças necessárias forem sendo identificadas, essa rede de alterações e vantagens evoluirá, e a possibilidade de atingir os benefícios propostos será avaliada (Ward & Daniel, 2012).

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

No cenário econômico em evolução, a I4.0 emerge como uma força transformadora, enfatizando o planejamento estratégico e o progresso operacional, especialmente em grandes empresas (Bekishev, Pisarenko & Arkadiev, 2023). Esta transformação é impulsionada pelo uso de tecnologias de robotização inteligentes, tais como Robôs Colaborativos (*Collaborative Robots – Cobots*), Robôs Móveis Autônomos (*Autonomous Mobile Robots - AMRs*) e Robôs Industriais, que visam reduzir o tempo de transporte, diminuir os custos de energia por unidade de produção e substituir veículos movidos a combustível por ferramentas elétricas, aumentando assim a eficiência energética. Apesar desses benefícios potenciais, uma série de desafios acompanha a introdução dessas tecnologias no ciclo de produção (Bekishev, Pisarenko & Arkadiev, 2023).

Estes desafios incluem barreiras técnicas, como a segurança, a *performance*, a sincronização, a necessidade de adaptação às normas de segurança existentes, e a complexidade na integração com sistemas já existentes (Ferreira, Figueira & Amorim, 2021; Martin et al., 2022). Aspectos gerenciais e estratégicos, como o custo de aquisição, a necessidade de treinamento especializado, e a resistência à mudança por parte dos funcionários e gestores também são proeminentes (Leigh, Lee & Kraft, 2022). Além disso, há a necessidade de reestruturar os processos de trabalho para acomodar a nova tecnologia e superar a resistência cultural à automação (Khalid et al., 2019; Martin et al., 2021; Ng, 2022).

Adicionalmente, há barreiras específicas relacionadas à implementação da Colaboração Humano-Robô (*Human-Robot Collaboration – HRC*), que apresenta desafios únicos devido à sua natureza ambígua, aumentando o risco de interrupções e dependendo da intenção de uso do usuário (Verma & Singh, 2022). Estes desafios são agravados pela baixa rigidez dos robôs industriais, o que pode comprometer a precisão, e pela ansiedade tecnológica enfrentada pelos trabalhadores ao adaptarem-se às novas tecnologias (Lee et al., 2021; Bhattacharyya, 2023).

A literatura atual destaca que, além dos desafios técnicos e gerenciais, as empresas enfrentam obstáculos devido à falta de recursos financeiros, à inadequação dos ativos tecnológicos existentes e à falta de competências ou *expertise* específica (Bettoli et al., 2021; Anzolin & Andreoni, 2023). Problemas como a dificuldade de acompanhar a rápida evolução tecnológica, a detecção lenta de falhas, e a resistência dos funcionários à atualização de habilidades surgem frequentemente, especialmente em pequenas e médias empresas (PMEs) que possuem recursos limitados para inovação (Axelson, Mattsson & Langbeck, 2020; Macpherson, Werner & Mey, 2022).

Este conjunto de desafios ressalta a importância de abordar as capacidades operacionais, gerenciais e organizacionais e os determinantes do nível da empresa que são altamente complementares aos determinantes de mercado e negócios (Luo & Qiao, 2023). A necessidade de um foco mais amplo das capacidades operacionais é evidenciada pela crescente pressão para melhorar a dinâmica da inovação, enfrentar a concorrência do mercado global, e lidar com o aumento dos custos laborais e a incerteza do mercado, fatores que aceleram a adoção da robotização para melhorar a produtividade, precisão e flexibilidade (Luo & Qiao, 2023; Presidente, 2023). Neste contexto, a prática de Gestão de Benefícios, também referida como Gerenciamento da Realização de Benefícios (*Benefits Realization Management – BRM*) (Breese, 2012), é caracterizada como uma série de procedimentos destinados a garantir que projetos, programas e portfólios estejam alinhados com as estratégias empresariais e incorporados ao plano de negócios, visando gerar valor de forma duradoura (Serra, 2013).

Existem diversas falhas e obstáculos que podem justificar os desafios encontrados na implementação da BRM em projetos (Breese et al., 2015; Aubry et al., 2021). A definição inicial do conceito de “benefícios” e a compreensão subsequente do que envolve a “gestão de benefícios” são percebidas como complexas. Essa noção se originou em países de língua inglesa, como o Reino Unido, Canadá e Austrália, na qual a palavra “benefício” falhou em servir adequadamente como um termo definidor para um conceito de gestão (Breese et al., 2015).

A ambiguidade resultante da tradução linguística, como salientado por Bresse et al. (2015), significa que o “potencial da gestão de benefícios” pode ser tanto “descoberto quanto perdido” em várias fases, desde sua implementação na organização até sua eventual institucionalização. A interpretação de “benefícios” tende a variar conforme a percepção dos *stakeholders* e suas expectativas (PMI, 2016), influenciando a prática da gestão de benefícios

entre diferentes profissionais, como economistas, contadores e gerentes de projetos (Aubry et al., 2021).

Uma dificuldade é "como executar a BRM" nos projetos visto que não existe um consenso sobre uma metodologia enquanto disciplina (PMI, 2019), e sua ação normalmente utiliza ferramentas e técnicas de controle (Aubry et al., 2021). Alguns estudos classificam a BRM utilizando o chamado triângulo de ferro do GP, sendo escopo, tempo e custo, assim poucas organizações têm adotado uma estratégia holística que integre completamente a gestão de benefícios ao ciclo de vida do projeto e aos objetivos estratégicos (Aubry et al., 2021). A BRM ainda não atingiu seu principal propósito de evidenciar de forma clara os benefícios oriundos dos projetos, sendo necessária uma melhoria gerencial para que possa cumprir as expectativas (Breese, 2012).

A DT possui o potencial de gerar um valor adicional aproximado de 100 bilhões de dólares na próxima década (Woitsch, 2020). A indústria busca aproveitar esse potencial por meio do desenvolvimento de novos empreendimentos e da otimização dos negócios já existentes com a implementação de Tecnologias Digitais (TD) (Woitsch, 2020). A indústria do mercado de robôs inteligentes deve crescer de US\$ 3,69 bilhões em 2023 para US\$ 19,331 bilhões até 2032, exibindo uma taxa composta de crescimento anual (CAGR) de 23,00% durante o período de previsão (Market Research Future, 2024). De acordo com o relatório do Índice de Transformação Digital Brasil 2023 da PwC, apenas 12% das empresas investem em I4.0. Segundo pesquisa da McKinsey (2020), ao longo de uma década, cerca de 70% dessas iniciativas, incluindo a Robótica, não atingiram seus objetivos.

Abraçar uma abordagem mais holística, na qual a abordagem teórica conhecida como "Gestão de Benefícios", destacando a etapa de avaliação de benefícios por meio do modelo denominado "Rede de Dependência de Benefícios", pode prover uma forma para apoiar essa análise (Ward & Daniel, 2012).

Esta dissertação visa responder à seguinte questão de pesquisa, levando em conta o problema apresentado: Como identificar e estruturar os benefícios para projetos de automatização por robôs em empresas de manufatura?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Geral

A fim de dar resposta a questão de pesquisa, foi apresentado o objetivo geral: “Propor uma Rede de Dependência de Benefícios para projetos de automatização por robôs em empresas de manufatura”.

### 1.2.2 Específicos

A partir do conceito "Rede de Dependência de Benefícios" (Ward & Daniel, 2012), estabeleceram-se os seguintes objetivos específicos:

- (a) Identificar quais são os principais elementos organizacionais que orientam a adoção de projetos de automatização por robôs.
- (b) Descrever quais são os objetivos organizacionais que direcionam a adoção de projetos de automatização por robôs.
- (c) Identificar quais são os benefícios decorrentes da adoção dos projetos de automatização por robôs.
- (d) Compreender como estas tecnologias da robótica são operacionalizadas.
- (e) Compreender as alterações solicitadas para alcançar os benefícios desejados.
- (f) Investigar as transformações no ambiente organizacional resultantes destas tecnologias emergentes.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

O foco desta dissertação incide sobre a indústria de manufatura, porque as empresas de produção são responsáveis por mais de 80% da utilização de robôs industriais, uma estatística que sublinha a centralidade deste setor na adoção tecnológica (Jia, Yang & Zhang, 2023). Especificamente, a análise se concentra nas empresas de manufatura devido ao papel primordial que os robôs industriais desempenham no processo de manufatura (Jia, Yang & Zhang, 2023). A DT torna-se cada vez mais impactante na adoção da robótica industrial nos

negócios das empresas de manufatura, visto que existem preocupações sobre como essa transformação pode afetar os custos e impactar a força de trabalho (Ballestar et al., 2021).

A necessidade de pesquisas mais detalhadas sobre como as organizações podem empregar as tecnologias da I4.0 para expandir a flexibilidade na manufatura (Enrique et al., 2022). Os estudos acadêmicos sobre a implementação de robôs têm se concentrado principalmente na substituição de empregos e no impacto do deslocamento laboral como o principal impulsionador da robotização, negligenciando outros fatores que podem ter um papel crítico (Anzolin & Andreoni, 2023). Neste contexto, existe uma carência de pesquisas qualitativas sobre a eficácia das tecnologias emergentes mais recentes, bem como a necessidade de apresentar provas concretas dos benefícios dessas tecnologias. Isso inclui a análise da adoção de robôs, a identificação de obstáculos e vantagens dessa implementação (Hwang & Kim, 2021; Schumacher et al., 2022).

Atualmente, uma nova fase da revolução tecnológica influencia diversos setores da sociedade. Apesar disso, ainda se explora pouco a importância da adoção dessas tecnologias para fomentar a inovação empresarial (Luo & Qiao, 2023). Diante de desafios contemporâneos, como a complexidade dos produtos, redução dos ciclos de vida, necessidade de personalização, exigências de um rápido lançamento no mercado e aumento da competição internacional, as organizações de manufatura procuram incessantemente maior flexibilidade, mutabilidade e adaptabilidade em seus processos (Simões, Soares & Barros, 2020).

Embora haja um interesse crescente pela digitalização e pela 4IR, a interação entre as tecnologias de produção digital e os modelos organizacionais no âmbito empresarial ainda é, em sua maior parte, um território não explorado (Anzolin & Andreoni, 2023). Contudo, apesar do interesse crescente em pesquisas sobre os efeitos da robotização, pouco se sabe sobre como essas transformações estruturais no processo produtivo e na alocação de recursos de trabalho podem afetar a saúde dos trabalhadores e a segurança nas fábricas (Gihleb et al., 2022).

No atual e altamente competitivo cenário industrial, o uso crescente de robôs justifica-se pelo seu custo-benefício e pela eficiência, sendo comprovadamente vantajoso em termos de produtividade e precisão em tarefas repetitivas e programadas, superando a capacidade humana em diversos aspectos (Komal, 2020). Dados recentes do IFR (*International Federation of Robotics*) reforçam essa tendência, revelando um recorde na instalação de robôs industriais, com 517.385 unidades em 2021, e um estoque global de 3.477.127 unidades, representando um crescimento anual médio de 14% desde 2016 (Luo & Qiao, 2023). Este aumento expressivo na adoção da robótica industrial levanta discussões amplas entre pesquisadores, especialistas e

tomadores de decisão sobre os benefícios e desafios da automação em larga escala, especialmente diante de possíveis impactos sociais e econômicos (Fedyunina, Gorodnyi & Simachev, 2023).

Enquanto as grandes empresas reconhecem inicialmente os benefícios da adoção da robótica, nota-se que, com o tempo, a vantagem competitiva e a tendência de crescimento se estabiliza (Ballestar et al., 2021). Paralelamente, observa-se um aumento no reconhecimento e na importância da BRM, conforme indicado por Aubry et al. (2021). Isso se reflete no desempenho dos projetos (Fernandes & O'Sullivan, 2021), no cumprimento dos objetivos estratégicos (Serra & Kunc, 2015; PMI, 2019) e no sucesso dos negócios organizacionais, destacando a necessidade de avanços na disciplina gerencial, aplicados à prática de GP, para alcançar os resultados esperados (Breese et al. 2015; Aubry et al., 2021).

Os projetos de automatização por robôs em organizações de manufatura podem contribuir para o alcance de várias Objetivas de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidas pela ONU (Organização das Nações Unidas). A automação robótica, elemento-chave da I4.0, promove a eficiência operacional (Anzolin, Andreoni & Zanfei, 2022), reduzindo o desperdício de recursos e a emissão de poluentes (Wang, Zhou & Chiao, 2023), alinhando-se à ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis). Além de que, ao minimizar a necessidade de tarefas perigosas ou insalubres (Yang et al., 2022), a automação contribui para a ODS 3 (Saúde e Bem-Estar), assegurando ambientes de trabalho mais seguros e saudáveis (De Vries et al., 2020). A implementação dos robôs auxilia também a desenvolver infraestruturas sustentáveis e acessíveis (Wang, Zhou & Chiao, 2023), contribuindo para ODS 9 (Indústria, inovação e Infraestrutura).

A implementação de robôs na manufatura também pode impulsionar a ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico), pois promove uma produção mais eficiente e competitiva (Ballestar et al., 2021), potencializando o crescimento econômico e a criação de empregos de qualidade em setores relacionados à tecnologia da robótica (Axelson, Mattson & Langbeck, 2020). Portanto, a integração da automatização robótica em sistemas de manufatura não só otimiza processos produtivos (Wang et al., 2023), mas também contribui para o desenvolvimento (Bettoli et al., 2021), refletindo um compromisso com um futuro mais sustentável e inclusivo.

#### 1.4 ESTRUTURA DO PROJETO

Esta dissertação está organizada em sete capítulos, conforme a seguinte estrutura: o primeiro capítulo aborda a introdução, apresentando o cenário preliminar, o problema de pesquisa e a respectiva questão, os objetivos e a justificativa para a seleção do tema.

No segundo capítulo, encontra-se o referencial teórico, na qual os temas seguintes foram explorados: Transformação Digital; Indústria 4.0 e Inovação; Adoção da Robótica na Manufatura; Gestão de Projetos e benefícios; e Modelo “Rede de Dependência de Benefícios” e sua estrutura.

No terceiro capítulo, descreve-se a metodologia adotada para conduzir esta dissertação, compreendendo o desenho da pesquisa, as estratégias de coleta e análise de dados, com uma referência ao emprego do estudo de múltiplos casos.

No capítulo quatro, foi realizada a análise e interpretação dos achados da Revisão Sistemática da Literatura (RSL). No capítulo cinco, são apresentados e analisados os resultados do estudo de casos múltiplos, incluindo a discussão desses achados em relação à literatura existente.

No capítulo seis, são expostas as contribuições práticas, com a apresentação do produto técnico/tecnológico (PTT) desenvolvido e as contribuições do *framework* proposto para a prática. Por fim, no último capítulo, são apresentadas as considerações finais, juntamente com as contribuições para a academia, as limitações do estudo e sugestões para pesquisas futuras.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico abordou questões sobre Transformação Digital; Indústria 4.0 e Inovação; Adoção da Robótica na Manufatura; Gestão de Projetos e benefícios; e “Rede de Dependência de Benefícios” e sua estrutura.

### 2.1 TRANSFORMAÇÃO DIGITAL

A primeira revolução industrial nasceu com a mecanização a vapor; a segunda revolução, evolui com a eletricidade e a produção em massa; e a terceira revolução industrial incluiu a eletrônica e a Tecnologia da Informação (TI) (Lunelli & Cecconello, 2019). As três revoluções anteriores trouxeram mudanças, não só na produção, na indústria transformadora, na economia, mas também no funcionamento social (Balog, 2020).

A Primeira Revolução Industrial, ocorrida entre 1760 e 1840, marcou o início da mecanização, com a invenção da máquina a vapor, e impactou a migração das pessoas do campo para as cidades (Mokyr, 1985; Balog, 2020). Esta transformação radical da economia e da vida das pessoas enfatizou a substituição do poder humano pelas máquinas no ambiente de trabalho (Lunelli & Cecconello, 2019).

Seguindo essa linha, a Segunda Revolução Industrial, que aconteceu entre o final do século XIX e início do século XX, foi caracterizada pela difusão do uso da eletricidade e pela introdução da produção em linha de montagem, permitindo a produção em massa. Isso não apenas reduziu a dependência do trabalho físico, mas também realçou o valor do capital intelectual e do conhecimento (Mokyr, 1998; Balog, 2020). Adicionalmente, as inovações relacionadas à eletricidade e materiais novos ampliaram o poder de compra da população, denotando um avanço substancial no bem-estar e na eficiência produtiva (Lunelli & Cecconello, 2019).

A Terceira Revolução Industrial, iniciada por volta de 1960, é conhecida como a revolução do computador ou da digitalização (Greenwood & Jovanovic, 1999; Balog, 2020). O surgimento dos semicondutores, da computação industrial e pessoal, e do uso da Internet promoveu mudanças na organização do trabalho, eficiência e comunicação (Greenwood & Jovanovic, 1999; Balog, 2020). Esta era da informação não somente acelerou a eficiência global, mas também contribuiu para uma redistribuição da riqueza entre países industrializados,

emergentes e em desenvolvimento, refletindo em um impacto profundo na sociedade global (Lunelli & Cecconello, 2019).

A primeira onda da TI, ao longo das décadas de 1960 e 1970, focou na automatização de tarefas individuais dentro da cadeia de valor, apreciando desde o processamento de pedidos e o pagamento de contas até o *design* assistido por computador e o planejamento de recursos de produção (Porter & Heppelmann, 2014). O surgimento da Internet, caracterizada por sua conectividade econômica e onipresente, deu início à segunda onda de mudanças impulsionadas pela TI durante as décadas de 1980 e 1990 (Porter & Heppelmann, 2014). Desde o século XVIII, os setores da indústria transformadora têm testemunhado a Transformação Digital (*Digital Transformation* – DT) dos aspectos tecnológicos destes requisitos, como a automação, a robótica, os grandes volumes de dados, as fábricas inteligentes e a AI, incluindo os Sistemas Ciber-físicos (*Cyber-Physical Systems* – CPS) e o IoT (Ndou, Madonsela & Twala, 2020).

A DT é uma tendência global, impulsionada pelo progresso tecnológico, que permite às organizações melhorarem ou revolucionarem seus negócios (Woitsch, 2020). O desafio para cada uma delas é escolher e adaptar a inovação digital mais adequada (Woitsch, 2020). A DT é um processo que visa melhorar uma organização por meio da indução de mudanças em suas características, combinando TI, computação, comunicação e conectividade (Bharadwaj et al., 2013). Piccoli, Grover e Rodriguez (2024) definem a transformação digital como a metamorfose de uma organização habilitada por TI em uma organização digital, caracterizada por uma arquitetura digital específica e princípios de *design* únicos.

Dessa forma, nos últimos anos, a DT emergiu como um fenômeno tanto na pesquisa estratégica em sistemas de informação quanto no âmbito profissional, envolvendo mudanças profundas na sociedade e nas indústrias por meio da adoção de Tecnologias Digitais (TD) e exigindo inovação estratégica para melhorar o desempenho operacional (Vial, 2019). Os fornecedores devem guiar os clientes na criação de estratégias inovadoras para aprimorar o uso de redes de comunicação seguras, desenvolvendo planos que estejam alinhados com o plano de DT (Cimini, Pirola & Cavalieri, 2023).

A DT implica em empresas inovadoras, não apenas adotantes de tecnologia, e enfrenta desafios de exclusão digital que variam conforme o porte e setor, enquanto as empresas de manufatura integram recursos reais e digitais globalmente (Kim, Choi & Lew, 2021). Nesse momento de mudanças, muitas delas associadas à Indústria 4.0 (I4.0), são capazes de alterar os métodos de fabricação, organização e gerenciamento dos locais de produção (Farina & Fontana, 2021). Neste contexto, a inovação tem seu conceito difundido por possuir efeitos positivos no

desenvolvimento da economia, trazendo vantagem competitiva para este cenário de modo sustentável (Si & Chen, 2020).

A DT é uma mudança na forma como uma empresa utiliza TD para desenvolver um novo modelo de negócios digital que ajuda a criar e apropriar mais valor para a empresa (Verhoef et al., 2019). Assim, quando utilizada na área organizacional, as empresas podem impulsionar um melhor desempenho operacional, inovando com TD e gerando uma nova estratégia (Hess et al., 2016). Utilizando apenas TD, pouco valor é gerado para as organizações (Kane, 2014). Esse recurso deve ser usado em uma circunstância que permita que uma empresa consiga criar formas de gerar valor (Markus & Robey, 1988; Verhoef et al., 2019).

Assim, um aspecto para especialistas é que, apesar de numerosas organizações darem excessiva ênfase aos componentes digitais da transformação digital, as entidades que alcançam sucesso enfatizam a renovação das práticas e dos princípios administrativos internos e interempresariais, apoiando-se nas qualidades benéficas das TD (Kostis & Ritala, 2020). Com sua utilização em larga escala a DT permite profundas mudanças que ocorrem na sociedade e nas indústrias por meio de TD (Agarwal et al., 2010; Majchrzak, Markus & Wareham, 2016).

Isso também sugere que empreendedores habilidosos têm explorado diversas oportunidades geradas pela DT (Hwang & Kim, 2021). Ademais, conforme Aly (2020) defendeu, os avanços tecnológicos acelerados e a DT têm o potencial de proporcionar benefícios a países em desenvolvimento, potencializando o aumento do emprego e aprimorando a eficiência da mão de obra (Hwang & Kim, 2021). Simplesmente adotar novas tecnologias não garante o aproveitamento dos benefícios oferecidos pela DT (Kostis & Ritala, 2020).

As mudanças em uma organização, como sua estrutura, processos e cultura, são necessárias para uma estratégia para gerar criação de valor (Vial, 2019). A DT é a etapa mais difundida e apresenta uma mudança para toda a organização, levando à criação de novos modelos de negócio (Verhoef, 2021). A DT introduz um novo modelo de negócio ao implementar uma nova lógica de negócio para criar e capturar valor (Zott & Amit, 2008), que é definido como a empresa cria e entrega valor aos clientes e depois captura isso em forma de monetização (Teece, 2010).

As organizações se deparam com mudanças aceleradas, com ciclos tecnológicos curtos e mercados altamente dinâmicos (Lancker et al., 2015; Rauter et al., 2018). A vantagem competitiva migrou do acesso à capital financeiro ou recursos físicos, para recursos baseados no conhecimento e na capacidade humana (Hilkenmeier et al., 2021). Com sua utilização em

larga escala a DT permite profundas mudanças que ocorrem na sociedade e nas indústrias por meio de TD (Agarwal et al., 2010; Majchrzak, Markus & Wareham, 2016).

Balog (2020) destacou a necessidade de um paradigma organizacional, propondo a transição de enxergar as organizações como máquinas para vê-las como organismos vivos. Nessa linha de pensamento, Balog (2020) salientou que o ritmo da DT é determinado pela combinação de estratégia e tecnologia. Esta perspectiva sublinha a importância da transformação organizacional como uma questão central para todas as empresas, especialmente considerando que aquelas que dispõem de recursos podem aproveitar os benefícios da digitalização, melhorar o desempenho empresarial e deslocar concorrentes existentes de suas indústrias (Somohano-Rodríguez & Madrid-Guijarro, 2022). A digitalização é vista como um fator que aumentará a produtividade do trabalho, graças à inovação dos processos que contribui para reduzir a duração unitária da produção, como evidenciado por Dujin et al. (2014) e Wimpenny, Pandey e Kumar (2017).

Um dos mecanismos está relacionado com a capacidade de inovar nos processos e produtos de fabricação (Porter & Heppelmann, 2014), mediante a digitalização de diversas fases do processo produtivo (Bettiol et al., 2023). Isso se aplica também ao *design* do produto, na qual a produção de bens materiais é orientada por informações digitais. A digitalização possibilita a fabricação de peças e componentes que seriam difíceis de produzir tradicionalmente, por exemplo, devido a suas formas únicas, promovendo a inovação no processo de fabricação (Bettiol et al., 2023).

### 2.1.1 Digitalização

A digitalização é a codificação de informações analógicas em um formato digital, de modo que os computadores possam armazenar processos e transmitir tais informações (Verhoef et al., 2021). Assim, a digitalização representa a transformação de informações analógicas em formato digital, ilustrada por meio de formulários eletrônicos, pesquisas e aplicações para relatórios financeiros, com ênfase em procedimentos documentais, preservando intactas as atividades de geração de valor (Verhoef et al., 2021).

Nos últimos anos, o cenário industrial começou a passar por uma profunda transformação tecnológica, particularmente em relação à digitalização total dos processos de negócios, segundo constatações de estudos recentes (Bettiol et al., 2021). Esta mudança tem

sido marcada pelo aumento e pelo surgimento de novas TD, que não só afetaram as organizações ao impactarem na sua estratégia e operação, mas também impactam na vida dos colaboradores dessas organizações, conforme destacado por Jedynak et al. (2021). De forma geral, os resultados sugerem que a adoção de artefatos digitais desencadeia uma grande transformação nas práticas organizacionais, bem como nos papéis desempenhados pelos indivíduos nos processos de co-criação (Kostis & Ritala, 2020).

A digitalização tem provocado mudanças rápidas no cenário operacional, exigindo assim, uma tomada de decisão ágil em todas as cadeias de abastecimento, de ponta a ponta (Ho et al., 2022). No entanto, apesar das vantagens evidentes proporcionadas pela implementação de inovações e tecnologias digitais, a adoção é acelerada apenas por poucos pioneiros (Chowdhury et al., 2019). Além de que, nota-se que as taxas de adoção variam entre diferentes tecnologias e organizações. Em um esforço para tornar a coordenação de processos de engenharia mais eficaz e eficiente, a digitalização busca extrair e integrar conhecimento a partir de artefatos em diversas disciplinas e projetos. Isso é feito utilizando ativos para representar estados de coordenação e dependências, facilitando assim uma melhor gestão e sincronização (Biffl et al., 2021).

À medida que a digitalização avança, torna-se imperativo para as empresas com utilização intensiva de energia, especialmente nos setores da indústria transformadora e da energia, modificar suas cadeias de abastecimento e integrar novas ideias (Peter & Mbohwa, 2018). Essas inovações deverão aumentar a produtividade por meio de uma reavaliação profunda dos atuais modelos e estratégias operacionais, bem como pela adoção de novos caminhos na assistência tecnológica (Peter & Mbohwa, 2018). Neste novo contexto, caracterizado pela era avançada da digitalização, as empresas são confrontadas com um ambiente dinâmico que enfatiza o aprendizado de máquinas e o processamento de dados em tempo real (Sarı, Güleş & Yiğitol, 2020). Consequentemente, elas terão a oportunidade de acelerar seus métodos de coleta e análise de dados, empregando processos de produção mais flexíveis, adaptando-se assim mais rapidamente às exigências e desafios emergentes (Sarı, Güleş & Yiğitol, 2020).

Conforme Porter e Heppelmann (2014) apontam, a TI está transformando produtos que antes se limitavam a componentes mecânicos e elétricos, convertendo-os em sistemas complexos que integram *hardware*, sensores, armazenamento de dados, microprocessadores, *software* e conectividade de diversas formas. Estes produtos, agora inteligentes e interconectados, oferecem avanços no poder de processamento e na miniaturização dos

aparelhos, além dos benefícios da conectividade sem fio presente, inaugurando assim uma nova fase de competição (Porter & Heppelmann, 2014). Segundo Vial (2019), a maioria das TD mencionadas no seu estudo enquadram-se no acrônimo SMACIT, sendo social (*Social*), móvel (*Mobile*), análise (*Analysis*), nuvem (*Cloud*) e internet das coisas (IoT).

A digitalização, considerada o principal propulsor para o avanço da produção, está intrinsecamente conectada com as TD associadas à I4.0, isto é, a integração de TI, computação, comunicação e conectividade (Bharadwaj et al., 2013; Fattouh et al., 2023). Rad et al. (2022) cita algumas tecnologias como IoT (*Internet of Things*), *big data*, *blockchain*, AI (*Artificial Intelligence*), computação em nuvem, realidade aumentada, automação, robótica avançada, manufatura aditiva e simulação. Por meio da constante adequação e otimização dos processos de produção *online*, estas TD tentam não somente melhorar a flexibilidade e a confiança dos processos (Chirumalla, 2021). Essas tecnologias buscam aprimorar a qualidade dos produtos e as práticas de manutenção em ambientes industriais, como observado por Chirumalla (2021).

### 2.1.2 Transformação digital na indústria

A DT no ambiente industrial possibilita melhorar a visibilidade na linha de produção, facilitando a adaptação para a fabricação de produtos específicos em diferentes linhas (Enrique et al., 2022). De fato, com o avanço para fábricas mais inteligentes, a digitalização está simplificando tarefas anteriormente complexas para os trabalhadores, enquanto assegura que a produção seja ao mesmo tempo atraente, sustentável em ambientes urbanos e lucrativa, conforme sugerido por Kagermann et al. (2013) e Laskurain-Iturbe et al. (2021). Há uma indicação de que os sistemas de produção atuais precisam ser revisados e atualizados para se alinharem com um modelo inovador de DT (Ndou, Madonsela & Twala, 2020). Este modelo deve facilitar a transição para fábricas inteligentes, incorporando processos automatizados e aproveitando dados em tempo real para otimizar a produção (Ndou, Madonsela & Twala, 2020).

Uma estratégia eficaz para a DT das cadeias de suprimentos, permite superar desafios pertinentes e melhorar o compartilhamento de informações e a qualidade da tomada de decisões ao longo de todas as fases operacionais, do início ao fim (Ho et al., 2023). Por outro lado, para as pequenas e médias empresas (PME), incorporar novas tecnologias apresenta dificuldades, visto que muitas não possuem os recursos ou a infraestrutura necessária para efetivar a DT em suas atividades de planejamento e gestão da produção (Axelson, Mattsson & Langbeck, 2020).

Um dos principais obstáculos à implementação de tecnologias da I4.0 no setor industrial é a escassez de modelos e ferramentas específicas que demonstram claramente as vantagens de adotar a DT (Palomés, Tuset-Peiró & Casas, 2021). Apesar da tecnologia ser central para a DT, frequentemente, as organizações falham em integrar de forma eficaz novas aplicações, maximizar seu potencial e alcançar crescimento e competitividade (Ho et al., 2023). Tecnologias disruptivas como a robótica, AI, IoT e impressão 3D estão revolucionando a operação dos setores industriais (Ndou, Madonsela & Twala, 2020). Conforme observado por Sjodin et al. (2018), os setores de manufatura enfrentam desafios ao alterar suas práticas e processos de trabalho convencionais para se adaptarem à nova realidade digital.

A adoção de diversas tecnologias está a fomentar a DT no setor manufatureiro por meio da I4.0, conforme apontado por Lu (2017), apesar de acadêmicos e profissionais focarem principalmente nas tecnologias que formam a base da revolução tecnológica da I4.0 (Bettoli et al., 2021). A mudança tecnológica, incluindo robótica, AI e digitalização, tem sido um foco de estudo não só pelos seus efeitos no mercado de trabalho, mas também pelo seu impacto nos domínios empresarial e de gestão (Luo & Qiao, 2023). A implementação de robôs industriais representa um avanço na transformação inteligente do setor, sendo esta transformação considerada uma estratégia para promover a inovação sustentável (Lee, Qin & Li, 2022).

A I4.0 representa um movimento estratégico em direção ao desenvolvimento de sistemas de produção avançados e inteligentes, marcando uma nova fase na manufatura que se foca na promoção de uma transformação industrial inteligente por meio da aplicação de tecnologias de informação e digitais (Buer et al., 2018; Frank et al., 2019; Lee, Qin & Li, 2022). A Internet, as mídias sociais, a DT, o IoT, as tecnologias inteligentes e a AI estão se tornando cada vez mais integradas ao cotidiano das pessoas (Obermayer et al., 2020). Assim, como os robôs industriais desempenham um papel central na digitalização e na revolução inteligente da indústria (Lee, Qin & Li, 2022). Estudos recentes têm analisado os impactos econômicos e sociais dos robôs industriais, tornando-os um tema de grande interesse na pesquisa atual (Lee, Qin & Li, 2022).

Esta revolução digital tem transformado processos industriais, gerando a necessidade de adotar tecnologias da I4.0 para sustentar a competitividade (Díaz-Chao, Ficapal-Cusí & Torrent-Sellens, 2021). O paradigma da I4.0, que visa aumentar a produtividade por meio de digitalização, automação e conectividade, é previsto para impactar diversos setores da sociedade e da indústria (Cammarano et al., 2023). A I4.0 pode ser visto como um novo ecossistema inovador dentro do ambiente industrial, emergindo da integração de tecnologias de

DT (Lu, 2017; Xu et al., 2018; Díaz-Chao, Ficapal-Cusí & Torrent-Sellens, 2021), e tem o potencial de alterar radicalmente os sistemas de produção, a organização do trabalho e os processos de decisão estratégica (Piccarozzi et al., 2018; Szalavetz, 2019; Benítez et al., 2020; Díaz-Chao, Ficapal-Cusí & Torrent-Sellens, 2021).

Neste ambiente, a 4IR representa uma abordagem renovada para a manufatura, caracterizada pelo uso das tecnologias mais avançadas, especialmente na fusão da tecnologia operacional com a TI (Shi et al., 2020). A I4.0 está reformulando a organização dos processos empresariais (Porter & Heppelmann, 2014; Nanry et al., 2015), e o setor manufatureiro é reconhecido não apenas como um dos principais focos dessa mudança (Schwab, 2017), mas também como um dos setores econômicos que podem ganhar com a implementação das tecnologias da I4.0, melhorando a produtividade e a competitividade no âmbito global (Almada-Lobo, 2015; Bettoli et al., 2023).

### 2.1.3 Transformação digital e um resumo dos conceitos

A partir da Tabela 1, é possível sintetizar os conceitos-chave envolvendo Transformação Digital, digitalização, e sua aplicação na indústria. Esses conceitos abarcam a modernização de processos por meio da digitalização, impulsionando eficiência, inovação, e sustentabilidade nas operações industriais, alinhando tecnologia e estratégia para a evolução dos negócios.

**Tabela 1 – Resumo dos conceitos da Transformação Digital.**

Conceito	Definição	Autores
Transformação Digital	A Transformação Digital é um fenômeno mundial, impulsionado por avanços tecnológicos, que capacita organizações a aprimorar ou transformar radicalmente suas operações comerciais. Mudanças na estrutura organizacional, nos processos e na cultura são importantes para desenvolver uma estratégia eficaz de criação de valor. Essa transformação representa a etapa mais inclusiva, desencadeando uma transformação em toda a organização e resultando na criação de novos modelos de negócios. A transformação digital pode ser comparada a uma metamorfose, na qual uma organização habilitada por TI se transforma em uma organização digital, adotando uma nova arquitetura e princípios de design específicos.	Vial (2019); Woitsch (2020); Verhoef (2021); Piccoli, Grover e Rodriguez (2024)

Digitalização	A digitalização refere-se à transformação de informações de formato analógico para digital, permitindo que computadores armazenem, processem e transmitam essas informações. Esse processo envolve a conversão de dados analógicos para formatos digitais, como acontece com formulários <i>online</i> , pesquisas e sistemas para relatórios financeiros, priorizando a documentação de processos sem alterar as operações de geração de valor. Recentemente, a indústria tem observado uma revolução tecnológica, destacando-se a completa digitalização dos processos empresariais, conforme indicado por pesquisas atuais.	Verhoef (2021); Bettiol et al.(2021)
Transformação digital na indústria	Na indústria, a Transformação Digital (DT) está aprimorando a visibilidade ao longo das linhas de produção, permitindo uma maior flexibilidade na fabricação de produtos diversificados. O movimento em direção a fábricas inteligentes torna tarefas complexas mais simples para os trabalhadores, promovendo uma produção mais atraente, sustentável e rentável. Sugere-se que os sistemas produtivos existentes sejam renovados para se adaptarem a um modelo inovador de DT, que favoreça a adoção de fábricas inteligentes por meio de processos automatizados e do uso de dados em tempo real para melhorar a eficiência produtiva.	Kagermann et al. (2013); Laskurain-Iturbe et al. (2021); Ndou, Madonsela e Twala (2020); Enrique et al. (2022);

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 2.2 INDÚSTRIA 4.0 E INOVAÇÃO

A Indústria 4.0 (I4.0) ou 4IR (*Fourth Industrial Revolution*) introduz novos recursos tecnológicos de informação e comunicação com a produção (Shi et al., 2020). A I4.0 traz o conceito central de integração horizontal no gerenciamento da produção, se tornando um desafio para integração de objetos, serviços, dados e pessoas (Kanski & Pizon, 2023).

A I4.0 possibilitou a fusão tecnológica de CPS (*Cyber-Physical Systems*), que são compostos por componentes computacionais colaborativos projetados para supervisionar entidades físicas e processos de fabricação por meio de comunicação baseada na Internet (Kumar et al., 2021). Neste ambiente, a I4.0 origina do projeto relacionado a manufatura digital, implementando nove pilares tecnológicas, sendo: integração de sistemas, *big data*, simulação, manufatura aditiva, realidade aumentada, computação em nuvem e cibersegurança, robôs autônomos e inteligentes, e IoT (Rane et al., 2021). Com a implementação dessas tecnologias, tornou-se viável converter fábricas tradicionais em instalações inteligentes, resultando na geração de valor para o processo de manufatura e aprimoração da flexibilidade, ampliação contínua da gama de produtos e personalização (Forcina & Falcone, 2021; Kumar et al., 2021).

A inovação incentivada pela tecnologia de automação, como componente-chave da 4IR, aumentou expressivamente nos últimos anos com o rápido desenvolvimento da AI e dos robôs (Wang, Zhou & Chiao, 2023). Com base na observação do sistema nacional de inovação japonês, surge o conceito de Sistemas de Inovação, tornando-se popular entre acadêmicos, profissionais e formuladores de políticas desde o início dos anos 2000 (Li et al., 2021). Ainda segundo os autores, a estrutura do sistema setorial foi adotada para estudar a inovação e a dinâmica industrial numa ampla gama de setores. Neste contexto, a I4.0 muda a forma como os processos de negócio são organizados, sendo um dos fatores econômicos que mais poderiam beneficiar da adoção dessas tecnologias em termos de produtividade e competitividade global (Bettoli et al., 2023).

Os ambientes de mercado da economia global têm mudado rapidamente, tornando a inovação cada vez mais importante, tanto para as empresas multinacionais quanto para os novos entrantes (Li et al., 2021). Este método de mudança é específico para cada estratégia digital de uma organização, sendo moldado pelo desafio enfrentado, pela cultura, habilidades e capacidade da organização, pela condição do mercado e pela necessidade de inovação, bem como pela estratégia, valores e métodos da organização, além do envolvimento das partes interessadas e dos parceiros (Woitsch, 2020). Dessa forma, o desenvolvimento atual das tecnologias da 4IR como a AI, a computação em nuvem, a manufatura aditiva, a robótica avançada, o IoT, está remodelando os setores existentes, acarretando oportunidades e desafios para as empresas (Li et al., 2021; Wang, Zhou & Chiao, 2023).

A I4.0 constitui um esquema estratégico visando a criação de sistemas de manufatura avançados e automatizados, simbolizando um novo patamar na indústria de transformação que envolve impulsionar a evolução industrial inteligente por meio do emprego de dados e tecnologia digital (Lee, Qin & Li, 2022). O termo I4.0 teve origem na feira de “Hannover 2011”, nome da iniciativa comum de uma ideia de fortalecimento da competitividade da indústria alemã e inventado por três engenheiros: Kagermann, Wahlster e Lukas (Obermayer et al., 2020). Assim, nasceu o conceito de I4.0 para uma definição de sistemas cibernéticos e físicos como uma combinação de ferramentas digitais e máquinas físicas (Bettoli et al., 2023).

Para enfrentar os novos desafios decorrentes da I4.0 e mercados em rápida mudança, os governos de países distintos formularam algumas políticas (Li et al., 2021). O desafio é identificar formas, métodos, instrumentos ou ferramentas compatíveis que suportem as organizações durante essa etapa de mudança (Woitsch, 2020). Por exemplo, o governo dos EUA criou iniciativas de fabricação avançada para aumentar a competitividade do país, já a China, o

Conselho de Estado divulgou um plano estratégico denominado “*Made in China 2025*” (Li et al., 2021). Enquanto alguns adotam abordagens mais holísticas, focando em superar desafios sociais e ambientais com inovações, destaca-se a “Sociedade 5.0” do Japão, enfatizando a harmonia entre desenvolvimento econômico e questões sociais em uma era de integração entre espaços físicos e digitais (Li et al., 2021).

O futuro da indústria de manufatura será definido e direcionado pela I4.0, sustentada pela digitalização, IoT Industrial, CPS, hiper conexão, e o uso e análise de grandes quantidades de dados, impulsionando rapidamente novas demandas por inovação no setor (Botha, 2019). A DT é uma megatendência global que é desencadeada pela evolução da TD, que tem o potencial para cada organização otimizar o seu negócio por meio de uma inovação ou da disruptão digital (Woitsch, 2020). Segundo os autores, o desafio para cada organização é identificar e personalizar a inovação digital adequada.

### 2.2.1 Integração de Sistemas e Sistemas Ciber-Físicos

A conexão de múltiplos componentes ou subsistemas em uma estrutura integrada unificada define a integração de sistemas. Segundo conceitos da I4.0, tal integração se manifesta em três dimensões principais: integração horizontal ao longo da cadeia de valor, integração vertical dentro de redes de produção, e engenharia integrada ao longo do ciclo de vida dos produtos (Dixit & Verma, 2022). Esse enfoque visa maximizar o valor por meio de ferramentas de gestão que promovem interações entre os participantes da cadeia de valor, otimizando a logística e melhorando a comunicação, gestão de pedidos e suporte ao cliente (Dixit & Verma, 2022).

A integração de sistemas envolve tanto a integração horizontal, que aprimora a colaboração interna entre empresas, departamentos e funções, quanto a integração vertical, que conecta uma empresa a fornecedores e clientes, facilitando redes de produção mais flexíveis e adaptativas (Sarı, Güleş & Yiğitol, 2020). Isso leva ao desenvolvimento de cadeias de valor autônomas, na qual a partilha eficaz de informações, recursos financeiros e materiais se torna viável (Sarı, Güleş & Yiğitol, 2020). Internamente, a integração horizontal se foca na fusão dos sistemas de informação empresariais, enquanto a integração vertical se concentra na comunicação entre a empresa e seus fornecedores e clientes (Bettoli et al., 2021). Esta abordagem melhora a eficiência da produção, reduzindo custos e elevando a qualidade e a

produtividade por meio de uma gestão de cadeia de suprimentos mais eficiente (Bettoli et al., 2021).

Na era da I4.0, os CPS integram funções físicas e de engenharia com sistemas computacionais e de comunicação (Dixit & Verma, 2022). Isso compreende uma ampla gama de tecnologias, desde prateleiras inteligentes até roupas e acessórios conectados, todos contribuindo para operações mais eficientes em várias etapas da cadeia de produção e logística (Dixit & Verma, 2022). Por fim, os Sistemas de Produção Ciber-Físicos (*Cyber-Physical Production Systems* - CPPS), que empregam tecnologias de informação e comunicação (*Information and Communication Technologies* - ICT) na fabricação inteligente (Zhou et al., 2016). Eles permitem uma integração completa, desde a logística de entrada até a produção e os serviços pós-venda, proporcionando uma produção mais flexível e adaptativa, impulsionada pelo avanço no controle e gestão de processos (Kagermann et al., 2013).

## 2.2.2 Internet das Coisas

As tecnologias inteligentes (*Smart Technologies*) são inovações disruptivas que impulsionam a DT e têm experimentado avanços nas últimas décadas, capacitando a automação, o engajamento do cliente, a personalização e a otimização das operações (Duan, Edwards & Dwivedi, 2019). Nos últimos anos, a Transformação Digital (*Digital Transformation* – DT) emergiu como um fenômeno tanto na pesquisa estratégica em SI quanto no âmbito profissional, permitindo mudanças profundas na sociedade e nas indústrias por meio da adoção de Tecnologias Digitais (TD) e exigindo inovação estratégica para melhorar o desempenho operacional (Vial, 2019).

A Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT) contém uma gama de tecnologias, dispositivos e sensores que facilitam a conexão entre pessoas, produtos e máquinas, criando um ecossistema na qual objetos podem interagir e comunicar-se automaticamente em tempo real (Bettoli et al., 2021). Isso proporciona um fluxo contínuo de dados e informações valiosas, melhorando os serviços para o benefício global (Bettoli et al., 2021). Essa interconexão, que se estende a todos os aspectos - coisas, informações, processos e pessoas - abre caminho para descobrir novas oportunidades antes não reconhecidas (Kumar et al., 2023).

O IoT desempenha formas de reduzir o capital operacional e remover barreiras na comunicação (Alvarez-Aros & Bernal-Torres, 2021), contribuindo para a eficiência do

processo de manufatura e a redução de desperdícios na cadeia de suprimentos (Kumar et al., 2023). Além disso, a IoT representa um ambiente interconectado onde dispositivos equipados com sensores eletrônicos, atuadores e outras TD podem se conectar e compartilhar dados (Dixit & Verma, 2022). Isso facilita a automação de uma série de operações, incluindo controle remoto, processos de fabricação, sistemas de iluminação e aquecimento, e promove uma tomada de decisão descentralizada por meio da interação direta entre máquinas, conhecida como comunicação máquina a máquina (*Machine to Machine - M2M*) (Dixit & Verma, 2022).

A IoT é uma estrutura que conecta dispositivos heterogêneos, objetos físicos e pessoas globalmente, permitindo a criação de novos produtos, serviços e modelos de negócios ao integrar as dimensões física e digital (Molling & Klein, 2022). Neste contexto, a IoT permite que os objetos se tornem “inteligentes” e capazes de capturar dados ao seu redor, analisar os dados, tomar decisões e realizar ações (Molling & Klein, 2022). As tecnologias inteligentes incorporadas em objetos facilitam a comunicação autônoma e a integração em redes, melhorando a vida dos usuários, tanto em ambientes físicos quanto virtuais, como *e-commerce* e aplicativos de entrega (Pinochet et al., 2022).

Segundo Pinochet et al. (2022), essas tecnologias, oferecidas como serviços, aumentam a eficiência, monitoram e otimizam infraestruturas, promovem a colaboração entre atores econômicos e impulsionam modelos de negócios inovadores no setor público e privado. Para compreender os efeitos dos produtos inteligentes e conectados na concorrência e rentabilidade, é necessário analisar seu impacto na estrutura da indústria, que é determinada pelas cinco forças competitivas: poder de barganha dos compradores, rivalidade entre concorrentes, ameaça de novos participantes, ameaça de produtos substitutos e poder de barganha dos fornecedores (Porter & Heppelmann, 2014). A introdução desses produtos pode alterar essa estrutura, especialmente nas indústrias de transformação, comparável ao impacto anterior da TI com acesso à Internet (Porter & Heppelmann, 2014).

Dessa forma, foram desenvolvidas várias tecnologias que viabilizam a implementação da IoT em diversos setores de negócios, trazendo áreas como vestuário e acessórios (*smart wearables*), automação residencial (*smart home*), cidades (*smart city*), indústria (Indústria 4.0), energia (energia inteligente) e saúde (saúde inteligente), entre outros (Molling & Klein, 2022).

### 2.2.3 Computação em nuvem

A era dos sistemas de produção orientados por dados trouxe um aumento na quantidade de dados gerados, enfatizando a necessidade de gerenciamento e armazenamento eficazes (Sarı, Güleş & Yiğitol, 2020). As soluções de armazenamento em nuvem emergem como alternativas superiores aos métodos tradicionais, fornecendo vasto espaço para armazenar dados de diversas fontes em ambientes mais compactos (Sarı, Güleş & Yiğitol, 2020). Neste contexto, a computação em nuvem é amplamente utilizada para gerenciar eficientemente grandes volumes de dados, oferecendo vantagens como velocidade, flexibilidade e eficiência (Bettoli et al., 2021).

Essa abordagem se harmoniza com sistemas, como o Planejamento de Recursos Empresariais (*Enterprise Resource Planning – ERP*) e análise de *big data*, melhorando a comunicação em tempo real entre áreas de negócios e parceiros externos, além de diversificar a aplicação de dados em múltiplos setores (Bettoli et al., 2021). A computação em nuvem oferece um modelo de acesso fácil e *on-demand* a um conjunto compartilhado de recursos computacionais, possibilitando a colaboração entre empresas para criar plataformas digitais que conectam fornecedores, indústrias e clientes (Dixit & Verma, 2022). Essa abordagem não apenas personaliza a oferta de produtos, mas também melhora o rastreamento e monitoramento de transportes, além de desenvolver melhores canais de comunicação (Dixit & Verma, 2022).

Segundo Dixit e Verma (2022), o gerenciamento de inventário e os processos relacionados têm sofrido transformações, melhorando o processamento de ordens, recebimentos, envios e a gestão de demandas e estoques. No contexto industrial, a análise e organização de vastos conjuntos de dados tornam-se viáveis com o auxílio da computação em nuvem e do *big data* (Botha, 2019).

Enquanto o *big data* oferece um pilar para as TDs ao lado da AI e da computação em nuvem, esta última trabalha em conjunto com o *big data* para enfrentar os desafios associados à manipulação de conjuntos de dados extensos, especialmente em setores de pequena e média escala (Botha, 2019). Assim, a combinação de computação em nuvem e *big data* se torna uma ferramenta para que os setores industriais superem desafios relacionados ao processamento de dados (Botha, 2019).

#### 2.2.4 Big Data e Analytics

Tanto no meio acadêmico quanto no setor industrial, o *big data* é um assunto importante, devido à sua capacidade de integrar e analisar informações de diversas fontes (Kumar et al., 2023). Diversas metodologias relacionadas ao *big data*, como a fusão de dados, mineração de dados, análise de redes sociais, AI e aprendizado de máquina, estão sendo aplicadas (Demir, Döven & Sezen, 2019). Desafios como o gerenciamento de grandes volumes de dados podem ser mitigados por meio da colaboração entre *data centers* e sistemas inteligentes, permitindo a análise de dados em tempo real (Kumar et al., 2023). Conjuntos de dados de grande magnitude englobam informações extensas, complexas, variadas e mistas oriundas de múltiplas origens, tais como cliques na internet, dispositivos sensoriais e plataformas de compartilhamento de vídeo (Sarı, Güleş & Yiğitol, 2020).

O *Big data* e o *Analytics* representam o conjunto de tecnologias, ferramentas e métodos destinados à coleta, armazenamento e análise de vastas quantidades de dados oriundos de produtos e sistemas inteligentes, bem como de indivíduos interconectados no enquadramento empresarial e externo (Bettoli et al., 2021). Essas tecnologias podem auxiliar as empresas a aperfeiçoarem seus processos produtivos e a qualidade e personalização de produtos, aproveitando os *insights* obtidos das análises para melhorar a tomada de decisões e torná-la mais eficiente (Bettoli et al., 2021). Assim, as práticas de *big data* são capazes de oferecer suporte para aprimorar a capacidade de previsão (Kumar et al., 2023).

Essa prática tem se estabelecido como uma habilidade empresarial para extrair valor substancial de volumes crescentes de dados e alcançar uma posição competitiva no mercado (Chen et al., 2017). As organizações estão empenhadas em aplicar análise de dados em suas operações logísticas e de cadeia de suprimentos para incrementar visibilidade, adaptabilidade e integração com atores chaves da indústria, parceiros e a rede global de fornecimento (Dixit & Verma, 2022).

A análise de dados possibilita que as empresas identifiquem tendências na definição de necessidades dos consumidores, resolução de reclamações e gestão de retornos de produtos, entre outros aspectos (Dixit & Verma, 2022). Especialistas em *big data* utilizam análises preditivas e modelos analíticos para antecipar tendências de marketing e produção, decidindo sobre localização, quantidade e dimensão das instalações, a distribuição de demanda por essas instalações e a gestão de operações (Dixit & Verma, 2022). O *big data* tem se mostrado

extremamente eficaz em simplificar processos intrincados, como mapeamento de rotas e programações em logística e transporte (Dixit & Verma, 2022).

#### 2.2.5 Inteligência Artificial

A Inteligência Artificial (*Artificial Intelligence – AI*) e as máquinas inteligentes não representam conceitos novos ou isolados, mas sim a integração de capacidades de percepção, compreensão e ação em dispositivos tecnológicos (Botha, 2019). Esses fundamentos não surgiram de uma hora para outra, mas foram construídos progressivamente ao longo dos anos. O aspecto distintivo da AI reside em sua habilidade tríplice – detectar, entender e agir – apoiada pela capacidade de aprender com experiências passadas e adaptar-se com o tempo (Botha, 2019).

O conceito de "inteligência artificial" foi cunhado em 1956, embora suas origens remetam ao questionamento pioneiro de Alan Turing em 1950, "As máquinas podem pensar?" (Botha, 2019). De acordo com Carbonell et al. (2016), o propósito da AI é replicar o comportamento humano, uma ideia que permeia antigas mitologias e tradições religiosas. A AI é vista como uma vertente da ciência cognitiva, focada em aprimorar a tomada de decisões e incorporando pesquisas em variados campos como processamento de imagem, linguagem natural, robótica e aprendizado de máquina (Laskurain-Iturbe et al., 2021; Laskurain-Iturbe et al., 2023).

A AI refere-se a tecnologias autônomas desenvolvidas para executar tarefas que tradicionalmente requerem intervenção humana (Bettoli et al., 2021). É definida como a capacidade de um sistema de processar adequadamente informações externas, adquirir conhecimento desses dados e utilizar esse aprendizado para executar atividades específicas e atingir metas por meio de ajustes adaptativos (Bettoli et al., 2021).

A AI tem um impacto no processo decisório empresarial, trazendo benefícios em várias áreas, desde a melhoria da eficiência e qualidade dos processos de produção (Lee et al., 2018) até a otimização do marketing para aprimorar a experiência e personalização do cliente (Bettoli et al., 2021). Diferentemente da inteligência natural inerente aos seres humanos, a AI replica esta forma de inteligência por meio do uso de computadores para interpretar, aprender e aplicar conhecimentos a partir de dados externos, realizando análises descritivas, preditivas ou prescritivas (Tang & Veelenturf, 2019).

## 2.2.6 Simulações e Gêmeo Digital

A simulação refere-se à reprodução aproximada das operações de um processo ou sistema ao longo do tempo (Dixit & Verma, 2022). Tais técnicas são amplamente empregadas nas operações industriais para criar uma réplica virtual do ambiente físico, que incorpora máquinas, produtos e seres humanos, facilitando assim a redução do tempo necessário para configurações de máquinas e a melhoria da qualidade dos processos (Bagheri et al., 2015). Ferramentas de simulação são também utilizadas para auxiliar na tomada de decisões estratégicas sob condições de incerteza, especialmente na gestão da cadeia de suprimentos, incluindo a otimização do espaço, o *design* do *layout* de armazéns, e o planejamento da disposição dos produtos (Dixit & Verma, 2022).

Em termos de produção, as simulações permitem que os processos fabris sejam replicados em um ambiente virtual com a ajuda de tecnologias de simulação (Sarı, Güleş & Yiğitol, 2020). Isso possibilita a execução de melhorias de qualidade por meio de práticas como testes, configurações e instalações em um cenário virtual, contribuindo para redução de custos ao minimizar os tempos necessários para configuração e manutenção (Sarı, Güleş & Yiğitol, 2020).

Os Gêmeos Digitais (GD) têm o potencial de promover a interoperabilidade e a automação em aplicações de computação, domínios, indústrias e mercados verticais, em vez de apenas modelagem e simulação de engenharia (Piroumian, 2023). A utilização do GD facilita a documentação e acompanhamento dos avanços nos ciclos de *design* até a concretização prática (Brill, Schnugg & Stary, 2022). O GD é definido como a prática de criar uma réplica digital de um objeto físico ou sistema, uma técnica que pode ser amplamente aplicada na construção de edifícios e em processos de manufatura com o apoio da tecnologia (Mourtzis et al., 2022).

Com o auxílio da tecnologia o GD, a identificação e resolução de problemas técnicos podem ser aceleradas, permitindo que as correções sejam implementadas de maneira mais rápida e eficiente (Kumar et al., 2023). Um fator para a eficiência operacional é a manutenção preditiva, viabilizada pela tecnologia que apoia o GD (Kumar et al., 2023). Além de que, o GD pode melhorar a experiência virtual dos clientes com os produtos, aumentando assim sua satisfação (Kumar et al., 2023).

## 2.2.7 Cibersegurança

Em um ambiente de alta conectividade, é preciso assegurar comunicações seguras entre sistemas a fim de evitar a perda de dados, bem como modificações não autorizadas nos procedimentos de produção, falhas na qualidade dos produtos ou paralisações totais provocadas por ataques cibernéticos (Laskurain-Iturbe et al., 2021). As soluções de cibersegurança envolvem estratégias tecnológicas projetadas para proteger o fluxo de dados e informações que se deslocam através de redes empresariais interconectadas (Bettoli et al., 2021). A adoção crescente de tecnologias vinculadas aumenta a exposição dos sistemas de produção inteligente a ameaças cibernéticas (Bettoli et al., 2021).

A cibersegurança emerge como uma das questões mais críticas associadas à digitalização (Sarı, Güleş & Yiğitol, 2020). Além dos desafios convencionais de segurança e privacidade, os usuários destas tecnologias enfrentam problemas específicos relacionados ao ambiente digital, incluindo a necessidade acentuada de segurança na comunicação entre máquinas, particularmente em sistemas industriais (Sarı, Güleş & Yiğitol, 2020). Assim, a manutenção de sistemas seguros e confiáveis possui relevância para a continuidade e sustentabilidade dentro da I4.0 (Sarı, Güleş & Yiğitol, 2020).

Muitos pesquisadores apontam a cibersegurança e a proteção de dados como obstáculos críticos à adoção de novas tecnologias (Ndou, Madonsela & Twala, 2020). As violações de segurança limitam a confiança e a confidencialidade no uso de TD (Ndou, Madonsela & Twala, 2020). Essas falhas de segurança possibilitam a falsificação de informações e o acesso indevido a dados sensíveis, comprometendo a integridade das organizações industriais (Ndou, Madonsela & Twala, 2020). A proteção da privacidade e da segurança de dados na era da I4.0 é um dos maiores desafios enfrentados na 4IR, onde a tecnologia desempenha um papel central (Manda & Dhaou, 2019).

O incremento na troca de informações aumenta o risco de exposição e uso indevido desses dados, podendo prejudicar a reputação das empresas (Ndou, Madonsela & Twala, 2020). De acordo com Ndou, Madonsela e Twala (2020), é fundamental verificar a origem da informação e garantir que a privacidade seja preservada. Os departamentos de segurança de TI são desafiados a desenvolver sistemas inovadores para proteger os dados sensíveis contra ameaças como espionagem, fraude, *hackers*, vírus e ataques terroristas (Waibel et al., 2017). Assim, torna-se imprescindível criar mecanismos de defesa e prevenção de riscos, visando

proteger os sistemas de produção de acessos não autorizados (Ndou, Madonsela & Twala, 2020).

#### 2.2.8 Realidade virtual e aumentada

A Realidade Virtual e Aumentada (*Virtual and Augmented Reality - VAR*) possibilita a replicação de cenários reais para capacitação de colaboradores, proporcionando um ambiente seguro para treino e adaptação aos procedimentos, além de melhorar a competência em decisões críticas, minimizando dessa forma a exposição a perigos (Laskurain-Iturbe et al., 2023). O VAR proporciona um ambiente para a reprodução de cenários reais visando o treinamento eficaz dos trabalhadores, a prevenção de riscos, a otimização do processo decisório e o manejo adequado dos procedimentos operacionais (Laskurain-Iturbe et al., 2021). Adicionalmente, o VAR possibilita a criação de uma realidade ampliada, na qual visões reais são complementadas por elementos visuais computadorizados, melhorando a percepção e a interação com o ambiente físico (Laskurain-Iturbe et al., 2021).

Movido pelas tecnologias de informação e comunicação (*Information and Communication Technologies - ICT*) as fábricas atuais devem se adaptar à evolução constante dos *softwares* de realidade virtual (Kolberg & Zühlke, 2015). A manufatura digital é uma expressão da realidade virtual no setor industrial, que abrange uma gama diversificada de tecnologias destinadas a apoiar todo o ciclo de produção, desde o projeto inicial até a finalização do produto, assegurando a monitorização e aperfeiçoamento dos procedimentos produtivos (Caputo et al., 2018; Cortes et al., 2019).

A Realidade Aumentada (*Augmented Reality - AR*) é caracterizada como uma técnica de computação visual onde componentes virtuais são sobrepostos a imagens verdadeiras do ambiente externo, ampliando a percepção do usuário com dados extras acerca de objetos do mundo real (Sarı, Güleş & Yiğitöl, 2020). Esta tecnologia facilita atividades cotidianas ao prover detalhes suplementares sobre os objetos que nos cercam (Sarı, Güleş & Yiğitöl, 2020). A AR representa um conjunto de tecnologias e ferramentas projetadas para criar ambientes mistos de objetos reais e digitais, visando aprimorar os fluxos de trabalho na fabricação (Bettoli et al., 2021).

Isso inclui melhorias em *design*, prototipagem e desenvolvimento de produtos, redução de custos operacionais, fornecimento de informações em tempo real e oferta de

treinamento interativo (Bettoli et al., 2021). A AR amplia as capacidades humanas ao permitir a reprodução e reutilização de informações e conhecimentos digitais, apoiando as operações (Bettoli et al., 2021). Especificamente, a AR é vista como uma tecnologia apropriada no desenvolvimento de sistemas de produção avançados, facilitando a transição de uma manufatura padronizada para a personalização em larga escala (Bettoli et al., 2021).

### 2.2.9 Manufatura Aditiva

A Manufatura Aditiva engloba métodos de fabricação que adicionam material para criar componentes inovadores, utilizando um processo controlado por computador conhecido como impressão 3D (Sarı, Güleş & Yiğitol, 2020; Bettoli et al., 2021; Laskurain-Iturbe et al., 2021). Esta técnica permite a produção direta de itens a partir de modelos digitais, sem necessidade de processos intermediários, facilitando a criação de produtos com *designs* complicados por meio da acumulação de camadas de materiais variados, como plástico, metal e cerâmica (Laskurain-Iturbe et al., 2021; Bettoli et al., 2021; Sarı, Güleş & Yiğitol, 2020).

A manufatura aditiva otimiza o *design*, a prototipagem e a personalização de produtos, permitindo o desenvolvimento de itens personalizados como protótipos, aparelhos auditivos e próteses, de maneira mais eficiente e econômica (Tang & Veelenturf, 2019; Bettoli et al., 2021). Além disso, tem se mostrado valiosa na produção de peças sobressalentes, melhorando a logística e reduzindo os tempos de entrega e custos associados, o que, por sua vez, amplia a oferta de produtos e a competitividade no mercado (Tang & Veelenturf, 2019; Sarı, Güleş & Yiğitol, 2020).

Do ponto de vista estratégico, a adoção da manufatura aditiva por empresas promove uma maior diversificação de produtos, enfrentando desafios de mercado com inovação e adaptabilidade (Tang & Veelenturf, 2019). Modelos de negócios que produzem impressoras 3D capazes de se replicar, exemplificam o potencial disruptivo dessa tecnologia, balanceando a produção e as vendas para atender às demandas do mercado moderno (Tang & Veelenturf, 2019). A discussão sobre a manufatura aditiva se estende a questões de pesquisa relacionadas à terceirização e ao impacto estratégico no desenvolvimento industrial, conforme discutido por diversos autores, refletindo sua importância crescente na era digital (Tang & Veelenturf, 2019; Sarı, Güleş & Yiğitol, 2020; Bettoli et al., 2021; Laskurain-Iturbe et al., 2021).

## 2.2.10 Robótica avançada

A inovação em robótica implica na combinação e flexibilidade dos sistemas de produção, incorporando desde equipamentos automatizados e robôs autônomos até máquinas colaborativas (Bettoli et al., 2021). Esses sistemas incorporam o uso de robôs interconectados com diversas TD, como sensores, AI, aprendizado de máquina, IoT, computação em nuvem, análise de grandes volumes de dados (*big data*) e impressão 3D (Bettoli et al., 2021). Essas inovações tecnológicas são predominantemente aplicadas nos processos produtivos devido ao seu impacto na eficiência, produtividade e geração de empregos (Bettoli et al., 2021).

Os robôs estão assumindo um papel crescente no dia a dia, impactando esferas sociais e profissionais ao executarem uma ampla gama de atividades em lares e locais de trabalho (Leenes et al., 2017). Eles também estão envolvidos na operação de veículos autônomos e no aprimoramento dos sistemas de transporte coletivo (Leenes et al., 2017). Contudo, à medida que o campo da robótica se expandiu e se entrelaçou com outras tecnologias, torna-se cada vez mais desafiador estabelecer uma definição amplamente aceita para o termo "robô" (Leenes et al., 2017).

O termo “*robot*” foi inventado pelo romancista Karel Capek, em 1921 e mais tarde foi popularizado por Isaak Asimov. Termo que significa trabalhar forçado ou trabalho que as pessoas não gostam de realizar (Burgard et al., 1999). O primeiro robô industrial foi o Unimates, desenvolvido no início da década de 60 por George Devol e Engelberger. A patente pertence à Devol, mas Engelberger se pronunciou antes no mercado e ficou conhecido como “pai da robótica” (Islam & Rahman, 2013). Ainda segundo os autores, neste período os robôs não possuíam viabilidade econômica, situação que acabou sendo alterada na década 80.

O progresso na área da robótica resultou na criação de robôs inteligentes, também conhecidos como "*smart robots*" (Westerlund, 2020). Ainda segundo o autor, esses são sistemas autônomos de AI que podem colaborar com seres humanos, aprendendo com seu ambiente operacional, experiências e *feedback* do comportamento humano na interação humano-máquina (*Human-Machine Interaction - HMI*), conforme Figura 1. Essa capacidade de aprendizado visa aprimorar continuamente o desempenho e as capacidades desses robôs inteligentes (Westerlund, 2020).



Figura 1 – Robô inteligente Optimo Dex.

Fonte: Retirado de <https://www.startengine.com/offering/roboligent>.

Enquanto os robôs humanoides podem apresentar apenas características humanas estilizadas, eles possuem uma aparência e comportamento mais próximos de um ser humano real, pelo menos em termos técnicos (Belanche et al., 2020). Segundo Westerlund (2020), a aparência dos robôs é menos importante do que a facilidade de comunicação, o treinamento para realizar tarefas específicas e a eficácia na resolução de atividades. Dessa forma, o *design* e a usabilidade são fatores na decisão de que tipos de robôs inteligentes desejamos ter em nossas residências ou ambientes de trabalho (Torresen, 2018).

Há diversas formas de classificar robôs, diferentes tipologias conceituais que consideram a função e o domínio de aplicação do robô, o nível de antropomorfismo, a finalidade ou tarefa de sua operação, sua capacidade de adaptação ao ambiente, e o grau de cognição e recursos afetivos do robô (Westerlund, 2020). Leenes et al. (2017) defendem a ideia de que os robôs podem ser classificados com base em sua autonomia, função, ambiente de operação e interações com a HMI. Neste contexto, os países emergentes têm demonstrado resistência na adoção de tecnologias inteligentes, o que constitui uma grande barreira no movimento em direção à evolução universal em direção à I4.0 (Sharma & Chaturvedi, 2021).

Robôs, como ferramentas de automação, estão se infiltrando em todas as facetas da sociedade ao serem integrados à AI e IoT, transformando cada aspecto de nossa rotina diária (Wang, Zhou & Chiao, 2023). A implementação da I4.0 favorece os efeitos dos robôs industriais na inovação tecnológica (Lee, Qin & Li, 2022). A inovação impulsionada por robôs e tecnologias robóticas parecem inacessíveis inicialmente, mas suas origens são complexas e muitas vezes negligenciam as contribuições não convencionais (Wang, Zhou & Chiao, 2023). Dessa forma, Martin et al. (2022), enfatizam a necessidade de adotar a robótica no setor de manufatura, visando a flexibilidade e a otimização dos processos de produção.

### 2.2.11 Indústria 4.0 e um resumo dos conceitos

A partir da Tabela 2, destaca-se um resumo dos conceitos-chave da Indústria 4.0 e Inovação. Esse panorama compreende desde a integração de sistemas, automação e robótica avançada, até a importância do *big data*, computação em nuvem e manufatura aditiva.

**Tabela 2 – Resumos dos conceitos da Indústria 4.0.**

Conceito	Definição	Autores
Indústria 4.0	A Indústria 4.0, revoluciona a produção ao integrar tecnologias de informação e comunicação, promovendo a integração horizontal no gerenciamento de produção. Este avanço inclui a fusão de Sistemas Ciber-Físicos (CPS) e a implementação de diversos pilares tecnológicos, como big data, IoT e robótica autônoma, para supervisionar processos de fabricação via Internet.	Shi et al. (2020); Kanski & Pizon (2023); Kumar et al. (2021); Rane et al. (2021)
Inovação	Nos últimos anos, a inovação, impulsionada pela tecnologia de automação à Quarta Revolução Industrial (4IR), tem visto um crescimento no avanço rápido da Inteligência Artificial e da robótica. À medida que os mercados globais evoluem rapidamente, a inovação tornou-se importante, não apenas para as empresas multinacionais, mas também para os novos participantes no mercado.	Wang, Zhou e Chiao (2023); Li et al. (2021)
Integração de Sistemas	Dentro da esfera da Indústria 4.0, a integração de sistemas engloba a integração horizontal - promovendo a cooperação interna entre diferentes empresas, departamentos e funções - e a integração vertical, que estabelece conexões entre uma empresa, seus fornecedores e clientes. Isso resulta em redes de produção mais adaptáveis e flexíveis.	Sarı, Güleş e Yiğitol (2020)
Sistemas Ciber-Físicos	Os Sistemas Ciber-Físicos (CPS) são a mescla do físico e o digital por meio de sistemas de engenharia, computação e comunicação. Isso inclui tecnologias variadas, de prateleiras inteligentes a vestuário conectado, melhorando a eficiência em diferentes pontos da produção e logística.	Dixit e Verma (2022)
Internet das Coisas	A Internet das Coisas (IoT) é uma rede que liga diversos dispositivos, objetos físicos e indivíduos em escala global, facilitando o desenvolvimento de novos produtos, serviços e modelos de negócios através da fusão do mundo físico com o digital.	Molling e Klein (2022)
Computação em nuvem	As soluções de armazenamento em nuvem superam os métodos tradicionais ao oferecer espaço amplo para dados de várias origens em ambientes compactos. A computação em nuvem maneja eficazmente grandes volumes de dados, destacando-se por sua velocidade, flexibilidade e eficiência.	Sarı, Güleş e Yiğitol (2020); Bettoli et al. (2021)
Big Data e Analytics	<i>Big Data</i> e <i>Analytics</i> englobam as tecnologias, ferramentas e abordagens usadas para coletar, armazenar e analisar enormes volumes de dados provenientes de produtos e sistemas inteligentes, além de pessoas interconectadas, tanto dentro quanto fora do ambiente empresarial.	Bettoli et al. (2021)
Inteligência Artificial	A Inteligência Artificial é considerada um ramo da ciência cognitiva, dedicada a melhorar processos decisórios e inclui investigações em áreas diversas, tais como processamento de imagens, linguagem natural, robótica e aprendizado de máquina.	Laskurain-Iturbe et al. (2021); Laskurain-Iturbe et al. (2023)

Simulações	A simulação é o uso de modelos para replicar processos ou sistemas no tempo, permitindo às indústrias criarem ambientes virtuais de máquinas, produtos e pessoas, reduzindo o tempo de configuração e aprimorando a qualidade dos processos.	Dixit e Verma (2022); Bagheri et al. (2015)
Gêmeo Digital	Os Gêmeos Digitais oferecem a possibilidade de avançar a interoperabilidade e a automação além da mera modelagem e simulação de engenharia, impactando aplicações computacionais, domínios variados, indústrias e mercados verticais.	Piroumian (2023)
Cibersegurança	A cibersegurança se destaca como um desafio crítico, enfrentando problemas únicos de segurança e privacidade, especialmente na segurança da comunicação entre máquinas em sistemas industriais.	Sarı, Güleş e Yiğitol (2020)
Realidade virtual e aumentada	A Realidade Virtual e Aumentada (VAR) permite simular cenários reais para treinamento de funcionários, oferecendo um ambiente seguro para prática e familiarização com procedimentos, além de aprimorar habilidades em tomada de decisões críticas, reduzindo assim a exposição a riscos.	Laskurain-Iturbe et al. (2023)
Manufatura aditiva	A Manufatura Aditiva, por meio da impressão 3D controlada por computador, permite criar componentes complexos e duráveis diretamente de modelos digitais, eliminando etapas intermediárias e facilitando a produção de designs complicados com diversos materiais.	Laskurain-Iturbe et al. (2021); Bettoli et al. (2021); Sarı, Güleş e Yiğitol (2020)
Robótica avançada	A robótica moderna e inovadora compreende desde máquinas automatizadas e autônomas até robôs colaborativos, integrando sistemas de produção modulares. Esses sistemas fazem uso de robôs interligados a tecnologias digitais avançadas, incluindo sensores, inteligência artificial, aprendizado de máquina, Internet das Coisas, computação em nuvem, análise de big data e impressão 3D.	Bettoli et al. (2021)

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 2.3 ADOÇÃO DA ROBÓTICA NA MANUFATURA

A avaliação do impacto da adoção da robótica industrial nos negócios é cada vez mais proeminente no atual cenário de DT (Ballestar et al., 2021). Diante da acirrada concorrência global, altos custos laborais e incertezas de mercado, a indústria manufatureira busca acelerar a inovação, reduzir ciclos de vida dos produtos e ampliar sua diversidade, recorrendo à robotização para elevar produtividade, precisão e flexibilidade (Luo & Qiao, 2023). Empresas inovadoras adotam estratégias proativas, incluindo lançamento de produtos novos, aprimoramento da qualidade, expansão da capacidade e investimentos em processos inovadores, liderando em adoção tecnológica e processual (Ballestar et al., 2021).

Dada a crescente demanda dos clientes, as empresas manufatureiras estão adotando sistemas robóticos devido à sua eficiência, qualidade e capacidade de operar por períodos prolongados (Zheng et al., 2023). Neste contexto, dentro do cenário competitivo moderno, as empresas recorrem frequentemente ao uso de robôs para a realização de várias funções, pois

estes oferecem vantagens econômicas e desempenham atividades programadas com maior precisão e rapidez em comparação aos seres humanos (Komal, 2020).

Os robôs industriais são cada vez mais usados para executar tarefas normalmente atribuídas a humanos (Jia, Yang & Zhang, 2023). Originalmente concebidos como ferramentas de automação para aliviar os trabalhadores de funções árduas, perigosas e desgastantes, os robôs evoluíram para se tornarem pilares nos processos de produção (Wang, Zhou & Chiao, 2023). Segundo os autores, os robôs possibilitam às empresas adotarem uma produção mais limpa, diminuindo os impactos negativos sobre seres humanos e o meio ambiente, reduzindo o consumo de energia e materiais, e tornando o processo produtivo mais eficiente. Os sistemas de fabricação robótica evidenciaram ser uma solução eficaz para as indústrias manufatureiras modernas lidarem diante do crescimento das exigências dos consumidores e da competição do mercado (Zheng et al., 2023).

Os robôs industriais são um pilar importante para a digitalização e para a revolução inteligente, tornando os impactos econômicos e sociais decorrentes do uso desses robôs tópicos populares na área (Lee, Qin & Li, 2022). A gestão reconhece que a evolução tecnológica difere entre as organizações, sendo a adoção e implementação de novas tecnologias influenciadas pela capacidade das empresas de capitalizar oportunidades de valor tecnológico por meio de mudanças organizacionais (Anzolin & Andreoni, 2023). Neste contexto, os robôs podem realizar tarefas que incluem soldagem, pintura, montagem, manuseio e empacotamento com maior velocidade e precisão, operando em ambientes de produção de alta intensidade que são perigosos ou tóxicos para os seres humanos (Luo & Qiao, 2023).

Adotando uma abordagem de *design* personalizado, o envolvimento dos usuários na fase inicial de definição arquitetônica pode conectar suas necessidades com o projeto detalhado, minimizando iterações devido a discrepâncias entre o *design* e as expectativas do usuário (Zheng et al., 2023). Conforme o princípio da engenharia de sistemas, o conceito de *design* de configuração estabelece um processo de projeto que integra um conjunto de componentes pré-definidos, os quais possuem formas específicas de conexão (Mittal & Frayman, 1989; Zheng et al., 2023). Dentro deste paradigma, diferentes abordagens de projetos para sistemas robóticos de fabricação foram sugeridas (Mittal & Frayman, 1989; Zheng et al., 2023). O co-projeto e a co-criação conjunta de sistemas robóticos, juntamente com o desenvolvimento de soluções automatizadas para o setor industrial, tem experimentado um crescimento acelerado nos esforços de desenvolvimento nos últimos anos (El Souri & Gao, 2022).

Fernandes e O’Sullivan (2021) demonstraram que muitos programas e projetos relacionados não alcançam seus benefícios potenciais principalmente porque não estão alinhados com a estratégia organizacional. Reconhecendo os benefícios da inovação, identifica-se a liderança visionária, assim como as pessoas, estruturas e valores, como elementos que influenciam a capacidade de uma organização em aproveitá-los (Ashurst et al., 2012). Em projetos robóticos colaborativos e industriais, a investigação e desenvolvimento, somados à implementação de soluções técnicas, têm trazido ganhos expressivos, oferecendo a empresas de variados portes justificativas de custo e benefícios e uma compreensão aprimorada dos requisitos técnicos para sua adoção na manufatura (El Souri & Gao, 2022).

### 2.3.1 Robôs industriais

A definição de robô utilizada no padrão internacional ISO 8373 “*Vocabulary*”, e também utilizada pela IFR (*International Federation Robotics*) seria: “um mecanismo acionável programado com um grau de autonomia para realizar locomoção, manipulação ou posicionamento”. Ainda segundo a IFR um robô industrial é definido como “manipulador multifuncional, reprogramável e controlado automaticamente, programável em três ou mais eixos, que pode ser fixo no local ou fixado a uma plataforma móvel para uso em aplicações de automação em um ambiente industrial. Segundo Tao et al. (2023) robôs industriais são um sistema mecânico programável com certo grau de autonomia, capaz de interagir com seu ambiente e realizar tarefas previamente definidas. Embora os robôs industriais sejam considerados robôs, eles se destacam principalmente por fornecer serviços repetitivos, em grande escala e padronizados, conforme Figura 2.



Figura 2 – Robô industrial com seis articulações.

Fonte: Retirado de <https://automation.omron.com/pt/br/products/family/Viper>.

A introdução e o uso crescente de robôs industriais, resultando em diversas formas de integração na manufatura, são identificados como robotização (Anzolin & Andreoni, 2023). A pesquisa acadêmica sobre a utilização de robôs tem se concentrado majoritariamente nos aspectos de substituição humana e nos consequentes efeitos de deslocamento de empregos, deixando de lado outros fatores, sendo os robôs considerados instrumento central na 4IR (Anzolin, Andreoni & Zanfei, 2022).

Observa-se uma menor ênfase nos chamados "fatores determinantes no ambiente de produção" que motivam a adoção de robôs industriais – ou, de forma mais ampla, a adesão a Tecnologias Digitais (TD) de manufatura – e nas possíveis variações na aplicação dessas tecnologias com a integração organizacional (Anzolin & Andreoni, 2023). De fato, muitas análises têm se deslocado do exame da robotização direto nas linhas de produção para dar maior enfoque às estratégias de manufatura inteligente (Anzolin & Andreoni, 2023).

A utilização de robôs industriais está se expandindo para realizar atividades antes reservadas para operários (Jia, Yang & Zhang, 2023). Os progressos na robótica industrial durante os anos 1990 e 2000 resultaram em avanços, permitindo que os robôs desempenhassem uma variedade mais ampla de operações de manufatura antes executadas por pessoas (Jia, Yang & Zhang, 2023). No entanto, embora projetados para operar separadamente dos humanos, frequentemente os robôs industriais carecem da percepção sensorial para identificar a presença de seres humanos nas proximidades (Gihlebet al., 2020).

A introdução de robôs industriais e de AI estão transformando radicalmente o papel dos trabalhadores nos processos de fabricação, provocando debates intensos sobre seus impactos nos mercados de trabalho (Gihlebet al., 2020). Os robôs industriais são comumente aplicados em tarefas de alta intensidade física, que são associadas a problemas de saúde e a um aumento no risco de acidentes de trabalho (Gihlebet al., 2020).

Numerosas empresas estão adotando a robótica para aprimorar suas chances de sucesso no mercado competitivo, especialmente exportadores que enfrentam mais concorrência do que seus equivalentes locais (Zhang, Zhang & Wu, 2023). Essa estratégia não só potencializa o investimento em produtividade como também promove um maior valor agregado interno, estabelecendo-as na vanguarda da implementação de robôs nos processos de manufatura (Zhang, Zhang & Wu, 2023).

Os benefícios esperados da adoção da robótica industrial pelas empresas incluem um aumento na produtividade, no desempenho dos negócios e na eficiência operacional, destacando-se como vantagem competitiva (Ballestar et al., 2021). Isso é evidenciado por um índice de produtividade por empregado maior em empresas que adotam robôs, em comparação às não robóticas, além de reduzir custos operacionais e ajustar mais facilmente a mão de obra conforme variações nas vendas (Ballestar et al., 2021; Jia, Yang & Zhang, 2023).

Há também uma tendência a remodelação, realocando a produção de volta ao país de origem, aumentando a probabilidade de entrar em mercados de exportação e melhorando o desempenho de exportação (Jia, Yang & Zhang, 2023; Zhang, Zhang & Wu, 2023). Grandes empresas se beneficiam mais devido às economias de escala, enquanto a adoção de robôs reduz as lesões relacionadas ao trabalho, aumentando a segurança e saúde dos empregados (Zhang, Zhang & Wu, 2023, Gihlebet al., 2020). Em estágios avançados de adoção, há expectativa de aumento na inovação de produtos, qualidade e capacidade de diferenciação no mercado, levando a margens de lucro mais altas (Chen, Velu & McFarlane, 2023).

### 2.3.2 Robôs colaborativos

Os Robôs Colaborativos (*Collaborative Robots – cobots*) foram introduzidos pela primeira vez em 1996 por Michael Peshking e Edward Colgate, da Northwestern University (Sarı, Güleş & Yiğitol, 2020). Caracterizados por sua capacidade de trabalhar em conjunto com humanos em ambientes industriais, os cobots são dotados de sensores avançados que lhes permitem reagir rapidamente a imprevistos e impactos (Sarı, Güleş & Yiğitol, 2020). Essa nova classe de robôs, que ganhou destaque no mercado na última década, se diferencia dos robôs industriais tradicionais pela sua flexibilidade, menor tamanho e capacidade de compartilhar o mesmo espaço de trabalho com os operadores humanos, conforme ilustrado na Figura 3 (Ng, 2022).



Figura 3 – Robô Colaborativo (cobot).

Fonte: Retirado de <https://automation.omron.com/pt/br/products/families/collaborative-robots>

Os cobots são a vanguarda da automação centrada no ser humano, pertencendo às tendências contemporâneas de automação (Sarı, Güleş & Yiğitol, 2020). Essa tecnologia, impulsionada pelos avanços em AI, é projetada para a colaboração direta entre máquinas e humanos, impactando a eficiência e habilidades humanas (Sarı, Güleş & Yiğitol, 2020). Diferentemente dos robôs industriais convencionais, que necessitam de separações físicas, os cobots operam lado a lado com os humanos no mesmo espaço de trabalho, proporcionando uma maior adaptabilidade e eficiência no uso do espaço (Ng, 2022).

Ao contrário dos sistemas robóticos convencionais, que necessitam de vastos espaços segregados, os cobots são projetados para ambientes de trabalho compartilhados, promovendo uma colaboração lado a lado que auxilia no alcance de objetivos profissionais (Verma & Singh, 2022). Ademais, eles são particularmente valiosos para tarefas repetitivas e extenuantes, liberando trabalhadores humanos para se dedicarem a atividades mais criativas e de maior valor (Verma & Singh, 2022).

Os cobots são facilmente instaláveis, programáveis e reprogramáveis, adaptáveis a diversas tarefas. Essa flexibilidade na produção moderna, desloca da produção em massa para a personalizada, enfrentando desafios de variabilidade, ciclos de vida reduzidos e lotes menores (Ng, 2022). No entanto, a transição para ambientes de trabalho híbridos com cobots requer uma consideração detalhada do bem-estar e comportamento dos funcionários (Verma & Singh, 2022). A falta de entendimento dos colaboradores sobre como trabalhar eficazmente com os cobots pode impedir o valor agregado ao negócio em mercados dinâmicos (Verma & Singh, 2022).

A Colaboração Humano-Robô (*Human-Robot Collaboration – HRC*) refere-se à interação sinérgica entre humanos e robôs, que coabitam e operam em um espaço de trabalho

conjunto, conforme delineado no sistema robótico designado para esse fim (Ng, 2022). Esta abordagem é um pilar da I4.0, visando aprimorar tanto a eficiência quanto as condições de trabalho (Ng, 2022). No cerne do HRC está a fusão das habilidades únicas de humanos e robôs: enquanto os humanos trazem flexibilidade, capacidade de julgamento e habilidades sensório-motoras para planejar, reagir e improvisar, os robôs oferecem precisão, consistência e capacidade de realizar tarefas repetitivas (Verma & Singh, 2022).

Os benefícios esperados da HRC incluem aumento da flexibilidade, produtividade e eficiência em níveis táticos, operacionais e estratégicos, permitindo que colaboradores humanos se dediquem a tarefas de maior valor e criatividade, e facilitando a inovação radical por meio do desenvolvimento de novos produtos ou serviços (Verma & Singh, 2022). Adicionalmente, nota-se uma melhoria na qualidade do trabalho, ergonomia, segurança dos trabalhadores, e satisfação, juntamente com a capacidade de rápida adaptação a diferentes tarefas, resultando em melhor integração de sistemas de TI e tecnologias robóticas, além de abordar preocupações relativas a custos e treinamento (Simões, Soares & Barros, 2020; Martin et al., 2022; Verma & Singh, 2022).

Outros benefícios incluem a redução da exposição dos trabalhadores a condições perigosas, como fumos tóxicos, diminuição do estresse visual, especialmente relevante para trabalhadores mais velhos, e alívio da tensão física causada por posturas inadequadas (Schumacher et al., 2022). Além de tudo, espera-se que os cobots garantam resultados de alta qualidade de forma consistente, diminuindo a necessidade de retrabalho e facilitando tarefas específicas, como programação por especialistas em soldagem (Schumacher et al., 2022).

### 2.3.3 Robôs móveis autônomos

Para melhorar a eficiência operacional, gestores têm se focado na adoção de robótica avançada integrada ao IoT, especificamente os Robôs Móveis Autônomos (*Autonomous Mobile Robots - AMRs*), como monstrado na figura 4 (Grover & Ashraf, 2023). A definição de robô móvel utilizada no padrão internacional ISO 8373 “*Vocabulary*”, e pela IFR seria um “robô capaz de viajar sob seu próprio controle”. Além da operação autônoma, um robô móvel pode possuir recursos para ser controlado remotamente. A patente original para um AMR foi registrada em 1987, contudo, somente nos anos recentes começaram a ser utilizados de forma prática (Grover & Ashraf, 2023).



Figura 4 – Robô móvel autônomo (AMR).

Fonte: Retirado de <https://automation.omron.com/pt/br/products/family/MD>

Os AMRs se caracterizam por extenso controle autônomo, viabilizado por algoritmos avançados, sistemas de roteamento adaptáveis, comunicação sem fio, reconhecimento de padrões e, predominantemente, tecnologias de navegação visual (Čech et al., 2020). Diferenciando-se, os AMRs são definidos como robôs móveis equipados com múltiplos sensores para perceber seus arredores e adaptar-se a alterações ambientais, enquanto a definição genérica de robôs móveis inclui aqueles que possuem capacidades básicas de locomoção, controle e manipulação, permitindo-lhes executar uma ampla gama de tarefas em espaços definidos (Čech et al., 2020).

No que se refere à programação, estes dispositivos tendem a ser orientados por tarefas e regras, apresentando um grau de abstração mais elevado em comparação com a robótica tradicional (Čech et al., 2020). Respostas a problemas emergentes são elaboradas em tempo real por algoritmos adaptativos para enfrentar flutuações operacionais (Čech et al., 2020). Um AMR é capaz de avaliar seu entorno, tomar decisões informadas, e então realizar movimentos ou ações específicas baseadas nessa avaliação (Dixit & Verma, 2022).

Na indústria, os AMRs são empregados para executar operações de fabricação de forma autônoma e precisa, especialmente em ambientes restritos à presença humana. Eles conseguem cumprir tarefas de forma eficiente e inteligente, mantendo-se dentro de prazos definidos, focando em segurança, adaptabilidade, diversidade funcional e cooperação (Dixit & Verma, 2022). Esses robôs manejam eficazmente materiais como paletes e caixas em operações logísticas, incluindo o manejo de inventário desde o recebimento até o envio, promovendo uma conexão aprimorada entre transporte e processamento (Dixit & Verma, 2022).

Capazes de abordar desafios sem instruções passo a passo, os AMRs oferecem flexibilidade de navegação, criando possibilidades para a automatização de tarefas logísticas.

internas (Grover & Ashraf, 2023). Características específicas dos armazéns adicionam vários desafios (Grover & Ashraf, 2023). Devido a essas características, os AMRs são cada vez mais adotados em um espectro amplo de setores e processos de produção, variando desde bens de consumo eletrônicos até instalações de produção pesada e estaleiros (Bekishev, Pisarenko & Arkadiev, 2023).

Entre os benefícios destacados da aplicação de tecnologias avançadas, incluem-se a melhoria da eficiência energética, caracterizada por tecnologias verdes e sustentáveis e o aumento da flexibilidade em planejamento de rotas e operações (Wang, Zhou & Chiao, 2023). Observa-se também uma operação mais segura e estável, acompanhada de uma diminuição na necessidade de mão de obra devido ao alto grau de AI implementado (Wang, Zhou & Chiao, 2023). Tais avanços contribuem para uma redução significativa no tempo de transporte de materiais e uma otimização do uso do tempo pelos engenheiros, mantendo elevados os níveis de segurança (Martin et al., 2021).

Adicionalmente, destacam-se o aumento da produtividade e a redução de custos operacionais, juntamente com uma maior precisão na gestão de inventários (Grover & Ashraf, 2023). Esses avanços facilitam a gestão autônoma da intralogística, melhorando o fluxo físico de materiais nos armazéns (Grover & Ashraf, 2023). No âmbito da fabricação, os benefícios se estendem à melhoria do desempenho, e à diminuição de erros, potencializando a eficiência em processos tradicionalmente manuais e sujeitos a falhas (Yang et al., 2021).

Na produção de materiais compósitos, a robótica é reconhecida como uma inovação alinhada à I4.0, introduzindo sistemas robóticos inteligentes que melhoram a eficiência produtiva e a flexibilidade dos processos (Yang et al., 2021). Esta abordagem inovadora promove uma melhor integração dos sistemas de TI com tecnologias robóticas, ao mesmo tempo que aborda preocupações relativas a custos e necessidades de treinamento (Martin et al., 2022; Yang et al., 2021). Essa convergência de benefícios reflete o potencial de transformação no manejo de materiais e nos métodos de fabricação, posicionando a robótica avançada no centro das estratégias de otimização e inovação industrial.

#### 2.3.4 Adoção da robótica na manufatura e um resumo dos conceitos

Com base na Tabela 3, identifica-se um resumo sobre a adoção da robótica na manufatura, destacando os principais tipos de robôs utilizados. Este panorama aborda desde

robôs autônomos, colaborativos até aqueles especializados em tarefas específicas, evidenciando como a robótica aprimora a eficiência, precisão e flexibilidade na produção industrial.

**Tabela 3 – Resumos dos conceitos da Adoção da robótica na manufatura.**

Conceito	Definição	Autores
Adoção da robótica na manufatura	Devido à crescente demanda dos clientes, as empresas de manufatura estão adotando robôs pela sua eficiência, qualidade e operação contínua. No competitivo mercado atual, os robôs são preferidos por serem mais econômicos e executarem tarefas programadas com mais precisão e rapidez que os humanos.	Zheng et al. (2023); Komal (2020)
Robôs industriais	A definição de robô inclui um mecanismo programável com autonomia que executa tarefas como locomoção e manipulação. Um robô industrial, mais especificamente, é um manipulador reprogramável e multifuncional, operável em três ou mais eixos, usado em ambientes industriais. Ele pode ser estacionário ou móvel e é projetado para realizar variadas tarefas automatizadas, como movimentar materiais ou ferramentas.	IFR (2023); Tao et al. (2023)
Robôs colaborativos	Os robôs colaborativos, ou cobots, surgiram em 1996, desenvolvidos para interagir com humanos em ambientes de trabalho, diferenciando-se de robôs industriais tradicionais pela flexibilidade e segurança. Destacam-se pela habilidade de compartilhar espaços de trabalho com humanos, graças a sensores avançados. Essa inovação reflete um avanço no campo da robótica, tornando-se cada vez mais presentes na indústria.	Peshking e Colgate (1996); Sarı, Güleş e Yiğitöl (2020); Ng (2022)
Robôs móveis autônomos	A definição de robô móvel seria: um "robô capaz de viajar sob seu próprio controle". Além da operação autônoma, um robô móvel pode possuir recursos para ser controlado remotamente. A patente original para um AMR foi registrada em 1987, contudo, somente nos anos recentes começaram a ser utilizados de forma prática.	IFR (2023); Grover e Ashraf (2023)

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 2.4 GESTÃO DE PROJETOS E BENEFÍCIOS

Um projeto representa um esforço delimitado, criado com o propósito de entregar um produto ou serviço único, seguindo um cronograma e orçamento pré-determinados, com o objetivo de solucionar questões ou atender demandas sociais (Samset, 2009). Apesar do Gerenciamento de Projetos (GP) ser muito conhecido atualmente, evidências históricas como as pirâmides de Gizé e o Coliseu, evidenciam que essa prática é aplicada há muitos séculos (Marnewick & Marnewick, 2019). Ainda segundo os autores, o segundo período de GP começou no final da década de 1950, com a introdução do caminho crítico; o terceiro período ocorreu nas décadas de 1980 e 1990, com a introdução dos computadores pessoais; e o quarto período está presente até o momento, decorrente de mais tecnologias introduzidas.

O GP engloba a responsabilidade de organizar, implementar e supervisionar todas as tarefas requeridas para cumprir as metas do projeto, respeitando os limites de prazo, orçamento,

qualidade e recursos disponíveis (Turner & Müller, 2003). Surge uma tendência clara de implementação de projetos voltados para a I4.0, com um papel relevante e impactando em diferentes áreas (Farina & Fontana, 2021). Neste contexto, competências em aspectos técnicos e comportamentais apropriados para operar em ambientes de rápidas mudanças, volatilidade e elevados riscos são demandadas pelas novas tecnologias e estratégias digitais, em conjunto com as iniciativas de Transformação Digital (*Digital Transformation – DT*) (Gonçalves et al., 2023).

Segundo Gonçalves et al. (2023) nem todas as práticas e abordagens de GP são consideradas adequadas, o que torna necessário examinar os métodos existentes, com foco na DT, a fim de recomendar as contribuições e adaptá-las à diversidade de projetos que exigem diferentes práticas de gestão. No futuro, é possível que a maioria dos gestores de projetos se tornem gestores de projetos digitais, o que ressalta a importância de compreender os desafios e benefícios, assim como desenvolver competências digitais tanto para indivíduos quanto para organizações (Wu, 2021). Neste ambiente de rápidas e disruptivas mudanças, estão incluídos projetos de tecnologias habilitadoras, tais como robótica avançada, tecnologias da computação, automação e outras inovações (Vido et al., 2020).

O GP tem apresentado avanços alinhados às dimensões do triângulo de ferro - escopo, custo e tempo - embora tenha sido menos eficaz em atingir os benefícios esperados dos projetos (Zwikael, Chih & Meredith, 2018). Segundo Aubry, Boukri e Sergi (2021), o Gerenciamento da Realização de Benefícios (*Benefits Realization Management – BRM*) surgiu como uma prática popular, ainda que sua implementação e operacionalização nas empresas enfrentam desafios significativos. Aubry, Boukri e Sergi (2021) evidenciaram a complexidade na definição de benefícios, dada a variedade de interpretações do termo. Na atualidade, caracterizado por mudanças contínuas, as organizações devem adaptar-se e ser capazes de navegar nessas transformações para assegurar sua sobrevivência e crescimento (Gomes & Romão, 2018). Isso implica a adoção de estratégias que garantam uma rápida inserção no mercado global, enfatizando a flexibilidade, a confiabilidade e a inovação em produtos e serviços (Gomes & Romão, 2018).

As organizações devem iniciar projetos de transformação e adaptar-se a mudanças inevitáveis e desafiadoras para alcançar os benefícios esperados de novas iniciativas (Dupont & Eskerod, 2016). A capacidade de entregar e absorver mudanças, no entanto, nem sempre está presente, embora muitas organizações tenham um ímpeto por mudanças (Dupont & Eskerod, 2016). Assim, a inovação exerce um papel estratégico básico para muitas empresas (Ashurst et al., 2012).

Os projetos são reconhecidos como meios eficazes para gerar mudanças e novidades nas organizações (Dupont & Eskerod, 2016). A literatura de pesquisa que relata o impacto do BRM de projetos organizacionais é bastante ampla e bastante fragmentada; enquanto muitos lidaram com os problemas de pré-adoção, muitos mais estudaram os problemas durante e após a adoção do Gerenciamento de Benefícios de Projetos Organizacionais (Hamidi, 2017).

Dupont e Eskerod (2016) definem os benefícios do projeto como fluxos de valor que surgem de um projeto. Como os benefícios ocasionalmente surgem da adoção de uma nova tecnologia, a introdução de um programa de percepção de benefícios é cada vez mais visto como um importante mecanismo para gerenciar proativamente novas iniciativas (Doherty, Ashurst & Peppard, 2012). Considerando que os projetos são lançados como forma de alcançar metas estratégicas específicas, espera-se que eles auxiliem no desempenho empresarial da organização (Aubry, Boukri & Sergi, 2021). A pesquisa sobre o sucesso da aplicação da tecnologia nas organizações é essencial, considerando a elevada incidência de insucesso em projetos de sistemas de informação (Clarke & Doherty, 2004; Aubry, Boukri & Sergi, 2021).

Na esfera acadêmica, entende-se ao GP como um método organizado destinado à implementação de alterações empresariais (Turner, 2009; Kerzner, 2017). A finalidade principal dos projetos, de acordo com Buttrick (2018), é oferecer suporte à concretização das estratégias empresariais. Por sua vez, Aubry et al. (2021) revelaram em sua análise de caso que, durante a etapa inicial dos projetos, houve um foco na identificação dos benefícios atrelados aos objetivos estratégicos nas entidades analisadas. Contudo, observou-se que à medida que os projetos progrediram, a atenção conferida aos benefícios alinhados aos objetivos estratégicos decresceu, culminando em uma menor propensão da liderança sênior em avaliar tais benefícios ao término dos projetos (Aubry et al., 2021). Este fenômeno sugere uma reflexão acerca da congruência entre projetos e estratégias empresariais.

#### 2.4.1 Abordagem de gestão de benefícios em projetos

Os benefícios são frutos de transformações nos negócios, definidos pela diferença entre o estado desejado e o atual (Hamidi, 2017). Os benefícios de projetos dividem-se em: (1) benefícios-alvo, objetivos pré-definidos pelo financiador para serem obtidos com o investimento no projeto; e (2) benefícios fortuitos, que surgem espontaneamente durante a execução do projeto (Zwikael, Chih & Meredith, 2018). Benefícios-alvo como a redução de custos operacionais permitem decisões de investimento, proporcionando lucidez na gestão do

projeto e, consequentemente, estimular melhorias no desempenho organizacional e do projeto a longo prazo (Zwikael, Chih & Meredith, 2018).

Considerando que não há consenso entre pesquisadores, a “Gestão de Benefícios” é definida como um processo de gestão interessado em benefícios que envolvem todas as etapas de um projeto - desde as decisões de investimento até a entrega do projeto, passando pela realização dos benefícios (Aubry, Boukri & Sergi, 2021). Optou-se por essa concepção global, pois permite uma ampla investigação de todas as atividades relacionadas à gestão de benefícios, não se limitando a etapas ou aspectos técnicos específicos (Aubry, Boukri & Sergi, 2021). Neste contexto, atualmente as organizações enfrentam o desafio de passar da entrega de produtos para a geração de valor e benefícios (Gomes & Romão, 2018).

O desenvolvimento histórico e teórico do Gerenciamento da Realização de Benefícios (*Benefits Realization Management – BRM*) ajuda a entender como as práticas e abordagens evoluíram ao longo do tempo. Segundo Aubry et al. (2021), a evolução da BRM em projetos não é um processo linear e tem experimentado diversas fases desde a década de 1990 até o presente. Entre 1990 e 2000, a gestão de benefícios concentrou-se primariamente em projetos de TI, apoiando-se em contribuições tanto da literatura cinza - representada por trabalhos de Thorp (1998) e Willcocks (1992) - quanto da literatura acadêmica, com estudos de Peters (1990) e Remenyi & Sherwood-Smith (1998), entre outros. Esta fase caracterizou-se pela emergência da importância de alinhar projetos de TI com os objetivos estratégicos empresariais (Aubry et al., 2021).

No período de 2000 a 2010, a atenção deslocou-se para projetos de TI impulsionados por iniciativas públicas, abordando métodos específicos para a gestão e maximização de benefícios (Bradley, 2006; Jenner, 2009). Este momento foi marcado por contribuições de autores como Bradley (2006) e Jenner (2009) da literatura cinza, e de acadêmicos como Ashurst et al. (2008) e, Bennington e Baccarini (2004), que começaram a explorar práticas de gestão de benefícios além da TI, como saúde e setor público.

A fase subsequente, entre 2010 e 2014, centrou-se na consolidação de lições aprendidas e na elaboração de prescrições para o sucesso na BRM, com estudos como os de Bradley (2010) e Jenner (2012) da literatura cinza, e pesquisas acadêmicas de Hodges (2010) e Breese (2012), buscando métodos efetivos para aprimorar a identificação, a execução e a avaliação de benefícios em projetos.

Desde 2015, observa-se uma transição para a adoção de práticas ágeis na BRM, ressaltando uma tendência de integração da agilidade nos processos de gestão (Meredith & Zwikael, 2020). Autores como Bradley (2016) e, Meredith e Zwikael (2020) contribuíram para essa discussão, indicando uma mudança para abordagens que enfatizam a flexibilidade, a adaptabilidade e o engajamento contínuo das partes interessadas.

A relação entre BRM e teorias organizacionais, como as teorias do discurso, de mudanças sociotécnicas, da rede de atores e do custo econômico de transações, proporciona um entendimento profundo sobre como a gestão de benefícios influencia e é influenciada por diferentes aspectos organizacionais (Tillmann et al., 2010; Breese et al., 2015). Autores como Tillmann et al. (2010) e Breese et al. (2015) têm investigado essas interconexões, revelando a importância da BRM nas teorias dos *stakeholders*, da visão em recursos e da contingência.

De acordo com Breese et al. (2012), a “gestão de benefícios” transcende as barreiras geográficas e linguísticas, uma realidade que não apresenta peculiaridades ou desafios singulares em comparação a outras geografias. Por outro lado, Aubry et al. (2021) salientam que a BRM dentro das organizações pode ser complicada pela diversidade terminológica utilizada para descrever o que são considerados “benefícios”. Os autores argumentam que a multiplicidade de termos - tais como valor, metas financeiras, custos, orçamento, desempenho, ganhos econômicos e lucros - não deve ser vista com receio, mas como uma oportunidade para reconhecer a variedade de valores dentro de um projeto ou uma organização. Esta diversidade terminológica é categorizada em cinco dimensões: mensurabilidade, processo de avaliação, mudança organizacional, desempenho e aspectos sociais, com referências a uma gama de estudos (Doherty, 2014; Breese et al., 2015).

Especificamente, as dimensões mencionadas refletem diferentes aspectos da BRM. A mensurabilidade lida com a forma como os benefícios podem ser quantificados, enquanto o processo de avaliação aborda as etapas alinhadas ao ciclo de vida do projeto (Chih & Zwikael, 2015). A mudança organizacional contempla a transformação mais ampla associada a um projeto específico (Badewi, 2016). Já o desempenho vincula-se diretamente à integração da gestão de benefícios no sistema financeiro da organização (Zwikael et al. 2018). Por fim, os aspectos sociais e políticos consideram os *stakeholders* e suas interações, ressaltando a importância das características pessoais, ansiedades e emoções na realização da gestão de benefícios em projetos (Aubry et al., 2021).

Em relação à metodologia para efetuar a BRM, a literatura apresenta diversos guias e práticas recomendadas. Um exemplo é o modelo desenvolvido por Ward et al. (1996), que se

originou de um projeto de pesquisa na *Cranfield School of Management Information System Research Centre*, no Reino Unido. Esse modelo destaca a importância da integração da BRM com estratégias de gestão de riscos e metodologias de planejamento estratégico, especialmente no que tange aos SI e aos investimentos em TI. Este processo é desenhado para alinhar o planejamento estratégico dos SI e as técnicas de avaliação de investimentos em TI, com o intuito de maximizar a vantagem competitiva (Ward et al., 1996; Terlizzi & Albertin, 2017). Além disso, guias como os propostos pelo PMI (2016) complementam essa visão, oferecendo estruturas baseadas em práticas de mercado para a realização eficaz da gestão de benefícios.

A abordagem inicialmente introduzida por Ward et al. (1996) foi desenvolvida e aprimorada em trabalhos subsequentes por Ward e Daniel (2006), que propuseram um modelo de BRM mais detalhado. Este conceito, anteriormente centrado exclusivamente em aspectos de TI, foi expandido por Peppard et al. (2008) para incluir uma visão integrada de ciclo de vida. O modelo resultante delineia etapas para a previsão de investimentos no projeto, avaliação de resultados obtidos e definição de estratégias para garantir que a organização mantenha o controle sobre os benefícios desejados. Conforme a Figura 5, as fases consideradas no ciclo de vida da gestão de benefícios incluem: a) identificar e estruturar benefícios; b) planejar a realização de benefícios; c) executar o plano de benefícios; d) revisão e avaliar o plano de benefícios; e) determinar o potencial para benefícios adicionais.

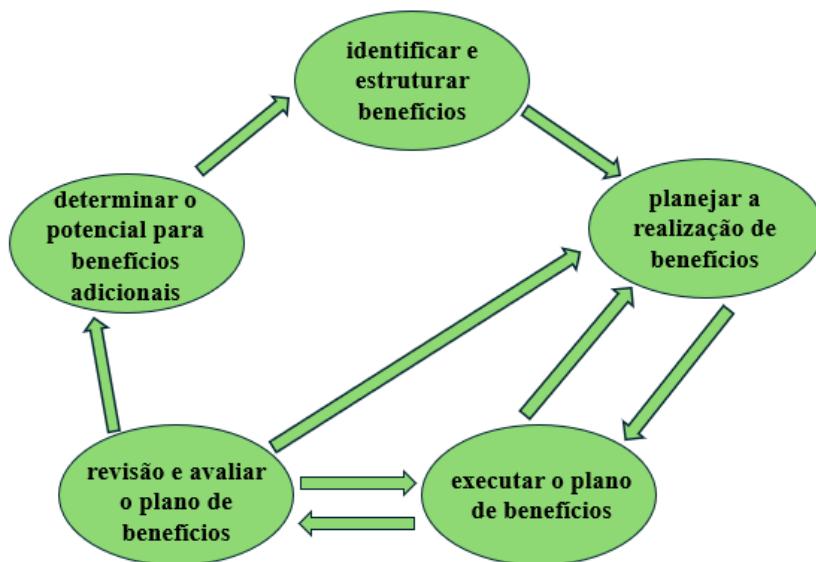


Figura 5 – O processo de Gestão de Benefícios (BRM).

Fonte: Adaptado de Ward et al. (2007).

Na fase inicial, identificam-se os benefícios sugeridos; a partir destes, formulam-se indicadores de negócios viáveis (Ward et al., 2007). Os benefícios são organizados com o

intuito de analisar a relação entre as alterações empresariais induzidas pela tecnologia específica e seu impacto global nos objetivos empresariais (Ward et al., 2007). Isso permite uma avaliação dos benefícios empresariais e a apreciação do estado presente mediante os indicadores formulados.

Na fase posterior, a responsabilidade da execução é atribuída a cada departamento específico dentro da organização, para o benefício especificado (Ward et al., 2007). Algumas adaptações mandatórias na empresa são avaliadas e agendadas conforme necessário, culminando na criação de um esquema para a efetivação dos benefícios (Ward et al., 2007). Neste momento, os custos associados às TI e às transformações empresariais são examinados para uma análise integral e para determinar a viabilidade do projeto em questão (Ward et al., 2007). Um benefício pode ser descartado se não for designado um responsável ou se não for possível elaborar um plano de entrega adequado.

Conforme Ward et al. (2007), a terceira etapa traz a execução do plano para atingir os benefícios desejados, período no qual as mudanças organizacionais delineadas são implementadas conforme a solução de TI é posta em prática. Segue-se a avaliação dos impactos do projeto com base nos indicadores empresariais estabelecidos anteriormente, o que facilita uma avaliação concreta da entrega efetiva dos benefícios empresariais planejados (Ward et al., 2007).

No estágio final deste método da BRM, a avaliação dos resultados após a conclusão do projeto pode revelar benefícios adicionais que não foram originalmente antecipados (Ward et al., 2007). Em outras palavras, isso leva ao surgimento de possibilidades para novas rodadas de planejamento para esses benefícios adicionais, além de uma revisão do projeto concluído, permitindo a transmissão de lições aprendidas para projetos subsequentes.

A Rede de Dependência de Benefícios (RDB) é um elemento na etapa inicial do processo da BRM, conforme delineado por Ward & Daniel (2012). Este modelo serve como um ponto de conexão entre as funcionalidades oferecidas pelos SI/TI e as mudanças necessárias em níveis organizacionais e de negócios, visando a identificação e estruturação de benefícios. O desenvolvimento e evolução da RDB permite a análise e avaliação do potencial de realização dos benefícios identificados. Nesta dissertação, priorizou-se a definição e implementação deste modelo, que foi criado e sugerido a partir de estudo empírico. Este ato iniciou o processo da BRM, concentrando-se principalmente na determinação dos benefícios antecipados.

#### 2.4.2 Gestão de projetos, benefícios e um resumo dos conceitos

Com base na Tabela 4, identificamos os conceitos em gestão de projetos e benefícios, destacando a importância de definir metas claras, monitorar resultados e adaptar estratégias.

**Tabela 4 – Resumos dos conceitos da Gestão de Projetos e benefícios.**

Conceito	Definição	Autores
Gerenciamento de Projetos	O GP engloba a responsabilidade de organizar, implementar e supervisionar todas as tarefas requeridas para cumprir as metas do projeto, respeitando os limites de prazo, orçamento, qualidade e recursos disponíveis	Turner e Müller (2003)
Projetos	Um projeto representa um esforço delimitado, criado com o propósito de entregar um produto ou serviço único, seguindo um cronograma e orçamento pré-determinados, com o objetivo de solucionar questões ou atender demandas sociais.	Samset, 2009
Gerenciamento da Realização de Benefícios	A Gestão da Realização de Benefícios (BRM) é caracterizada como uma abordagem gerencial focada na obtenção de vantagens, que engloba todas as fases de um projeto, desde a tomada de decisão sobre investimentos até a execução do projeto e a materialização dos benefícios	Aubry, Boukri e Sergi (2021)
Benefícios	Os benefícios são frutos de transformações nos negócios, definidos pela diferença entre o estado desejado e o atual.	Hamidi (2017)
Benefícios em projetos	Os projetos trazem dois tipos principais de benefícios: os benefícios-alvo, que são os resultados esperados e definidos pelo financiador como metas de investimento, e os benefícios fortuitos, que aparecem de forma inesperada durante a realização do projeto. Os benefícios-alvo, como a redução de custos operacionais, é preciso orientar as decisões de investimento, melhorar a gestão do projeto e, por fim, impulsionar o desempenho da organização e do projeto no longo prazo.	Zwikael, Chih e Meredith (2018)

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 2.5 “REDE DE DEPENDÊNCIA DE BENEFÍCIOS” E SUA ESTRUTURA

O conceito da Rede de Dependência de Benefícios (RDB) tem sido implementado em diversos setores, incluindo o gerenciamento de relações com clientes, o desenvolvimento de programas informáticos e análises de grandes volumes de dados, conforme relatado por Jensen, Nielsen e Persson (2023). Esta estrutura interliga os benefícios esperados com a tecnologia necessária, oferecendo aos membros do projeto uma visão clara do seu propósito. Essa metodologia assegura que a demanda corporativa por inovação tecnológica esteja fundamentada nos ganhos previstos para a organização, conforme descrito por Jensen, Nielsen

e Persson (2023). Ademais, ela destaca a necessidade de avaliar certas tecnologias que inicialmente podem não apresentar claramente seus propósitos ou vantagens (Jensen, Nielsen & Persson, 2023).

Após designar os benefícios aos encarregados, a etapa seguinte compreende o reconhecimento das modificações necessárias para atingir esses benefícios e de que maneira o progresso dos Sistemas da Informação (SI) e Tecnologias da Informação (TI) apoiará essas mudanças. A RDB desempenha um papel nesta fase, conectando a funcionalidade dos SI/TI com as modificações organizacionais e comerciais necessárias para alcançar os benefícios delineados. À medida que se reconhecem as mudanças exigidas, a rede de alterações e benefícios se expandirá, validando a possibilidade de concretizar os benefícios previstos (Ward & Daniel, 2012).

A RDB estabelece a conexão entre os objetivos de investimento e os benefícios almejados, assim como as alterações organizacionais necessárias para sua obtenção, em conjunto com as capacidades de TI que permitem tais adaptações (Peppard et al., 2008). Esta ferramenta proporciona aos gestores a capacidade de identificar e sistematizar todas as mudanças necessárias para garantir a obtenção dos benefícios e resultados esperados, detalhando como tais modificações serão possibilitadas por meio das Tecnologias Digitais (TD). A estrutura resultante demonstra a concretização dos benefícios previstos por meio de alterações interligadas em tecnologia e operações comerciais (Peppard et al., 2008).

Conforme explicado por Ward e Daniel (2012), a RDB é construída em torno de seis elementos principais: *drivers*, objetivos do investimento, benefícios do negócio, mudanças do negócio, *enabling changes* e SI/TI *enablers*, como ilustrado na Figura 6. Para abordar as perguntas corretas, precisa-se utilizar ferramentas de suporte para um mapeamento eficaz dos benefícios. Nesse contexto, o uso da RDB se sobressai (Silva & Fernandes, 2020). Este *framework* facilita a conexão entre os objetivos ligados ao investimento em SI, os benefícios necessários para a transformação empresarial e os recursos de SI que suportam tais transformações, desenvolvendo-se de forma inversa, da direita para a esquerda (Silva & Fernandes, 2020).

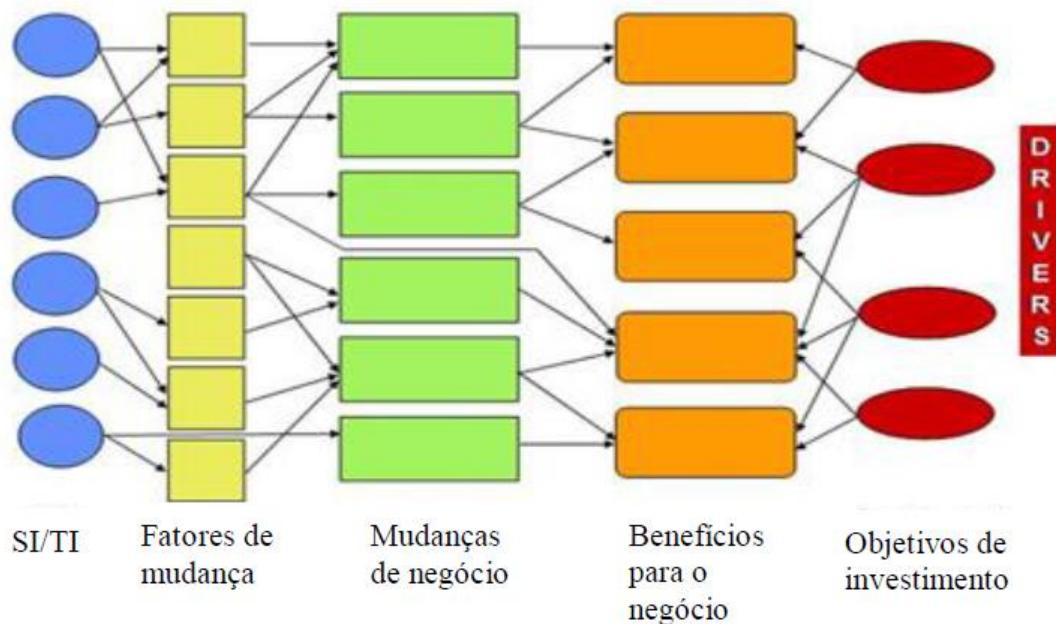


Figura 6 – Rede de Dependência de Benefícios (RDB).

Fonte: Adaptado de Silva e Fernandes (2020).

Em geral, as empresas possuem uma razão (ou "*why*") para perseguir certos benefícios, que são derivados dos *drivers* que estabelecem os objetivos de investimentos. Dentro desses objetivos, determina-se quais benefícios (ou "*what*") serão obtidos. Para alcançar esses objetivos, o método (ou "*how*") envolve identificar as alterações necessárias nos negócios, bem como os processos e atividades internas que facilitam tais transformações dentro da empresa, incorporando tanto SI/TI quanto outras áreas relacionadas. É nesse componente final ("*how*") que a RDB atua efetivamente como uma ferramenta (Ward & Daniel, 2012).

A seguir, será detalhado essa estrutura, explorando suas funções e interconexões, conforme delineado por Ward e Daniel (2012).

#### 2.5.1 *Drivers* organizacionais: “*Why*”

Implementar a RDB exige o reconhecimento dos objetivos de investimento em relação aos benefícios antecipados, destacando a redução de custos e uma relação custo e benefício favorável. A construção da RDB requer a identificação dos *drivers* que motivam o investimento (Silva & Fernandes, 2020). Compreender os objetivos de investimento, a motivação e o propósito final constituem uma fase inicial para a estruturação da RDB (Silva & Fernandes, 2020).

De acordo com Ward e Daniel (2012), examinar os "drivers" permite discernir as forças que influenciam a organização, instigando mudanças na forma como os negócios são conduzidos. Esses *drivers*, estabelecidos pela liderança, orientam o futuro da organização inteira, não se limitando a departamentos específicos. Eles devem espelhar as prioridades empresariais, permitindo que as transformações se desenvolvam dentro de um período específico (Ward & Daniel, 2012). Os elementos que instigam a mudança podem ser tanto externos quanto internos, mas devem ser reconhecidos dentro da organizacional, com uma compreensão clara do porquê essas mudanças são imprescindíveis e dos riscos associados à sua não implementação (Ward & Daniel, 2012).

Ward e Daniel (2012) descrevem diferentes perspectivas para entender os *drivers*. Inicialmente, esses podem ser categorizados pela sua origem, diferenciando-se em *drivers* de conteúdo, relacionados a questões de TI, e *drivers*, associados ao ambiente interno ou externo do negócio. Ademais, existem os *drivers* orientados para *performance*, que visam resultados específicos.

Outra perspectiva, apresentada por Treacy e Wiersema (1993), examina os *drivers* empresariais e as soluções necessárias, empregando sua estrutura de competência para superar os desafios. Esta abordagem avalia a posição competitiva de uma empresa com base em três dimensões de competência: liderança em produto e serviço, proximidade com o cliente e excelência operacional, considerando um cenário de recursos comparáveis.

Um terceiro ponto de vista identificado por Ward e Daniel (2012) considera os *drivers* como fatores genéricos associados a diferentes tipos de investimentos em SI/TI. Entre eles estão as aplicações de alto potencial, focadas em atividades de pesquisa e desenvolvimento que surgem de ideias inovadoras ou novas tecnologias; aplicações estratégicas, criadas em resposta a pressões competitivas ou para obter vantagem competitiva; aplicações operacionais, voltadas para a eficiência nas operações; e aplicações de suporte, destinadas a melhorar a eficiência ou reduzir custos em atividades organizacionais específicas.

### 2.5.2 Objetivos de investimento

Baseando-se nos *drivers* e nos objetivos de investimento, identificam-se os benefícios organizacionais vinculados ao investimento para atingir as metas estipuladas (Silva & Fernandes, 2020). Em seguida, é importante discernir as mudanças organizacionais que

emergirão, as quais podem exigir reestruturações ou modificações funcionais impactando o futuro corporativo (Silva & Fernandes, 2020). Portanto, para efetivar essas mudanças, precisa-se compreender os elementos transformadores para atingir com êxito o propósito (Silva & Fernandes, 2020).

Conforme Ward e Daniel (2012), deve-se examinar como oportunidades ou investimentos específicos, identificados na etapa de planejamento estratégico, vão induzir as alterações requeridas. O passo inicial é formular um conjunto de metas para o investimento baseadas nos *drivers*, definindo um grupo de objetivos claros que esboce os resultados esperados do projeto. Esses objetivos devem incluir fatores de sucesso com metas operacionais bem detalhadas, alinhadas aos benefícios singulares obtidos pelo projeto, se os objetivos forem cumpridos. O emprego de metas apropriadas é um componente no processo de Gestão de Benefícios (Ward & Daniel, 2012).

Em várias situações, investimentos destinados à criação de novos recursos organizacionais podem acabar sendo apenas projetos de substituição de *software* (Ward et al., 2005). Para prevenir tal cenário, a equipe do projeto deve garantir que os objetivos de investimento sejam explicitamente ligados aos *drivers*. De acordo com Ward e Daniel (2012), a equipe deve administrar a limitação de recursos, avaliando e identificando oportunidades para maximizar as chances de sucesso, fundamentando-se em alterações realizadas em projetos precedentes.

A Figura 7 ilustra que seguir serve para esclarecer essa conexão, facilitando a comunicação clara dos objetivos e sua relação com os *drivers* estratégicos do negócio.

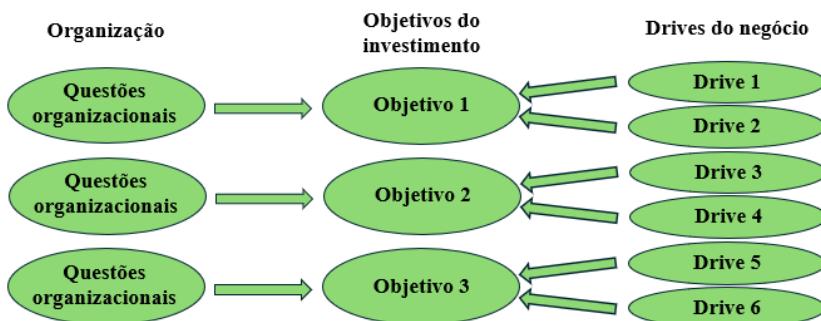


Figura 7 – Dinâmica dos objetivos de investimento.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Ward e Daniel (2012).

### 2.5.3 Os benefícios do negócio: “What”

Após definir os benefícios, é importante determinar indicadores de desempenho e claridade para cada um, além de designar um membro da organização responsável pela sua implementação e identificar o setor funcional correspondente (Silva & Fernandes, 2020). Para isso, emprega-se a matriz de organização de benefícios, que classifica cada benefício como financeiro, quantificável, mensurável ou observável (Silva & Fernandes, 2020).

Seguindo a definição dos objetivos, é possível identificar os benefícios com base na melhoria de desempenho esperada uma vez que os objetivos ou metas sejam atingidos (Ward & Daniel, 2012). Esses autores consideram um benefício empresarial como um ganho destinado a um *stakeholder* específico ou um conjunto deles, implicando que os benefícios devem ser personalizados para atender às necessidades de um indivíduo ou grupo específico. Assim, cada objetivo de investimento pode estar vinculado a múltiplos benefícios, cada um refletindo uma melhoria no desempenho percebido por diferentes *stakeholders* ao atingir um novo patamar ou ao estabelecer um novo paradigma de negócio, conforme delineado no objetivo (Ward & Daniel, 2012).

### 2.5.4 A Rede de Dependência: “How”

A metodologia proposta indica que a construção da RDB deve iniciar pelo projeto dos objetivos de investimento, movendo-se em direção oposta à ênfase na tecnologia (Jensen, Nielsen & Persson, 2023). Esta abordagem motiva os investimentos com base na demanda empresarial ao invés de ser guiada primariamente pela disponibilidade de soluções de TI. Ela também delineia a relação entre os investimentos em TI e seus benefícios esperados, avaliando se tais investimentos são justificados (Jensen, Nielsen & Persson, 2023).

A geração de benefícios de investimentos em SI/TI geralmente requer alterações em processos de negócios, interações e na forma como os indivíduos desempenham suas funções na organização (Melville, Kraemer & Gurbaxani, 2004). Frequentemente, essas modificações são negligenciadas ou subavaliadas, recebendo insuficiente atenção e recursos. Embora a TI possa adicionar valor a uma organização, as melhorias nos processos e o desempenho organizacional em TI exigem a devida complementação com investimentos em práticas e estruturas no ambiente de trabalho (Melville, Kraemer & Gurbaxani, 2004).

Segundo Peppard et al. (2008) e Ward e Daniel (2012), a estrutura central do processo da Gestão de Benefícios permite estabelecer uma conexão estruturada entre os objetivos de investimento e os benefícios associados, bem como as mudanças em SI/TI. Mudanças essas necessárias para alcançar tais benefícios, sendo esse método representado pelo modelo da RDB.

Peppard et al. (2008) ainda destacam que esse modelo deve ser desenvolvido do lado direito da página para o esquerdo. O processo deve iniciar com a compreensão dos *drivers* que influenciam a organização, a definição dos objetivos de investimento para o projeto característico e a identificação dos benefícios empresariais que advêm da realização desses objetivos.

De acordo com Ward e Daniel (2012), e Peppard et al. (2008), uma vez identificados os *drivers*, os objetivos de investimento e os benefícios do negócio, é necessário discernir as alterações nas maneiras de trabalhar necessárias para a materialização dos benefícios potenciais apontados. A consideração de cada benefício e as alterações exigidas, devem ser descritas no modelo RDB. Existem dois tipos principais de alterações que devem ser implementadas: mudanças nos processos de negócios e nas práticas facilitadoras de mudanças, estas últimas referidas no documento como “*enabling changes*”.

#### 2.5.5 Mudança nos negócios

As transformações nos negócios introduzem novas práticas operacionais que podem englobar uma variedade de alterações tecnológicas significativas na empresa (Ward & Daniel, 2012). Tipicamente, estas mudanças podem envolver a introdução de novos processos, o estabelecimento de novas funções, a formação de novas equipes, a adoção de novos modelos de governança, a implementação de novas métricas, a aplicação de novas estratégias de avaliação e recompensa, e a reformulação da gestão de informações. Dependendo do caso, várias pessoas ou grupos podem necessitar realizar ajustes semelhantes, enquanto em outras situações, mudanças específicas podem ser exigidas para diferentes grupos coerentes com suas responsabilidades e tarefas (Ward & Daniel, 2012).

Jensen, Nielsen e Persson (2023) descrevem que estas alterações empresariais representam modificações duradouras na estrutura organizacional, incluindo processos, utilização de sistemas e tecnologia, práticas de trabalho e relações profissionais, permitem a concretização dos benefícios esperados. Tais modificações nos negócios são sustentadas pelas

duas categorias precedentes: os facilitadores de TI e as mudanças habilitadoras. Por exemplo, é necessário que novos sistemas de TI estejam operacionais e que tenham sido realizadas mudanças habilitadoras, como o treinamento dos usuários, para assegurar a entrega dos benefícios planejados (Jensen, Nielsen & Persson, 2023).

#### 2.5.6 *Enabling changes*

Assim, a categoria *Enabling changes* engloba ajustes específicos que preparam o terreno para mudanças duradouras e efetivas (Jensen, Nielsen & Persson, 2023). Tais ajustes incluem tipicamente a capacitação de equipe, a negociação de novas funções, a reformulação de procedimentos laborais, o estabelecimento de consenso sobre novas atribuições, a eliminação de sistemas obsoletos e a introdução de novas estruturas para a gestão de desempenho. Após a formação da rede inicial de dependência de benefícios, as partes interessadas devem definir claramente as métricas e designar os responsáveis por cada benefício previsto (Jensen, Nielsen & Persson, 2023).

Por outro lado, Ward e Daniel (2012) apontam que, além das transformações empresariais, existem diversas modificações requeridas nas organizações para assegurar a realização dos benefícios delineados. Tais modificações podem afetar vários setores ou equipes dentro da empresa.

Os *Enabling changes* representam as alavancas para facilitar as mudanças necessárias, geralmente compreendendo ações como capacitações, análise e redesenho de processos, estabelecimento de novos papéis, diretrizes para transição e desativação de sistemas antigos, implementação de novos protocolos de governança de informações, e redistribuição de recursos e orçamentos (Ward & Daniel, 2012). Esses *Enabling changes* devem ser especificados considerando as implicações e as necessidades trazidas pelo investimento em determinada tecnologia (Ward & Daniel, 2012).

#### 2.5.7 *IS/TI enablers*

A seção referente aos *IS/IT enablers* descreve a tecnologia para o projeto, conforme Jensen, Nielsen e Persson (2023) destacam. Após determinar as principais modificações comerciais e os ajustes necessários para viabilizar os benefícios desejados, os *IS/IT enablers*

surgem como componentes dentro do modelo RDB, segundo Ward & Daniel (2012). Se esses facilitadores de SI/TI demandarem mudanças adicionais de habilitação, tais ajustes devem ser incorporados como elementos na estrutura da RDB.

Peppard et al. (2008) salientam que as conexões claras representadas na RDB ajudam a ilustrar potenciais limitações de capacidade e a compreender as consequências das novas funcionalidades, permitindo assim a tomada de decisões mais informadas sobre aquisições de SI/TI. Entretanto, após a identificação dos benefícios, mudanças nos negócios e *enabling changes* necessários, pode emergir a conclusão de que a organização pode não necessitar de novos investimentos em SI/TI.

A ênfase na obtenção de benefícios empresariais e a gestão das mudanças resultantes deveriam fomentar a participação ativa dos gestores de negócios. Portanto, uma premissa central na abordagem da BRM, segundo Peppard et al. (2008), é cultivar um ambiente na qual colaboradores dos setores de negócios e de SI/TI colaboram intensamente, compartilhando e ampliando seus conhecimentos enquanto aprendem uns com os outros.

#### 2.5.8 Rede de Dependências de Benefícios e resumo dos conceitos

A abordagem da RDB tem sido aplicada em uma variedade de campos, incluindo *customer relationship management*, desenvolvimento de *software* e *big data analysis*, como documentado por Jensen, Nielsen e Persson (2023). Esta metodologia conecta os benefícios antecipados à tecnologia requerida, fornecendo à equipe do projeto uma compreensão explícita do objetivo (Jensen, Nielsen & Persson, 2023). A RDB constitui um componente na fase preliminar do processo de Gestão de Benefícios, segundo o descrito por Ward e Daniel (2012).

A Tabela 5 apresenta um resumo dos elementos de uma Rede de Dependência de Benefícios.

**Tabela 5 – Resumo dos conceitos da Rede de Dependência de Benefícios.**

Conceito	Definição	Autores
<i>Drivers</i>	Fatores que motivam investimentos na organização, sejam externos ou internos. Refletem as prioridades empresariais e as forças que instigam mudanças na condução dos negócios.	Ward e Daniel (2012); Silva e Fernandes (2020); Treacy e Wiersema (1993)
Objetivos do Investimento	Metas definidas com base nos drivers, delineando resultados esperados do projeto. Incluem fatores de sucesso e benefícios singulares visando transformações empresariais.	Ward e Daniel (2012); Silva e Fernandes (2020); Ward et al (2005)

Benefícios do Negócio	Ganhos específicos para stakeholders, vinculados aos objetivos de investimento. Refletem melhorias no desempenho e novos patamares empresariais alcançados ao atingir os objetivos.	Ward e Daniel (2012); Silva e Fernandes (2020)
Mudanças do Negócio	Novas práticas operacionais e estruturais introduzidas pela implementação tecnológica. Envolve ajustes em processos, governança, e gestão de informações para alcançar os benefícios esperados.	Ward e Daniel (2012); Jensen, Nielsen e Persson (2023)
<i>Enabling Changes</i>	Ajustes específicos que preparam a organização para mudanças duradouras e efetivas. Incluem treinamento de equipe e reestruturação de processos para facilitar as transformações empresariais.	Ward e Daniel (2012); Jensen, Nielsen e Persson (2023)
<i>SI/TI Enablers</i>	Componentes tecnológicos para facilitar os objetivos de negócio. Englobam sistemas e ferramentas de TI que suportam as mudanças empresariais e operacionais necessárias.	Ward e Daniel (2012); Jensen, Nielsen e Persson (2023)

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3 MÉTODO E TÉCNICAS DE PESQUISA

Esta dissertação é caracterizada por sua natureza qualitativa e exploratória, conforme descrito por autores como Creswell (2013) e Yin (2018). A abordagem qualitativa é adequada para esta dissertação, pois permite uma investigação profunda sobre os fenômenos em questão, proporcionando uma compreensão rica e detalhada dos contextos e das percepções dos participantes (Yin, 2018). Adicionalmente, a natureza do estudo explora áreas pouco estudadas, possibilitando a identificação de novas variáveis, padrões ou hipóteses.

Para atender aos objetivos específicos delineados, a dissertação foi estruturada em duas etapas principais. A primeira etapa envolveu a condução de uma RSL, com o objetivo de compilar e analisar as evidências existentes e identificar lacunas no conhecimento atual. A segunda etapa consistiu em um estudo de casos múltiplos, metodologia recomendada por Yin (2018) para investigações em profundidade, que permitiu um exame detalhado e comparativo entre diferentes cenários, visando atender aos objetivos específicos. Essa abordagem bifásica assegura uma compreensão dos temas investigados, permitindo que o estudo alcance seus objetivos de maneira eficaz e fundamentada, conforme ilustrado na Figura 8.

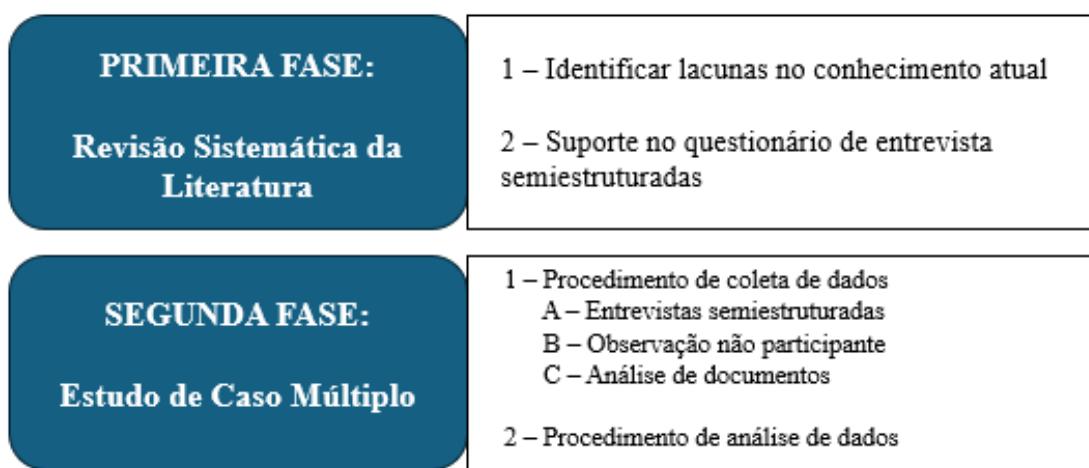


Figura 8: Fases do desenho de pesquisa.

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 3.1 PRIMEIRA FASE: RSL

A primeira parte dessa dissertação foi realizada por meio de uma RSL, para identificar quais são os benefícios decorrentes da adoção dos projetos de automatização por robôs. As

pesquisas acadêmicas relativas à incorporação de robôs têm se focado sobretudo na substituição de empregos e no impacto subsequente no deslocamento de mão de obra como a força motriz primária da robotização, deixando de lado outros fatores (Anzolin & Andreoni, 2023). Neste contexto, é importante identificar esses benefícios oriundos da adoção de projetos de robótica.

A RSL destaca-se como uma abordagem científica replicável, diferenciando-a de outras formas de revisão literária, como a revisão narrativa (Correa et al., 2023). Esse método reduz o escopo teórico ao definir claramente os construtos analisados, concentrando-se assim nos achados de pesquisas sistematizadas (Kanski & Pizon, 2023; Wang et al., 2023; Correa et al., 2023; Pollock & Berge, 2018).

Segundo Pollock e Berge (2018), essa RSL adotou o protocolo com seis etapas-chave: (1) esclarecer metas e objetivos; (2) encontrar pesquisas relevantes; (3) coletar dados; (4) avaliar a qualidade dos estudos; (5) sintetizar evidências; (6) interpretar descobertas.

As fases e atividades aqui apresentadas visam garantir rigor, robustez e transparência nesse tipo de pesquisa e garantir sua credibilidade. Nesse contexto, a primeira fase dessa pesquisa foi motivada pelo seguinte questionamento: Quais são os benefícios das mudanças tecnológicas advindas da robótica no setor de manufatura?

A pesquisa foi realizada pela base de dados Scopus e Web of Science, pois atualmente são as principais bases de dados existentes de resumos e citações de literatura, cobrindo as principais revistas científicas em diferentes áreas do conhecimento (Correa et al., 2023). No protocolo inicial foi determinado a busca com a utilização de palavras-chave ‘project\*’ e ‘robot\*’. Neste contexto a *string* utilizada para realizar as buscas foram ((manufact\* OR industr\* OR factor\*) AND robot\* AND ( project\* OR adopt\* )). O operador booleano asterisco foi utilizado para não delimitar na busca ou exclusão de artigos relevantes. Dessa forma, project\* permite carregar artigos contendo as palavras: projects, project management, entre outras. A palavra 'adoção' (*adopt* em inglês) não foi usada como sinônimo de 'projeto', mas no propósito de que tecnologias inovadoras frequentemente utilizam esta palavra para se referir à sua implementação.

A pesquisa, realizada em dezembro de 2023 com o objetivo de garantir consistência, aplicou os mesmos critérios e filtros em ambas as bases, focando-se em artigos científicos e descartando livros e outros tipos de publicações. O filtro de administração e negócios foi utilizado, pois é o campo que abrange o gerenciamento de projetos. Foram incluídos artigos publicados entre 2018 e 2023, visando atingir pesquisas sobre tecnologias inovadoras e

disruptivas, que são de particular interesse nesta dissertação. Além de tudo, publicações oriundas de congressos também foram consideradas, dada a relevância atual do tema abordado.

A pesquisa retornou um total de 6469 artigos considerados relevantes na busca realizada na base Web of Science (WoS), e usando os mesmos filtros trouxeram 16319 artigos dentro da base Scopus. Assim, chegamos a um total de 22.788 artigos compilados de ambas as bases de dados. Nesse cenário, empregou-se a ferramenta de análise *online* Rayyan para combinar e, em seguida, excluir artigos duplicados ou que não foram extraídos adequadamente. O resultado foi a consolidação de 712 artigos relevantes. De acordo com Pollock e Berge (2018), o método adotado pode ser visualizado na Figura 9.

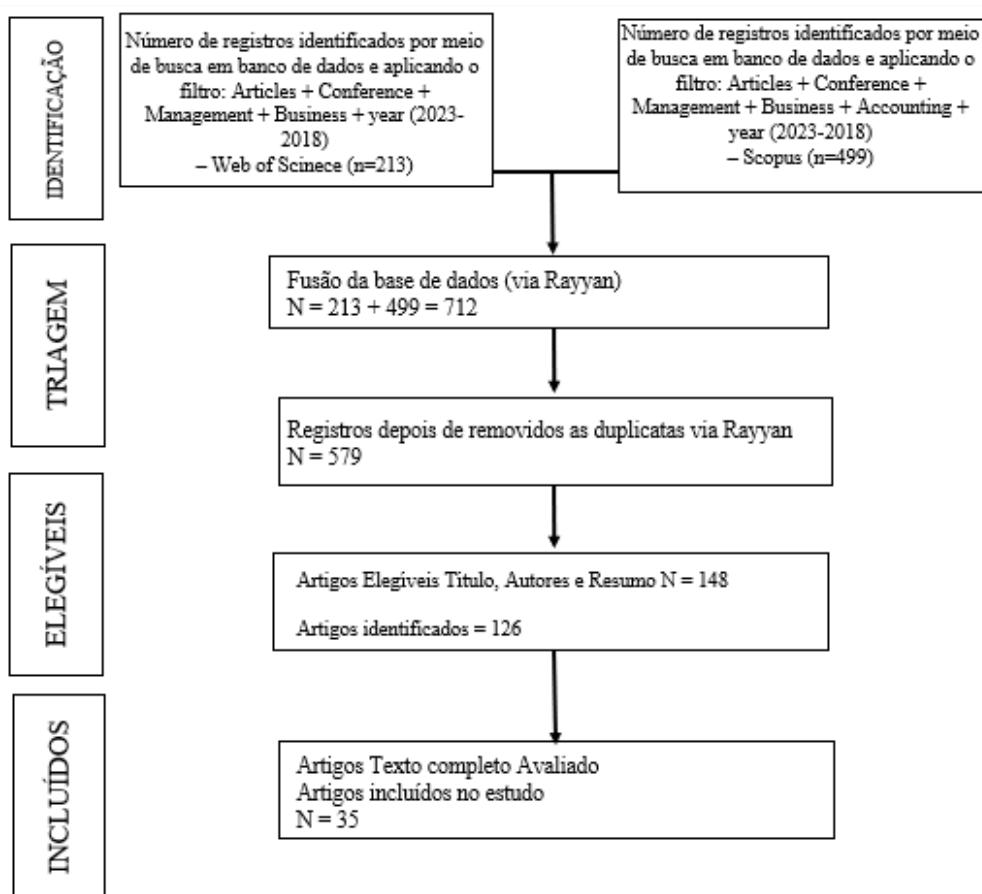


Figura 9: Diagrama de fluxo de pesquisa.

Fonte: Adaptado de Pollock e Berge (2018).

Por meio do Rayyan, foi realizada uma triagem com base na análise de títulos e resumos, com objetivo de eliminar artigos irrelevantes para este projeto. Essa sequência utiliza e segue o protocolo de Pollock e Berge (2018), de tal modo foram aplicados critérios de elegibilidade na base de artigos, permitindo excluir ou incluir de acordo com a questão principal da RSL.

Foram determinados os seguintes critérios de inclusão: (1) artigos associados a projetos ou adoção de robótica ou I4.0 no ambiente de manufatura, ou (2) Robôs Industriais e avançados (colaborativos e autônomo móvel), ou (3) artigos associados à gestão de Benefícios e benefícios em projetos. Esses critérios, para serem mantidos, podem aparecer com definição teórica, modelo ou estudos de casos. Posteriormente, foram aplicados os critérios de exclusão, sendo: artigos associados à robôs sociais, serviços médicos, *robotic process automation* (RPA), educacionais, *automated guided vehicle* (AGV) e ao segmento de ambiente de construção, área médica, hotel e agricultura.

Dessa forma, foram identificados 579 artigos, que passaram pelo processo de triagem do título e resumos. Destes, foram selecionados 148 artigos, que posteriormente foram exportados para uma planilha do Microsoft Excel. Desta base foram encontrados 126 artigos que possuíam seus artigos disponíveis para consulta. Após a leitura completa dos artigos, foram eleitos 35 artigos que correspondiam ao tema central deste projeto.

### 3.2 SEGUNDA FASE: ESTUDO DE CASO MÚLTIPLO

Em um delineamento de pesquisa qualitativa e exploratória para um estudo de caso múltiplo (Apêndice A), o pesquisador buscou compreender a fundo distintas amostras de um mesmo fenômeno sob variados cenários (Yin, 2018). Acredita-se que esta abordagem permitiu uma análise comparativa que pode revelar padrões, singularidades e compreender as nuances de cada caso em seu ambiente natural. Segundo Yin (2018), essa abordagem é particularmente valiosa quando se está diante de questões complexas que requerem um olhar atento aos detalhes e às especificidades que caracterizam diferentes situações ou grupos.

O ponto de partida de um estudo de caso múltiplo envolve a formulação de questões de pesquisa que sejam abrangentes e ao mesmo tempo focadas (Yin, 2018). Dessa forma, adotou-se como fundamentação teórica a Gestão de Benefícios, enfatizando o conceito de “Rede de Dependência de Benefícios”. Uma explanação mais detalhada pode ser encontrada na seção denominada “referencial teórico”. Adicionalmente, o campo de estudo abordado foi projetos de automatização por robôs em empresas de manufatura, tornando-se importante a realização de uma RSL. Este procedimento foi projetado para associar o campo específico de estudo ao quadro teórico selecionado, com o intuito de avaliar a relevância e a necessidade de explorar a questão de pesquisa sugerida.

De acordo com Yin (2018), é necessário selecionar cada caso de forma que ele represente diferentes instâncias do fenômeno central em investigação, permitindo uma análise comparativa detalhada. A seleção não deve ser aleatória, mas sim focada em casos que possam revelar diferentes facetas do problema estudado (Yin, 2018). A lógica por trás da seleção de casos deve ser claramente explicada e justificada, para garantir que cada caso contribua de maneira para o entendimento global do fenômeno. Assim o pesquisador buscou empresas que atendessem esses critérios.

A coleta de informações em um estudo de caso múltiplo envolve um processo intensivo e diversificado, utilizando uma ampla gama de métodos e fontes. Métodos como entrevistas aprofundadas, observação direta e a análise de documentos e de conteúdo audiovisual são algumas das técnicas empregadas para alcançar uma compreensão detalhada de cada caso individual (Yin, 2018). A característica distintiva dos estudos de caso é a sua densidade de dados, e utilizar a triangulação de diversas fontes de informação constitui uma estratégia para aumentar a confiabilidade e a profundidade da análise.

Conforme Yin (2018), a análise de dados em um estudo de caso múltiplo segue uma abordagem tanto iterativa quanto comparativa. Primeiramente, realiza-se uma análise interna de cada caso para detectar padrões, temas e ligações. Em seguida, realiza-se uma comparação entre os casos para identificar padrões comuns, diferenças e percepções distintas que surgem da inter-relação dos casos. Essa metodologia comparativa permite uma compreensão detalhada e diversificada do fenômeno em estudo (Yin, 2018).

A ética é um pilar central em todo o procedimento de pesquisa. É imperativo respeitar a privacidade dos indivíduos, assegurar o anonimato e adquirir o consentimento informado dos participantes, revisando e corrigindo as transcrições de necessário. Estes princípios éticos devem ser seguidos com rigor (Yin, 2018). A ética na pesquisa transcende a simples adesão a diretrizes e leis; representa um compromisso com o respeito e a responsabilidade em relação aos envolvidos. Dessa forma, o pesquisador se compromete a aderir a esses princípios éticos ao longo do projeto, e conforme “Termo de consentimento livre e esclarecido” contido no Apêndice B.

As fases seguintes desta pesquisa são detalhadas nas próximas subseções específicas deste projeto. A seguir, a Tabela 6 apresenta um resumo do método e dos procedimentos utilizados no projeto.

**Tabela 6 – Resumo do método e procedimentos de pesquisa.**

Natureza da pesquisa	Qualitativa
Abordagem metodológica	Exploratória
Paradigma	Positivista
Método	Estudo de casos múltiplos
Unidade de análise	Projetos de automatização por robô
Procedimento de coleta de dados	Serão realizadas entrevistas semiestruturadas, com realização de observação não participante e análise de documentos
Instrumento de coleta de dados	Protocolo de entrevistas, protocolo de observação não participante e protocolo para análise de documentos
Análise dos dados	Análise de conteúdo e triangulação de dados

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.2.1 Matriz de amarração

A estratégia do uso de uma matriz de amarração é projetada para analisar a coerência das interações entre as diferentes dimensões e direções de um estudo, com o objetivo de avaliar a robustez desse processo de pesquisa científica (Telles, 2001). Esta técnica foi desenvolvida com o intuito de focar na apuração da consistência e da inter-relação entre os modelos de estudo estabelecidos. Assim, seu propósito principal, são as suposições ou teorias sugeridas, também, mas estratégias de análise aplicadas aos dados coletados (Telles, 2001).

A ferramenta visa oferecer uma perspectiva na apreciação da integridade investigativa, promovendo um alinhamento entre os objetivos delineados e a autenticação dos dados. É aconselhável que a matriz seja empregada de maneira sistemática, permitindo ao investigador discernir explicitamente sua estrutura, reconhecer suas restrições e mensurar sua utilidade, por meio de uma perspectiva consolidada do plano de intervenção, sua avaliação e ajuste, devido à análise que essa técnica facilitará ao longo de todo o processo de pesquisa., conforme a Tabela 7.

**Tabela 7 – Matriz de amarração deste projeto.**

Questão de pesquisa	Objetivo Geral	Objetivos Específicos	Procedimento de Coleta de Dados	Instrumento de Coleta de dados	Roteiro de Perguntas	Procedimentos de análise de dados
Como as empresas de manufatura podem alcançar benefícios com projetos de automatização por robôs?	Analizar como as empresas de manufatura podem alcançar benefícios com projetos de automatização por robôs	<p>Identificar quais são os principais elementos organizacionais que orientam a adoção de projetos de automatização por robôs</p> <p>Descrever quais são os objetivos organizacionais que direcionam a adoção de projetos de automatização por robôs</p> <p>Identificar quais são os benefícios decorrentes da adoção dos projetos de automatização por robôs</p> <p>Compreender como estas tecnologias da robótica são operacionalizadas</p> <p>Compreender as alterações solicitadas para alcançar os benefícios desejados</p> <p>Investigar as transformações no ambiente organizacional resultantes destas tecnologias emergentes</p>	Entrevistas semiestruturadas em profundidade, observação não participante com realização de anotações e análise de documentos.	Roteiro de entrevistas presencial ou remota ( <i>online</i> ) com embasamento teórico, e ficha de observação	<p>Perguntas 2 e 3 (Apêndice B)</p> <p>Perguntas 4 e 5 (Apêndice B)</p> <p>Perguntas 6 e 7 (Apêndice B)</p> <p>Perguntas 8 a 10 (Apêndice B)</p> <p>Perguntas 11 e 12 (Apêndice B)</p> <p>Perguntas 13 e 14 (Apêndice B)</p>	Análise de conteúdo e triangulação de dados, utilização do Software Atlas.ti. Codificação e categorização para obtenção dos elementos e construção da Rede de Dependência de Benefícios (RDB)

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.2.2 Procedimentos de coleta de dados

Dentro do âmbito de um estudo que envolve vários casos é necessário um planejamento detalhado e de uma metodologia organizada para garantir a integridade e a confiabilidade das informações a serem obtidas. Segundo Yin (2018), a utilização de diversas fontes de evidência não somente aprimorou esta análise, mas também ajudou a estabelecer uma base concreta para as conclusões derivadas deste estudo. Entre as abordagens principais adotadas para a coleta de informações nesse cenário de estudos de caso múltiplos estão as entrevistas semiestruturadas, a observação direta e a análise de documentos.

As entrevistas semiestruturadas possibilitaram um contato direto com os sujeitos envolvidos e permitiram uma compreensão mais profunda de suas vivências, opiniões e motivações (Yin, 2018). Neste método, o pesquisador utilizou um guia preliminar de entrevista com tópicos e questões alinhados aos objetivos do estudo (Apêndice B), mas manteve a abertura para explorar temas emergentes e aprofundar-se em assuntos pertinentes que surjam durante as interações.

Essa abordagem híbrida de rigidez e adaptabilidade facilitou a personalização das entrevistas para cada caso específico, garantindo ao mesmo tempo que os aspectos da investigação sejam consistentemente explorados em todos os casos. Conforme enfatiza Yin (2018), estabelece-se uma relação de confiança com os participantes antes de dar início às entrevistas, o que inclui esclarecer os propósitos do estudo, garantir o sigilo e a proteção das informações e obter o consentimento informado dos envolvidos.

O roteiro de entrevistas (Apêndice B) começou coletando dados básicos do entrevistado, como nome, data, local, cargo, formação, experiência e o papel do entrevistado em projetos de automatização por robôs. A entrevista focou em projetos de automatização em empresas de manufatura e na Rede de Dependência de Benefícios. Foram abordadas perguntas sobre as motivações para a automatização, objetivos organizacionais, benefícios esperados, e o papel da tecnologia da informação e mudanças necessárias na empresa.

No decorrer da entrevista discutiu-se também como essas mudanças afetam a estrutura e as operações empresariais. As entrevistas foram efetuadas até existir saturação de dados, conforme recomendado por Yin (2018). Assim o número de entrevistados oscilou de uma empresa para a outra, totalizando 22 entrevistados. Essas entrevistas aconteceram no formato

remoto (*online*) e foram gravadas e transcritas com apoio da plataforma TEAMS, totalizando quase 800 minutos, conforme a Tabela 8.

Em um estudo sobre a automação na manufatura por meio de robôs, um bom informante é caracterizado pela experiência significativa em automação industrial. Deste modo, a média de experiência profissional dos entrevistados é de cerca de 19 anos, conforme dados disponíveis também na Tabela 8. Foi pré-requisito que os entrevistados estivessem ou já estiveram em algum momento envolvidos em várias etapas de implementação de projetos de robótica. O conhecimento profundo sobre as operações da empresa e a percepção dos impactos econômicos e de eficiência são essenciais. A experiência prática aliada à responsabilidade na tomada de decisões garante que *insights* sejam fornecidos, refletindo os benefícios reais da automação para a manufatura. Neste contexto, o pesquisador entrevistou profissionais, como diretores, coordenadores, assim como gerentes de projetos, engenheiros e analistas das plantas de manufatura.

**Tabela 8 – Perfil dos participantes das entrevistas.**

Entrevistado	Empresa	Cargo	Formação	Experiência profissional (anos)	Duração da entrevista (minutos)
E1	ALFA	Mecânico	Engenheiro elétrico	21	33
E2	ALFA	Coordenador de engenharia de processos	Mestrando em engenharia da produção	20	25
E3	ALFA	Líder de projeto	Técnico eletroeletrônica	16	30
E4	ALFA	Analista de Automação	Pós-graduação em engenharia industrial	12	32
E5	ALFA	Supervisor de operações de qualidade	Mestrando em engenharia da produção	23	34
E6	BETA	Engenheiro de projetos de automação	Engenheiro de automação	14	21
E7	BETA	Especialista de Automação	Engenheiro de produção	14	35
E8	BETA	Coordenador de projetos	Engenheiro de automação	19	40
E9	BETA	Coordenador de projetos	Engenheiro mecânico	18	31
E10	BETA	Diretor Executivo	Engenheiro eletrônico	25	60
E11	OMEGA	Líder de Produção	Tecnologia em gestão de Recursos Humanos	17	20
E12	OMEGA	Líder manutenção	Pós em manutenção e engenheiro	15	30

E13	OMEGA	Especialista de produto e projetos	Pós em gestão de projetos e engenheiro	18	37
E14	OMEGA	Presidente	Pós em controladoria e graduação em administração	21	55
E15	OMEGA	Gerente industrial	Engenheiro eletricista	28	34
E16	OMEGA	Especialista de produto e projetos	Pós em Marketing e engenheiro	13	30
E17	TETA	Analista Sênior de planejamento	Mestrando em engenharia da produção	25	38
E18	TETA	Automação de Projetos	Engenheiro de controle e automação	9	27
E19	TETA	Supervisor de Manutenção	Pós em gestão empresarial e engenheiro	25	42
E20	TETA	Engenheiro de Manutenção	Mestrando em engenharia da produção	18	34
E21	TETA	Engenheiro de projetos	Engenheiro de automação	23	31
E22	TETA	Gerente de projetos	Mestrando em engenharia da produção	27	49

Fonte: Elaborado pelo autor.

Juntamente com as entrevistas, as observações diretas (Apêndice C) foram utilizadas como uma ferramenta para coletar dados sobre o comportamento, as interações e o ambiente físico relacionados aos casos que foram estudados. Nesta modalidade, o pesquisador assumiu uma posição de observador externo, sem interagir diretamente com o fenômeno da pesquisa. Esta abordagem permitiu uma compreensão mais objetiva do fenômeno estudado, capturando detalhes que não puderam ser revelados durante as entrevistas.

O pesquisador realizou observações no local em que os projetos de robótica foram aplicados à manufatura. Assim, mantendo registros meticulosos durante as observações, incluindo descrições detalhadas, horários, ambientes e quaisquer outros elementos relevantes que possam ajudar na interpretação dos dados, conforme descrito por Yin (2018). Esses registros serviram como uma fonte valiosa de informações para complementar e corroborar com os dados obtidos por outras metodologias. Os principais pontos observados durante as visitas foram: eficiência produtiva e redução de custos, melhoria na qualidade dos produtos, segurança e ergonomia dos trabalhadores, flexibilidade produtiva e adaptação a novos produtos e integração da robótica com outras tecnologias digitais e Internet das Coisas.

Durante uma visita de dois dias à empresa ALFA, realizada durante um *Open House* focado em manutenção, observou-se os benefícios dos projetos de automação por robôs. Um funcionário da empresa acompanhou o pesquisador, proporcionando um reconhecimento

detalhado da fábrica. Foram apresentados diversos processos e oportunidades de automação, destacando-se a eficiência produtiva, a melhoria na qualidade dos produtos, a segurança e a ergonomia dos trabalhadores. A visita permitiu uma análise aprofundada das práticas atuais e das potencialidades futuras. Detalhes minuciosos foram anotados e posteriormente transcritos. Neste contexto, as observações realizadas durante a visita forneceram uma base sólida para avaliar a integração de tecnologias digitais e IoT nos processos produtivos.

Durante uma visita de um dia à empresa BETA, foi realizada uma observação detalhada dos benefícios dos projetos de automação por robôs. Acompanhado por um grupo multifuncional de funcionários, incluindo membros das áreas de compras, engenharia e gerência de projetos, o pesquisador percorreu a fábrica para entender os processos e identificar oportunidades de automação. Durante o reconhecimento, foram apresentados os projetos em andamento, destacando a eficiência produtiva, a melhoria na qualidade dos produtos, e a segurança no ambiente de trabalho proporcionada pelos robôs. Os detalhes dessa observação foram cuidadosamente anotados e posteriormente transcritos para análise. Essa visita contribuiu para o desenvolvimento de *insights* sobre os impactos da automação na indústria de manufatura.

Na empresa OMEGA, a visita teve a duração de um dia. Nesse período, foi realizada uma observação detalhada dos processos produtivos automatizados por meio de robôs. A empresa não possui uma planta muito extensa, tendo uma base instalada de robôs relativamente baixa em relação ao número de unidades. OMEGA está avaliando projetos para a expansão do uso de robôs na planta de manufatura, assim como para a adoção de novas tecnologias robóticas. Durante parte da visita, um colaborador da manutenção da empresa, que participa ativamente dos projetos de automação com robôs, acompanhou o pesquisador. Como o pesquisador tem fácil acesso às instalações da OMEGA, parte da observação foi conduzida de forma independente. Detalhes minuciosos dessa observação foram cuidadosamente anotados e posteriormente transcritos para análise. Nesse contexto, as observações realizadas durante a visita forneceram uma base sólida para avaliar a integração de tecnologias digitais e IoT nos processos produtivos, contribuindo para o desenvolvimento de *insights* sobre os impactos da automação na indústria de manufatura.

A observação na empresa TETA ocorreu durante uma prova de conceito com tecnologias relacionadas à robótica. Essa visita durou um dia, e parte do tempo foi dedicada à observação de uma área específica da empresa destinada à experimentação de novas tecnologias. Durante esse teste, diversos colaboradores visitaram o local, incluindo diretores, gerentes de planta, e equipes de manutenção e logística. Em outra parte do tempo, o pesquisador

foi conduzido pela planta para identificar oportunidades de melhoria com a integração de projetos de automação por robôs. Nesse momento, foi possível observar o parque instalado de tecnologias robóticas, bem como a interação dessas tecnologias com as pessoas e os processos. A empresa TETA possui regras rigorosas de visitação; contudo, os detalhes dessa observação foram cuidadosamente anotados e posteriormente transcritos para análise. Dessa forma, essa observação forneceu elementos importantes para compreender a dinâmica da empresa em questão.

A análise documental complementou as entrevistas e a observação, oferecendo uma visão adicional sobre os casos estudados. Foram coletados documentos dos sites das empresas ALFA, BETA, OMEGA e TETA, focando em histórico, missão, valores e portfólio de atuação, enriquecendo a compreensão dos contextos organizacionais. Dessa forma, investigou-se os objetivos da organização estudada em investir e implementar a robótica na manufatura, os benefícios reconhecidos, os *enabling changes*, as tecnologias robóticas envolvidas no investimento e as mudanças no negócio requeridas para a adoção dos projetos de automação por robôs.

A análise desses documentos permitiu construir uma linha do tempo dos eventos, entender as mudanças ao longo do tempo e identificar padrões ou discrepâncias em relação às informações coletadas por outros métodos. Os documentos foram abordados com um olhar crítico, avaliando sua origem, propósito, autenticidade e relevância para a pesquisa. A organização sistemática da documentação coletada facilitou o acesso e a referência cruzada com outros dados do estudo (Yin, 2018).

### 3.2.3 Procedimento de Análise de dados

Para assegurar a integridade e a riqueza dos dados que foram coletados, manteve-se uma cadeia de evidências clara e transparente ao longo do processo (Yin, 2018). Isso envolveu documentarmeticulosamente as fontes de dados, as datas e os locais de coleta, assim como as interações com os participantes. Foi realizado uma revisão constante e reflexiva dos dados à medida que foram coletados, permitindo a identificação de lacunas, o ajuste do plano de coleta de dados conforme necessário e garantindo que todas as dimensões do fenômeno fossem exploradas (Yin, 2018).

Dessa forma, o primeiro passo foi organizar os dados do material bruto, preparando a transcrição das entrevistas, digitando as observações de campo e separando os dados dos documentos extraídos dos sites das empresas ALFA, BETA, OMEGA e TETA. Em seguida, todas as transcrições das entrevistas foram revisadas com base nas gravações, permitindo revisitá-lo e revisar as anotações feitas durante as entrevistas.

Nesta etapa o pesquisador realizou uma imersão profunda no material selecionado, desenvolvendo uma familiaridade inicial com o conteúdo por meio da leitura exploratória, identificando temas principais e construindo uma base sólida para a análise subsequente. Este processo inclui a seleção cuidadosa de documentos relevantes e a definição clara do *corpus* de análise, estabelecendo assim os alicerces metodológicos para a investigação detalhada, direcionada pelos objetivos estabelecidos e guiada pelo referencial teórico preliminar.

No desenvolvimento de um estudo de caso múltiplo, conforme proposto por Yin (2018), a triangulação de dados representa um elemento para garantir a autenticidade e a fidedignidade dos achados. Essa triangulação consiste no emprego de diversas fontes de dados, o que facilita uma compreensão mais ampla e detalhada do fenômeno em análise. Dentro deste quadro, as entrevistas semiestruturadas, a observação direta e a análise documental constituem as três metodologias primordiais adotadas para a obtenção de dados de maneira exaustiva e minuciosa (Yin, 2018).

As entrevistas semiestruturadas permitiram obter uma compreensão detalhada das perspectivas e experiências dos indivíduos envolvidos. Yin (2018) sugere que as entrevistas em estudos de caso se assemelham a conversas guiadas mais do que a questionários estruturados, proporcionando um fluxo de perguntas que pode ser adaptado conforme a conversa progride. Este tipo de entrevista facilita a exploração dos “comos” e “porquês” dos eventos chave, permitindo que o pesquisador obtenha *insights* profundos sobre as perspectivas dos participantes (Yin, 2018).

Segundo (Yin, 2018) a triangulação dentro de entrevistas de um mesmo caso é abordagem que permite comparar e contrastar as respostas de diferentes entrevistados dentro do mesmo cenário de estudo. Esse método ajudou a identificar consistências e discrepâncias nas narrativas, proporcionando uma imagem mais completa e validada das percepções e experiências dos participantes. O pesquisador exerceu cuidado para não induzir respostas que corroborem apenas suas hipóteses iniciais, mas sim buscou uma compreensão autêntica dos pontos de vista dos entrevistados (Yin, 2018).

Segundo esses conceitos, os materiais coletados e organizados foram inicialmente agrupados para a análise intra casos, avaliando individualmente as entrevistas, observações e documentos de cada empresa. O pesquisador realizou uma análise detalhada do setor de manufatura, empregando uma técnica de triangulação de dados para cada empresa analisada. Isso envolveu a criação de uma RDB específica para cada segmento de manufatura, permitindo um exame aprofundado e segmentado. Ao concluir essa etapa, todas as bases de dados foram integradas em uma única, propondo uma Rede de Dependência de Benefícios para projetos de automatização por robôs em empresas de manufatura. Essa etapa foi denominada Análise Inter casos nesta dissertação.

Segundo Yin (2018), o fator para uma triangulação bem-sucedida, é a capacidade do pesquisador em coletar, analisar e integrar dados de várias fontes de forma coerente e metódica. Dessa forma, a metodologia de análise de conteúdo, conforme descrita por Laurence Bardin (2016), é uma abordagem cuidadosa e estruturada que se sugere a inspeção de comunicações tanto na forma qualitativa quanto quantitativa. Seu propósito principal é propor uma interpretação objetiva, metódica e quantificável do conteúdo presente em documentos e discursos, permitindo inferências em relação a seus significados (Bardin, 2016).

Segundo Bardin (2016), esta metodologia é articulada em fases bem definidas: a organização da análise, a codificação, a categorização, o tratamento dos resultados e a inferência e interpretação. A fase inicial de organização envolveu uma análise, na qual o pesquisador se familiarizou com o material, selecionou documentos relevantes e definiu o *corpus* da análise. Este passo inicial auxiliou uma investigação detalhada, na qual objetivos foram estabelecidos e um referencial teórico foi esboçado para nortear o estudo subsequente (Bardin, 2016).

A etapa de transformação envolveu a codificação dos dados brutos em unidades analisáveis. Esta fase se destacou pela identificação de unidades de registro, como palavras-chave, temas ou conceitos, e de cenário, facilitando o agrupamento temático e a destacada organização dos dados (Bardin, 2016). Nesta etapa o pesquisador realizou a codificação da RDB identificando elementos-chave que orientam a adoção de projetos de automação por robôs, destacando conexões entre objetivos organizacionais, tecnologias operacionalizadas, e transformações no ambiente organizacional. Nesta etapa, foi utilizado um programa especializado na análise de dados qualitativos, o Atlas.ti, que faz parte do conjunto de softwares conhecidos coletivamente como CAQDAS (Análise de Dados Qualitativos Assistida por Computador). Esse recurso aprimorou o processo de categorização, armazenamento,

estruturação e exame dos dados (da Silva, Penha & Bizarrias, 2022). A dissertação utilizou este *software* para apoiar a análise, permitindo personalizar as relações entre códigos e oferecendo maior flexibilidade ao pesquisador.

A estruturação em categorias representou o núcleo da análise de conteúdo, na qual os dados codificados foram organizados em grupos temáticos que refletem o cerne das comunicações. O pesquisador realizou uma RSL e identificou as categorias presentes na literatura para os benefícios de projetos de automatização por robôs, incluindo eficiência operacional, redução de custos, melhoria da qualidade de produção e inovação tecnológica. Tais categorias, que devem ser claras, pertinentes e objetivas, possibilitam uma compilação de informações que auxiliam na interpretação dos dados (Bardin, 2016).

As categorias da Rede de Dependência de Benefícios (RDB) foram desenvolvidas de maneira indutiva, a partir das respostas dos entrevistados. Quando uma nova categoria surgia, especialmente nas últimas entrevistas, o pesquisador revisava os dados coletados anteriormente para verificar se a mesma categoria já havia sido mencionada nos outros casos. Esse procedimento assegurou que todas as categorias relevantes fossem aplicadas uniformemente em todas as empresas analisadas. A constante revisão permitiu que o pesquisador ajustasse e refinasse as categorias de forma a capturar a diversidade de experiências e perspectivas, garantindo uma análise mais completa e consistente. Dessa maneira, todas as entrevistas e dados foram revisitados quando necessário, proporcionando maior precisão na codificação e categorização dos elementos da RDB, fortalecendo a validade dos resultados obtidos ao longo do estudo de caso múltiplo.

A fase de avaliação dos resultados compreendeu a análise das categorias formadas para gerar percepções. A dedução permitiu ao pesquisador inferir sobre aspectos profundos e conexões veladas nos dados, revelando os impactos subjacentes das mensagens analisadas (Bardin, 2016). Identificou-se categorias temáticas demonstrando a preocupação com a conduta ética e o conflito entre normativas éticas e as demandas por resultados, ilustrando a habilidade da análise de conteúdo em desvendar as camadas complexas da comunicação corporativa e fornecendo *insights* sobre a cultura e valores institucionais (de Albuquerque Urquiza & Marques, 2016; dos Santos, 2012).

As cores foram utilizadas nos modelos da Rede de Dependência de Benefícios (RDB) para facilitar a identificação visual das diferentes categorias apresentadas na seção de resultados. Cada cor representava uma categoria específica, permitindo uma distinção clara entre os elementos e suas respectivas conexões. Essa abordagem visual auxiliou na

compreensão dos dados e destacou as relações entre os benefícios identificados em cada caso, tornando a análise mais acessível e organizada para o leitor. A escolha das cores visou melhorar a clareza e a legibilidade dos resultados apresentados.

O pesquisador identificou *insights* para a RDB de projetos de automatização por robôs em organizações de manufatura, analisando as interconexões entre tecnologia, eficiência produtiva, inovação, e transformação organizacional, buscando entender como essas dimensões contribuem para o alcance de objetivos estratégicos e sustentabilidade operacional. Em síntese, a análise de conteúdo se consolidou como uma metodologia robusta para explorar as implicações ocultas em textos comunicacionais (Bardin, 2016).

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DA RSL

Nesta seção são apresentados os resultados das análises realizadas na RSL.

### 4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Nesta seção, é apresentada a contextualização, que ajuda a criar um quadro de referência facilitando a compreensão e a interpretação de informações. Isso possibilita uma análise mais detalhada e profunda sobre este tema.

#### 4.1.1 Frequência periódicos ou conferências

Inicialmente, apresenta-se uma análise descritiva dos dados coletados dos artigos ou conferências. Ao analisar as fontes mais frequentes na RSL, conforme a Figura 10, destaca-se que a conferência Advances in Transdisciplinary Engineering teve o maior destaque com seis trabalhos. As revistas Labour Economics, Technology in Society, International Journal of Production Research, IEEE Transactions On Engineering Management, Journal Of Manufacturing Technology Management apresentaram dois artigos cada.

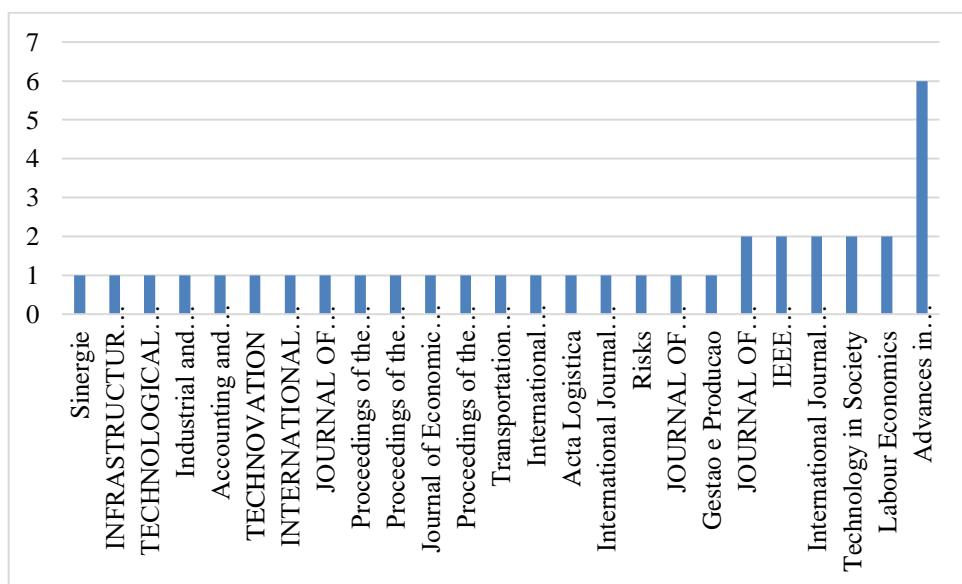


Figura 10: Total de artigos publicados por período na RSL.

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.1.2 Frequência de publicações por ano

A área de robótica tem apresentado uma tendência ascendente em pesquisas sobre seus benefícios, conforme revela uma revisão sistemática da literatura entre 2018 e 2023. Em 2018, a base era incipiente, sem artigos destacados. Contudo, já em 2019, nota-se um leve crescimento, com dois artigos. O ano de 2020 marcou um aumento considerável, com cinco publicações, refletindo o crescente interesse na área. Em 2021, sete estudos aprofundaram o entendimento dos benefícios da robótica, e em 2022, o número saltou para dez. Finalmente, em 2023 manteve a trajetória de crescimento, somando onze artigos. Essa progressão evidencia a robótica como um campo fértil e em constante evolução, conforme Figura 11.

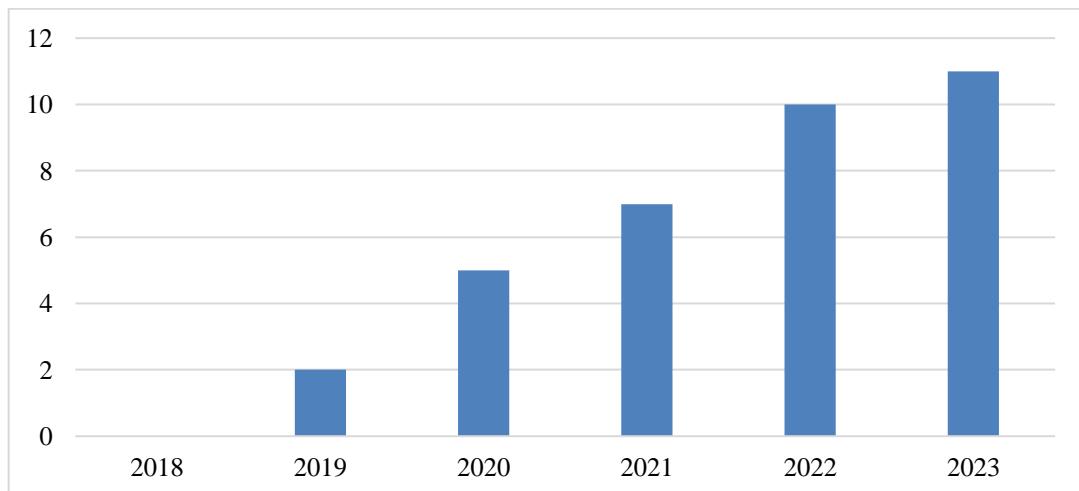


Figura 11: Total de artigos publicados por ano.

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.1.3 Frequência de autores

Ao analisar os principais colaboradores nos artigos mais citados na RSL, nota-se que os 35 trabalhos selecionados contam com a participação de 114 autores únicos, sendo que cada um contribuiu com apenas um artigo. Destaca-se que os autores Martin, Sharma, Wang, Yang e Zanfei foram identificados em duas publicações cada, conforme ilustrado na Figura 12. Por outro lado, Anzolin, Gao, Le e Andreoni sobressaem-se com três publicações cada na mesma revisão. Essa distribuição sugere um impacto considerável destes autores na área de pesquisa, indicando uma produtividade maior.

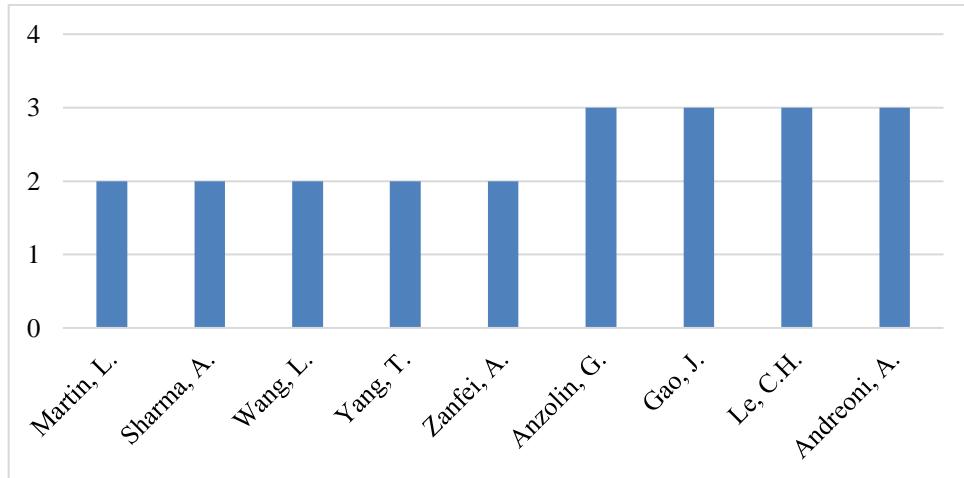


Figura 12: Total de artigos publicados por autor.

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.1.4 Frequência de tipos de estudo

A Tabela 9 apresenta uma distribuição dos tipos de estudos identificados nesta RSL. Nota-se que a Análise de dados secundários predomina com um total de doze estudos, indicando uma preferência por métodos que reutilizam dados previamente coletados para novas análises. Estudos de caso também são relevantes, somando sete ocorrências, o que reflete a importância de investigações profundas. Estudos mistos representam uma abordagem integrativa e somam quatro instâncias, combinando diversas metodologias: RSL e Análise de dados secundários; Estudo experimental e entrevistas; Análise de dados secundários e Estudo exploratório; e Estudo de caso e Análise de dados secundários. Estudos experimentais e Estudos exploratórios têm o mesmo número de aplicações, com quatro cada, mostrando um equilíbrio entre a busca por evidências causais e a exploração de novos fenômenos. Surveys aparecem menos, com três estudos, enquanto a RSL é o menos utilizado, com apenas um estudo registrado.

**Tabela 9: Tipo de estudo aplicado**

Tipo de Estudo	Quantidade
Survey	3
Análise de dados secundários	12
Estudo de caso	7
Estudo experimental	4
Estudo exploratório	4
RSL	1
Estudos mistos	4

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.1.5 Frequência de metodologia de pesquisa

A Tabela 10 ilustra uma preferência clara pela abordagem quantitativa, com um total de dezenove ocorrências, destacando-se como a metodologia mais adotada nesse conjunto de estudos. A pesquisa qualitativa segue com dez incidências, indicando uma menor escala comparada à quantitativa. Por fim, a abordagem mista, que combina elementos tanto qualitativos quanto quantitativos, apresenta seis ocorrências, sugerindo que uma parcela considerável dos pesquisadores opta por uma metodologia que integra as vantagens de ambas as abordagens para enriquecer a análise e compreensão dos dados.

**Tabela 10: Metodologias de pesquisa identificadas na RSL**

Metodologia de Pesquisa	Quantidade
Qualitativo	10
Quantitativo	19
Misto	6

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.1.6 Teorias abordadas

A RSL teve trinta e cinco estudos incluídos, e constatou-se que dez destes utilizaram teorias específicas para embasar suas análises, conforme ilustrado na Tabela 11.

Nota-se que alguns estudos optaram por empregar mais de uma teoria, demonstrando uma abordagem multidisciplinar e o reconhecimento de que fenômenos muitas vezes exigem explicações que transcendem os limites de uma única teoria. Essa interdisciplinaridade enriquece a compreensão do objeto de estudo e amplia a aplicabilidade dos resultados da pesquisa.

**Tabela 11: Teorias identificadas nos estudos**

Artigo	Teoria Utilizada	Termo em inglês e Sigla
Robotising, but how? Evidence from the automotive sector in South Africa	Teoria da base de recursos	Resource-Based View (RBV)
The rise of robots and the fall of cost stickiness: Evidence from Chinese manufacturers	Teoria dos Custos Rígidos	Sticky Cost Theory
What is driving robotisation in the automotive value chain? Empirical evidence on the role of FDIs and domestic capabilities in technology adoption	Teorias relacionadas à adoção de tecnologia, Teoria da capacidade de absorção, e a Teoria do papel dos ecossistemas do país anfitrião	Theories Related to Technology Adoption, Absorptive Capacity Theory (ACT) and Theory of the Role of Host Country Ecosystems

Leveraging autonomous mobile robots for Industry 4.0 warehouses: a multiple case study analysis	Teoria de Assimilação da Inovação	Innovation Assimilation Theory (IAT)
The Employees Intention to Work in Artificial Intelligence-Based Hybrid Environments	Teoria componential da criatividade individual e a Teoria da valência	Componential Theory of Individual Creativity and Valence Theory
Factors influencing the intention of managers to adopt collaborative robots (cobots) in manufacturing organizations	Teoria da Difusão da Inovação, Modelo de Tecnologia-Organização-Ambiente e Teoria Institucional	Diffusion of Innovation Theory (DoI), Technology-Organization-Environment (TOE) Framework, Institutional Theory (INT)
Does occupational injury promote industrial robot applications?	Teoria da Substituição de Fatores, Teoria Diferenciais de Remuneração Compensatória, Teoria do Crescimento Econômico	Factor Substitution Theory, Compensating Wage Differentials Theory, Economic Growth Theory
The rise of robots and the fall of routine jobs	A Teoria da Mudança Tecnológica com Viés de Rotina	Routine-Biased Technological Change Theory (RBTC)
Robots and firm innovation: Evidence from Chinese manufacturing	Teoria de inovação do usuário e Teorias relacionadas à inovação sustentável	User Innovation Theory and Theories Related to Sustainable Innovation
The Effect of Robot Adoption on Profit Margins	Teoria da Transição Tecnológica, Teoria Modelo do Ciclo de Vida do Produto, Teoria da Estratégia Competitiva de Porter	Technological Transition Theory, Product Life Cycle Model Theory, Porter's Competitive Strategy Theory

Fonte: Elaborado pelo autor

## 4.2 BENEFÍCIOS DA ROBÓTICA

Nesta seção foram examinados os benefícios identificados nas pesquisas da RSL. Na Tabela 12, estão listados os autores e os títulos dos artigos incluídos.

**Tabela 12: Artigos que abordam benefícios na adoção da robótica.**

Autores	Título	Nomenclatura
Bettiol et al., 2021	SMEs @ Industry 4.0: a comparison between top and average performers	A1
Bouch et al., 2022	Robotic autonomous asset management: benefit/value-based business model creation	A2
Ballestar et al., 2021	Impact of robotics on manufacturing: A longitudinal machine learning perspective	A3
Martin et al., 2022	Modular, Mobile and Autonomous Robotics for Manufacturing SMEs	A4
Anzolin e Andreoni, 2023	Robotising, but how? Evidence from the automotive sector in South Africa	A5
Schnell e Holm, 2022	Challenges for Manufacturing SMEs in the Introduction of Collaborative Robots	A6
Presidente, 2023	Institutions, Holdup, and Automation	A7
Jia, Yang e Zhang, 2023	The rise of robots and the fall of cost stickiness: Evidence from Chinese manufacturers	A8
Anzolin, Andreoni e Zanfei, 2022	What is driving robotisation in the automotive value chain? Empirical evidence on the role of FDIs and domestic capabilities in technology adoption	A9

Grover e Ashraf, 2023	Leveraging autonomous mobile robots for Industry 4.0 warehouses: a multiple case study analysis	A10
Verma e Singh, 2022	The Employees Intention to Work in Artificial Intelligence-Based Hybrid Environments	A11
Sharma, 2024	Making electric vehicle batteries safer through better inspection using artificial intelligence and cobots	A12
Simoes, Soares e Barros, 2020	Factors influencing the intention of managers to adopt collaborative robots (cobots) in manufacturing organizations	A13
Yang et al., 2022	Does occupational injury promote industrial robot applications?	A14
Zhang, Zhang e Wu, 2023	Robot adoption and export performance: evidence from Chinese industrial firms	A15
Gihleb et al., 2022	Industrial robots, Workers' safety, and health	A16
Schumacher et al., 2022	Technology Adoption Of Collaborative Robots For Welding in Small And Medium-sized Enterprises: A Case Study Analysis	A17
Yang et al., 2021	Comprehensive simulation of cooperative robotic system for advanced composite manufacturing: A case study	A18
Kristo et al., 2021	Simulation based Feasibility Analysis of Autonomously Movable Robot Arm	A19
Fan, Hu e Tang, 2021	Labor costs and the adoption of robots in China	A20
Von Axelson, Mattsson e Langbeck, 2020	Planning for Nation Wide Dissemination of Robotics to SMEs	A21
de Vries, et al., 2020	The rise of robots and the fall of routine jobs	A22
Santiago, de Oliveira Almeida e Dias, 2019.	Automatic welding process: A study case of soldering machine	A23
Srinivas, Ramachandiran e Rajendran, 2022	Autonomous robot-driven deliveries: A review of recent developments and future directions	A24
Verna et al., 2022	Challenges and opportunities of collaborative robots for quality control in manufacturing: evidences from research and industry	A25
Äoech et al., 2020	Autonomous mobile robot technology for supplying assembly lines in the automotive industry	A26
Arey et al., 2020	An Investigation into the Adoption of Automation in the Aerospace Manufacturing Industry	A27
Anzolin, G. and Andreoni, A. and Zanfei, A.	Robot adoption and FDI driven transformation in the automotive industry	A28
Wang et al., 2023	Multi-actor perspectives on human robotic collaboration implementation in the heavy automotive manufacturing industry - A Swedish case study	A29
Bekishev, Pisarenko e Arkadiev, 2023	FMEA Model in Risk Analysis for the Implementation of AGV/AMR Robotic Technologies into the Internal Supply System of Enterprises	A30
Martin et al., 2021	Autonomous mobile robots in high occupancy aerospace manufacturing	A31
Wang, Zhou e Chiao, 2023	Robots and firm innovation: Evidence from Chinese manufacturing	A32
Chen, Velu, e McFarlane, 2023	The Effect of Robot Adoption on Profit Margins	A33
Vido et al., 2021	The impact of the collaborative robot on competitive priorities: Case study of an automotive supplier	A34
Sharma e Kumar Tiwari, 2023	Digital twin design and analytics for scaling up electric vehicle battery production using robots	A35

Fonte: Elaborado pelo autor.

A RSL englobou a análise de trinta e cinco artigos e resultou na identificação de cento e vinte e oito benefícios relacionados à área em foco, conforme a Tabela 13.

**Tabela 13: Benefícios na adoção da robótica.**

Agrupamento	Benefícios identificados	Frequência	TOTAL
Dinamismo e competitividade no mercado	Melhoria na competitividade	11	17
	Rápida transformação e inovação	6	
Aumento da lucratividade	Aumento da lucratividade	1	1
Aprimoramento da produtividade	Aumento da eficiência de produção	27	48
	Aumento da flexibilidade produtiva	9	
	Aumento na produtividade	12	
Eficiência e otimização operacional	Redução de custos operacionais	15	20
	Redução de erros de fabricação	3	
	Redução de tempo	2	
Aprimoramento da qualidade	Melhoria na qualidade dos produtos	11	19
	Maior precisão na fabricação	6	
	Melhorias nos produtos	2	
Avanços humanos e sustentáveis na indústria	Melhorias ergonômicas e segurança para os trabalhadores	12	24
	Melhoria na sustentabilidade ambiental	2	
	Melhor utilização da mão de obra	9	
	Aumento do conhecimento	1	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Esses benefícios foram cuidadosamente consolidados em dezesseis tipos principais, que posteriormente foram agrupados em seis categorias. Esta estruturação permite uma visão clara da distribuição e da recorrência dos benefícios discutidos nos artigos.

Para uma análise mais profunda, a Tabela 14 oferece um detalhamento dos benefícios identificados na adoção da Robótica na manufatura, associando-os aos respectivos artigos. Este detalhamento complementa e enriquece a compreensão dos tipos de benefícios e a sua incidência nos artigos analisados, oferecendo uma base de dados robusta para futuras pesquisas e práticas aplicadas no campo.

**Tabela 14: Benefícios da robótica identificados nos artigos da RSL.**

<b>Agrupamento</b>	<b>Benefícios identificados</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>	<b>A6</b>	<b>A7</b>	<b>A8</b>	<b>A9</b>	<b>A10</b>	<b>A11</b>	<b>A12</b>	<b>A13</b>	<b>A14</b>	<b>A15</b>	<b>A16</b>	<b>A17</b>	<b>A18</b>	<b>A19</b>	<b>A20</b>	<b>A21</b>	<b>A22</b>	<b>A23</b>	<b>A24</b>	<b>A25</b>	<b>A26</b>	<b>A27</b>	<b>A28</b>	<b>A29</b>	<b>A30</b>	<b>A31</b>	<b>A32</b>	<b>A33</b>	<b>A34</b>		
Dinamismo e competitividade no mercado	Melhoria na competitividade	X		X					X	X		X				X					X	X										X					
	Rápida transformação e inovação	X					X					X									X	X															
Aumento da lucratividade	Aumento da lucratividade																																X				
Aprimoramento da produtividade	Aumento da eficiência de produção	X	X	X	X	X	X	X		X		X		X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	Aumento da flexibilidade produtiva				X		X				X		X								X		X		X	X						X					
	Aumento na produtividade				X		X				X	X		X	X	X					X						X			X		X					
Eficiência e otimização operacional	Redução de custos operacionais	X							X	X	X		X		X					X	X		X									X	X	X	X		
	Redução de erros de fabricação									X			X							X																	
	Redução de tempo	X																				X															
Aprimoramento da qualidade	Melhoria na qualidade dos produtos						X			X			X	X					X				X	X								X	X				
	Maior precisão na fabricação		X		X					X	X		X											X													
	Melhorias nos produtos	X																																		X	
Avanços humanos e sustentáveis na indústria	Melhorias ergonômicas e segurança para os trabalhadores						X					X			X	X		X	X		X			X								X	X	X			
	Melhoria na sustentabilidade ambiental	X																																		X	
	Melhor utilização da mão de obra			X					X	X	X		X		X			X						X											X		
	Aumento do conhecimento																						X														

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.1 Aprimoramento da produtividade

A adoção da robótica na manufatura têm mostrado elevada eficiência e produtividade operacional para as empresas, apontando uma evolução na forma como os produtos são fabricados. Não apenas é viável melhorar a eficiência da produção e a produtividade, mas também aperfeiçoar o uso da força de trabalho e incrementar a adaptabilidade dos processos produtivos, permitindo uma rápida resposta às variações de demanda e às emergentes tendências do mercado.

A incorporação de robôs nos procedimentos de fabricação contribui para a elevação da eficiência produtiva, reduzindo as deficiências operacionais (Anzolin, Andreoni & Zanfei, 2022). Os sistemas robóticos são capazes de executar tarefas complexas com alta precisão e consistência, reduzindo o tempo de ciclo de produção e os erros associados ao trabalho manual (Yang et al., 2021). Essa precisão resulta em uma melhoria na qualidade do produto (Sharma, 2024), ao mesmo tempo que diminui a quantidade de desperdício de material, contribuindo para uma operação mais sustentável e economicamente viável (Wang, Zhou & Chiao, 2023). A adoção de um robô industrial é uma solução emergente orientada para a tecnologia, melhorando a eficiência da produção e a qualidade dos produtos, reduzindo os custos laborais e a carga ergonômica do operador humano (Wang et al., 2023).

Com a capacidade de operar continuamente, os robôs proporcionam um aumento substancial na produtividade (Verma & Singh, 2022). Ao contrário do trabalhador humano, que requer descansos e está sujeito a variações no desempenho, os robôs mantêm um ritmo constante de trabalho, possibilitando uma produção mais acelerada e volumosa (Verma & Singh, 2022). Esse aumento na produtividade permite às empresas atenderem a grandes demandas de mercado em prazos mais curtos, sendo um diferencial competitivo. Neste contexto, o crescimento na produtividade e na eficiência operacional pode ser mais vantajoso para empresas de grande porte, que se beneficiam das economias de escala ao adotarem robôs (Zhang, Zhang & Wu, 2023).

A robótica proporciona às empresas uma maior flexibilidade para adaptar suas linhas de produção a diferentes produtos ou para ajustar rapidamente os volumes de produção (Čech et al., 2020). Os sistemas robóticos oferecem a flexibilidade de serem

reprogramados para executar diferentes funções com relativa simplicidade, habilitando as organizações a reagir prontamente a alterações nas demandas dos consumidores ou a variações no mercado (Martin et al., 2022). Esta flexibilidade mantém a competitividade em um ambiente de negócios que está sempre evoluindo. Dessa forma, os benefícios esperados incluem o aumento da flexibilidade e produtividade em níveis táticos, operacionais e estratégicos (Verma & Singh, 2022).

#### 4.2.2 Aprimoramento da qualidade

A adoção da robótica na manufatura tem revolucionado a indústria, trazendo melhorias na qualidade dos produtos, maior precisão na fabricação e inovações contínuas nos produtos oferecidos.

Essas transformações não só otimizam os processos produtivos, mas também elevam o padrão de qualidade e eficiência, refletindo positivamente na satisfação do cliente e na competitividade de mercado das empresas (Anzolin, Andreoni & Zanfei, 2022). A integração de robôs nos processos de manufatura tem um impacto direto na qualidade dos produtos fabricados (Anzolin, Andreoni & Zanfei, 2022). Isso se deve à capacidade dos robôs de executar tarefas com precisão constante e reduzida margem de erro, comparado ao trabalho manual (De Vries et al., 2020). Além disso, a robótica permite a realização de controles de qualidade automatizados em tempo real, garantindo que qualquer desvio dos padrões estabelecidos seja imediatamente detectado e corrigido. Como resultado, o produto apresenta maior uniformidade, durabilidade e conformidade com as especificações técnicas, aumentando a confiança dos consumidores na marca.

A precisão é um fator relevante em muitos setores da indústria manufatureira, especialmente naqueles que produzem componentes de alta tecnologia, como a eletrônica e a aeroespacial. Os robôs são programados para executar tarefas complexas com alta precisão e repetibilidade, minimizando erros humanos e aumentando a eficiência da produção (Santiago, de Oliveira Almeida & Dias, 2019). Isso é particularmente benéfico em processos que exigem grande detalhamento ou trabalham com materiais delicados, na qual o erro humano pode resultar em desperdício de recursos e tempo. A robótica eleva a precisão na fabricação ao superar o processo manual, melhorando a eficácia, reduzindo o tempo de execução, e assegurando uma aplicação mais controlada e conforme aos padrões de qualidade (Santiago, de Oliveira Almeida & Dias, 2019).

Além de elevar a qualidade e a precisão, a robótica também permite um ambiente propício para a inovação nos produtos (Anzolin, Andreoni & Zanfei, 2022). A flexibilidade e a capacidade de programação dos robôs facilitam a experimentação e a implementação de novas técnicas de produção, permitindo que as empresas desenvolvam produtos personalizados sem comprometer a eficiência. Essa capacidade de inovar rapidamente em resposta às demandas do mercado e às tendências tecnológicas assegura que as empresas mantenham uma vantagem competitiva (Bettoli et al., 2021), oferecendo produtos que atendam ou superem as expectativas dos clientes em termos de funcionalidade, *design* e desempenho.

#### 4.2.3 Dinamismo e competitividade no mercado

A adoção da robótica na manufatura tem sido um dos principais fatores propulsores da competitividade e inovação no cenário industrial moderno (Ballestar et al., 2021). Esta transformação não apenas redefine os paradigmas produtivos, mas também impulsiona as empresas a um novo patamar de eficiência e excelência, gerando impactos expressivos na competitividade de mercado, na capacidade de inovação e no desenvolvimento de habilidades da força de trabalho (Zhang, Zhang & Wu, 2023). A integração de sistemas robóticos nos processos de produção oferece às empresas uma vantagem competitiva. Isso se deve à otimização dos processos, que resulta em uma produção mais rápida, eficiente e com menor custo (Bettoli et al., 2021). A capacidade de produzir bens de alta qualidade a um preço competitivo é decisiva em um mercado globalizado, na qual a concorrência é acirrada. Além disso, a robótica permite uma maior flexibilidade na linha de produção, possibilitando às empresas adaptarem-se rapidamente a mudanças nas demandas do consumidor ou introduzirem novos produtos no mercado de forma mais ágil. Assim, os benefícios esperados da adoção de robôs incluem redução de custos operacionais, particularmente de mão de obra, aumento da produtividade e eficiência, e capacidade aprimorada de competir em mercados altamente competitivos e em rápida transformação (Axelson, Mattson & Langbeck, 2020; Fan, Hu & Tang, 2021).

A adoção de robôs na manufatura acelera o ciclo de inovação dentro das indústrias. Com a automação, as empresas podem experimentar novas ideias e conceitos de produtos com maior rapidez e eficiência, reduzindo o tempo necessário para passar do conceito à comercialização. Isso não apenas melhora a capacidade de resposta às

tendências emergentes, mas também permite que as empresas se estabeleçam como líderes de mercado em inovação.

#### 4.2.4 Avanços humanos e sustentáveis na indústria

A integração da robótica na manufatura representa um avanço não apenas em termos de eficiência e produtividade, mas também no que diz respeito à sustentabilidade ambiental e à responsabilidade social (Bettoli et al., 2021). As mudanças necessárias para alcançar os benefícios da robótica incluem a adaptação do ambiente de trabalho e o desenvolvimento de políticas de saúde e segurança mais eficazes para reduzir as lesões ocupacionais (Yang et al., 2022). Por meio da automação, as indústrias estão encontrando maneiras inovadoras de minimizar seu impacto ambiental, ao mesmo tempo em que melhoraram as condições de trabalho e a segurança de seus empregados.

A automação libera os trabalhadores de tarefas repetitivas e potencialmente perigosas, permitindo que se concentrem em atividades mais estratégicas e criativas (Verma & Singh 2022). Isso não apenas melhora a satisfação e segurança no trabalho, mas também eleva o valor agregado da mão de obra. Com treinamento adequado, os funcionários podem assumir papéis na supervisão e manutenção dos sistemas robóticos, na melhoria de processos e na inovação, aumentando assim a contribuição humana para o valor global da produção. Isso permite que os colaboradores humanos foquem em atividades de maior valor e criatividade (Verma & Singh, 2022), além de otimizar o tempo dos engenheiros (Martin et al., 2021).

A robótica, ao automatizar tarefas repetitivas, libera recursos humanos para se concentrarem em atividades de maior valor, como pesquisa e desenvolvimento, desenho de novos produtos e melhoria de processos (Jia, Yang & Zhang, 2023; Wang, Zhou & Chiao, 2023). Contrariamente à percepção de que a robótica substitui o trabalho humano, sua adoção frequentemente leva a um aumento na capacitação das pessoas. As empresas que investem em tecnologias robóticas também investem na formação de sua força de trabalho, preparando-a para operar, manter e programar esses sistemas avançados. Isso eleva o nível de conhecimento técnico necessário dentro da indústria, promovendo uma força de trabalho mais qualificada (Axelson, Mattson & Langbeck, 2020). A longo prazo, isso pode levar a melhores oportunidades de carreira, salários mais altos e um ambiente de trabalho mais seguro e ergonômico.

A adoção da robótica na manufatura contribui substancialmente para a sustentabilidade ambiental, principalmente por meio da economia de energia e da redução de resíduos (Wang, Zhou & Chiao, 2023). Sistemas robóticos são projetados para operar com precisão milimétrica, o que diminui o desperdício de matéria-prima ao garantir que cada processo seja executado com a máxima eficiência. Além de que, a capacidade de funcionar ininterruptamente e com menor necessidade de iluminação ou climatização em comparação com ambientes tradicionalmente ocupados por humanos pode resultar em uma redução considerável do consumo de energia. Um dos benefícios da robótica na manufatura é a sua capacidade de assumir tarefas que são fisicamente desgastantes, perigosas ou monótonas (De Vries et al., 2020). Isso não apenas reduz o risco de lesões relacionadas ao trabalho, mas também contribui para um ambiente de trabalho mais ergonômico e seguro (Yang et al., 2022). Ao delegar operações de alto risco ou de alta precisão aos robôs, as empresas podem minimizar a exposição dos trabalhadores a condições perigosas, como a manipulação de substâncias tóxicas, trabalhos em alturas elevadas ou em ambientes com temperaturas extremas (Schumacher et al., 2022). Adicionalmente, a robótica permite a implementação de sistemas de segurança avançados, que monitoram continuamente as condições de trabalho e podem intervir automaticamente para evitar acidentes, garantindo assim uma maior proteção para os trabalhadores.

#### 4.2.5 Eficiência e otimização operacional

A implementação de projetos de automatização por robôs em empresas de manufatura tem sido reconhecida como uma tática eficiente para a diminuição e aperfeiçoamento de custos, exercendo influência direta sobre a lucratividade e estabilidade financeira das corporações. É viável observar uma redução no tempo de fabricação e nos erros relacionados aos procedimentos manuais, assim como um decréscimo nos gastos operacionais, fatores para ampliar a vantagem competitiva das empresas no âmbito mercadológico (Ballestar et al., 2021; Bettoli et al., 2021).

Ao contrário dos trabalhadores humanos, os robôs são capazes de operar continuamente, sem exigir descansos ou diminuições na velocidade, o que potencializa a velocidade do ciclo produtivo e eleva o volume de produção. Adicionalmente, a automação diminui as chances de falhas no processo de manufatura, pois os robôs

executam comandos exatos e desempenham atividades com um nível de precisão que raramente é obtido por meio de esforços manuais (Sharma, 2024). Isso não apenas melhora a qualidade do produto, mas também diminui os custos relacionados a retrabalhos e desperdícios de matéria-prima.

A implementação da robótica na manufatura contribui para uma redução abrangente dos custos operacionais (Chen, Velu & McFarlane, 2023). Primeiramente, a eficiência energética dos sistemas robóticos, especialmente quando comparada com as exigências energéticas de operações manuais intensivas, pode resultar em economias de energia. Adicionalmente, a automação permite uma gestão mais eficaz do uso de materiais e recursos, reduzindo o desperdício e otimizando o inventário (Martin et al., 2021). Por outro lado, embora o investimento inicial em tecnologia robótica possa ser considerável, a longo prazo, a redução dos custos com mão de obra, juntamente com a diminuição das despesas associadas a acidentes de trabalho, afastamentos por problemas de saúde e treinamento de novos funcionários, colabora para uma expressiva diminuição dos custos operacionais.

#### 4.2.6 Aumento da lucratividade

Em estágios avançados de adoção, espera-se um aumento na inovação de produtos, qualidade e capacidade de diferenciação no mercado, resultando em margens de lucro mais altas. O estudo de Chen, Velu e McFarlane (2023) revelou uma relação entre a adoção de robôs e margens de lucro, começando negativamente e tornando-se positiva com maior adoção. Inicialmente, foca-se na redução de custos, e em estágios avançados, na diferenciação de produtos, orientando gestores a ajustar suas estratégias (Chen, Velu & McFarlane, 2023).

## **5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS CASOS**

Nesta seção, são apresentados os resultados e análises dos Intra Casos, que contemplam as empresas denominadas ALFA, BETA, OMEGA e TETA, com suas respectivas Redes de Dependência de Benefícios (RDB). Também é apresentado a análise Inter Casos, com os resultados para a RDB da Manufatura, bem como as discussões com a literatura.

### **5.1 ANÁLISE INTRA CASOS**

#### **5.1.1 Empresa ALFA**

A ALFA é uma empresa brasileira de calçados que sabe criar ideias e cuidar do meio ambiente. A empresa começou em 1971, fabricando tampas plásticas para garrafas de vinho. Com o tempo, a ALFA cresceu agregando novos produtos, como a primeira sandália de plástico, e criou marcas famosas.

A empresa se concentra em ser ecologicamente correta para diminuir os danos ao meio ambiente. A ALFA utiliza materiais que podem ser reciclados e fabrica produtos elegantes e confortáveis, sempre se preocupando em fazer o certo e ajudar a sociedade. A empresa acredita na honestidade, no aprendizado, no trabalho conjunto e na simplicidade, demonstrando essas crenças em tudo o que faz.

A ALFA vende em mais de 100 países e possui lojas próprias em todo o mundo. A empresa também investe em novas ideias, com o objetivo de fabricar produtos ecológicos e inovadores para calçados. A ALFA continua mudando e causando grande impacto no mundo da moda. Mantém-se fiel ao seu objetivo de tornar a moda fácil de obter e boa para o planeta, e preocupa-se com as pessoas e a natureza. A empresa quer ser nova e inteligente, sempre tentando adivinhar o que as pessoas vão querer e fazer isso por elas.

A empresa ALFA tem sido destacada no setor industrial de bens de consumo por possuir uma ampla base instalada de robôs industriais, consolidando-se como referência em projetos robóticos avançados. Em sua trajetória de inovação, já implementou unidades de robôs colaborativos, que trabalham em conjunto com humanos para otimizar processos

e aumentar a eficiência. Atualmente, a empresa está em fase de estudo e análise para a implementação de robôs autônomos móveis. A empresa investe em robótica para elevar a qualidade dos produtos, aumentar a produtividade e a segurança dos colaboradores, fomentando um negócio sustentável e competitivo.

#### *5.1.1.1 Drivers organizacionais “Why”*

A empresa ALFA inicia projetos de automação por robôs para otimizar recursos, melhorar a qualidade e garantir um retorno financeiro sólido. A automatização por robôs permite a redução de custos e erros, além de assegurar maior precisão nos processos produtivos. Ao investir em robôs, ALFA busca não apenas eficiência econômica, mas também aprimorar a segurança e a responsabilidade social, proporcionando melhores condições de trabalho. Esses fatores contribuem para fortalecer a competitividade da empresa e aumentar sua visibilidade no mercado, destacando-a como uma líder em inovação tecnológica na região.

A decisão de iniciar projetos de automação por robôs é motivada pela otimização de recursos, redução de custos e melhoria da precisão e qualidade dos processos produtivos. Conforme o E2 comentou: “Existem alguns fatores de projetos que se propõem algum por motivos diferentes, né. Então assim têm projetos que pode ser redução de custo”. O E3 complementou esses elementos ao afirmar: “Em um processo de pintura, se eu tenho um pintor... ele pode apertar mais ou menos no lugar que da pistola deixando sair mais tinta e desfavorecendo o quesito de gestão de custo, né. Vou ter uma tinta saindo a mais e também no quesito de padronização em questão de velocidades”.

A automação por robôs garante excelência na produção da empresa ALFA, priorizando a consistência e a alta qualidade dos produtos. O E4 ao abordar essa questão, comentou: “A gente fala de processos automatizados envolvendo o robô...que interferem na opção de utilizar esses robôs em processos. Entre eles eu destaco a qualidade do produto acabado”.

Na empresa ALFA, a viabilidade econômica dos projetos de automação por robôs é avaliada com foco no retorno financeiro a longo prazo e na adaptação às dinâmicas do setor. Assim, o E1 disse: “Tem que ser um projeto que dure pelo menos...no ramo de calçados, isso é mais complexo do que em outras empresas. É um setor muito

mutável ...há tipos de empresas onde a dinâmica do produto é mais estável, então, se você faz o investimento no robô, ele também terá uma maior durabilidade”.

Na empresa ALFA, a automação por robôs é vista como uma estratégia para melhorar as condições de trabalho, focando em ergonomia e segurança, além de aprimorar a eficiência operacional. O E5 comentou: “A gente vê muita questão de ergonomia...operações que são críticas e questão de segurança, que normalmente um robô vai substituir”. A escalabilidade dos projetos de automação é um fator que garante que as melhorias possam ser ampliadas para outras linhas de produção, maximizando o impacto organizacional. Dessa forma, o E5 afirmou: “O primeiro seria a questão da escalabilidade, né. O quanto aquilo não é específico ou pode ser escalado para outras linhas”.

Na empresa ALFA, a implementação de robôs não só melhora a eficiência operacional, mas também serve como uma ferramenta de marketing, reforçando a imagem da empresa como inovadora e tecnologicamente avançada. O E1 comentou: “O que é que também para a empresa, ela faz um tipo de marketing...a gente vai ter mais visibilidade, quem está de fora ou quem conhece a empresa vai perceber isso”.

Na empresa de manufatura ALFA, foram identificados seis principais “*drivers*” que impulsionam a adoção de projetos de automação por robôs. A “Otimização de recursos” emergiu como o *driver* de maior impacto, sendo mencionada em 8 referências, destacando-se a “redução de custos”. Outros *drivers* incluem “Aprimoramento da qualidade”, com foco na melhoria da precisão, e “Melhorias econômicas e financeiras”. Estes *drivers* refletem os principais motivadores organizacionais para a adoção de automação. A frequência dos *drivers* desta empresa está apresentada na Tabela 15.

**Tabela 15: Frequência dos *drivers* citados na rede da empresa ALFA.**

Categoria	Drivers organizacionais	E1	E2	E3	E4	E5	TOTAL
Aumento da competitividade e visibilidade	aumentar a visibilidade da empresa	2	0	0	0	0	<b>2</b>
	manter a competitividade	0	0	1	0	0	<b>1</b>
Melhorias econômicas e financeiras	benefícios fiscais	0	0	0	0	1	<b>1</b>
	<i>business case</i>	0	0	0	0	1	<b>1</b>
	retorno financeiro	2	0	1	1	0	<b>4</b>
Melhoria da eficiência e padronização produtiva	melhorar a eficiência produtiva	0	0	1	1	0	<b>2</b>
	escalabilidade	0	0	0	1	1	<b>2</b>
	possuir um processo padronizado	0	0	1	0	0	<b>1</b>
Otimização de recursos	redução de custos	3	1	0	0	0	<b>4</b>
	redução de tempo	0	0	1	0	0	<b>1</b>
	redução de erros	1	1	1	0	0	<b>3</b>
Aprimoramento da qualidade	melhorar a qualidade	0	1	1	3	0	<b>5</b>
	maior precisão	0	0	1	1	0	<b>2</b>

Melhorar a segurança e a responsabilidade social	melhorar a segurança e a responsabilidade social	0	1	2	1	1	<b>5</b>
<b>TOTAL</b>		<b>8</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>34</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.1.1.2 Objetivos de investimento

Na empresa ALFA, os objetivos organizacionais que direcionam a adoção de projetos de automação por robôs são focados em promover segurança e responsabilidade social, garantindo o bem-estar dos colaboradores e reduzindo riscos ergonômicos. A empresa também visa otimizar custos, garantindo processos confiáveis e assegurando um retorno financeiro robusto. A flexibilidade oferecida pela automação contribui para a manutenção da competitividade da ALFA no mercado, permitindo adaptar rapidamente os processos às necessidades do negócio e às demandas do setor de bens de consumo.

Na empresa ALFA, a adoção de robôs está alinhada com os valores de segurança e responsabilidade social, visando melhorar o bem-estar dos colaboradores e reduzir riscos ergonômicos. Conforme comentou o E5: “E o bem-estar humano eu vejo muito ligado nisso. Então, objetivos é resolver uma questão que está afetando ergonomicamente, está gerando afastamento”. A redução de custos é um objetivo central na adoção de automação por robôs, visando viabilidade econômica e competitividade. O E2 comentou: “O objetivo como eu te falei...hoje eu não consigo viabilizar produtos em função do custo daquele projeto. Então assim você lança uma meta para a gente conseguir viabilizar produtos naquele processo.”.

Na empresa ALFA, a busca por processos confiáveis e consistentes impulsiona a adoção de robôs para alcançar a precisão e qualidade que métodos manuais não garantem, conforme disse o E2: “Eu preciso de uma precisão e de uma qualidade numa aplicação de cola em um determinado produto, e eu não consigo fazer aquilo manualmente”. Outro objetivo é garantir um retorno financeiro sólido é sempre uma prioridade na adoção de robôs. O E5 ao abordar essa questão, comentou: “Um dos principais objetivos sempre vai ser o retorno, né”.

A automação com robôs é vista como uma estratégia para aumentar a competitividade no mercado, permitindo a redução de custos e aprimoramento da eficiência. O E4 comentou: “Mas no fundo, no fundo, o que a gente espera realmente é ter uma competitividade maior com o mercado, né. Então isso querendo ou não, se eu conseguir baratear o produto, eu acabo tendo uma competitividade maior e eu enxergo

pessoalmente dentro de um processo de automação como robôs industriais, eu enxergo essa oportunidade muito viva”.

A flexibilidade e o aumento da produtividade são objetivos centrais na adoção de robôs da empresa ALFA, permitindo adaptações rápidas e eficientes em diferentes projetos. Assim, o E5 comentou: “É, de fato, se desenvolvendo nesse cenário...são questões mesmo de aumento de produtividade”. O E3 complementa ao afirmar: “Em se tratando do robô, a gente vê uma versatilidade enorme, né? Se a gente implanta um robô em um projeto e percebe que não está tendo a confiabilidade esperada ou o retorno financeiro necessário, podemos usar o mesmo robô e aplicá-lo em vários outros projetos. Existe então a necessidade de adquirir um robô, pois ele não fica engessado caso não funcione de imediato como o projeto requer. Essa flexibilidade em realizar diversas tarefas fez com que a gestão adotasse tais maquinários, os robôs”.

Na empresa de manufatura ALFA, os objetivos que orientam a adoção de projetos de automação por robôs refletem uma preocupação com a segurança social e a otimização de recursos. Destaca-se o compromisso da empresa com a segurança e responsabilidade social, visando melhorar o bem-estar humano e reduzir riscos ergonômicos. Ademais, a empresa busca otimizar custos, garantir processos confiáveis, e maximizar o retorno financeiro, sempre com o objetivo de manter sua competitividade no mercado. Esses objetivos foram agrupados em seis categorias principais, conforme apresentado na Tabela 16, para descrever as motivações organizacionais da empresa.

**Tabela 16: Frequência dos Objetivos de investimento citados na rede da empresa.**

Categoria	Objetivos de investimento	E1	E2	E3	E4	E5	TOTAL
Ser competitivo	aumento da competitividade	0	0	0	2	0	<b>2</b>
Maximizar retorno financeiro	retorno financeiro	1	0	0	0	1	<b>2</b>
Aumentar produtividade e flexibilidade	ter o aumento da produtividade	0	0	0	0	1	<b>1</b>
	ter processos flexíveis	0	0	1	0	0	<b>1</b>
Otimizar custos	redução de custos	1	1	0	0	1	<b>3</b>
Garantir processos confiáveis	ter processos confiáveis	0	1	0	1	0	<b>2</b>
Fomentar conhecimento e segurança Social	aumento do conhecimento	0	0	0	0	2	<b>2</b>
	oferecer segurança e responsabilidade social	0	1	0	0	2	<b>3</b>
<b>TOTAL</b>		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>16</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.1.1.3 Os benefícios do negócio “*What*”

Na empresa ALFA, a adoção de projetos de automatização por robôs acarretou benefícios em diversas áreas. Os avanços humanos e sustentáveis destacam-se pela melhoria na ergonomia e segurança dos trabalhadores, contribuindo para um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente. A automação elevou a confiabilidade e flexibilidade das operações, permitindo adaptações rápidas e eficazes às mudanças do mercado.

Na empresa ALFA, a automação por robôs enfatiza melhorias ergonômicas e a segurança dos trabalhadores. O E2 ao discutir esses elementos, comentou: “O benefício falando ali de um de um projeto que tem cunho ergonômico...eu tenho um benefício pelo para o operador...que ele não vai estar mais exposto aquele risco ergonômico, eu tenho um benefício para a empresa que é de poder ter um passivo de auditoria de passivo trabalhista em relação ao posto”. Essas categorias vão ao encontro com as observações realizadas na empresa ALFA, na qual se percebeu que os robôs não estão sujeitos a erros humanos, o que diminui a necessidade de retrabalho e o desperdício de materiais.

A automação por robôs desempenha um papel na otimização das operações, garantindo alta confiabilidade, velocidade e adaptabilidade às demandas do mercado, conforme o E3 disse: “Eu faço um somatório que no final gera uma gama enorme de resultados, nos quais a confiabilidade é um fator para uma empresa competitiva, que requer velocidade, qualidade e sistemas mais autônomos”. Essas categorias confirmam a observação feita na empresa ALFA, na qual a flexibilidade da linha de produção foi aprimorada pela capacidade dos robôs de serem reprogramados rapidamente para novas tarefas, adaptando-se às mudanças do mercado sem grandes alterações na infraestrutura.

Os projetos de robótica possibilitaram alcançar objetivos estratégicos na ALFA, como a redução de custos operacionais e a otimização das linhas de produção. O E5 comentou: “...dos principais objetivos que são esperados de custo, né”. Essas categorias confirmam a observação na empresa ALFA, na qual a substituição de trabalhadores por robôs em tarefas repetitivas reduziu os custos com mão-de-obra, já que os robôs operam continuamente sem pausas.

O Entrevistado 4 ao falar sobre a qualidade, afirmou: “Eu posso destacar vários...um dos que vale mais a pena mencionar é com relação à qualidade...a qualidade dos produtos...”. Essas categorias corroboram a observação na empresa ALFA, na qual

se notou que a automação aprimora a qualidade dos produtos, graças ao controle rigoroso e à precisão constante dos robôs nas linhas de montagem.

Na empresa ALFA, a automação por robôs é vista como uma estratégia para melhorar a competitividade e responder rapidamente às demandas de mercado. O E4 afirmou: “Você comentou, é rápida transformação e inovação”. O E2 ao discutir sobre este elemento, descreve: “Com um projeto com cunho de redução de custo ou de ganho financeiro direto de redução de custos em processo. O benefício é em relação à margem a Ebit (indicador que mede a lucratividade da empresa) daquele produto que passa por aquele processo, tendo um retorno em cima disso. Podendo disponibilizar um produto mais acessível...Então eu acho que são esses os ganhos envolvidos aí no projeto”.

Na empresa de manufatura ALFA, os benefícios decorrentes da adoção de projetos de automatização por robôs foram agrupados em seis categorias principais. Os avanços humanos e sustentáveis na indústria se destacaram como a principal área de impacto, com benefícios relacionados à melhoria da ergonomia e segurança dos trabalhadores, além da otimização da mão de obra. A automação também resultou em um aprimoramento na produtividade e flexibilidade das operações, permitindo que a empresa se adaptasse rapidamente às mudanças de demanda. Outro benefício foi a eficiência operacional, com redução de custos e erros de fabricação. A melhoria na qualidade dos produtos também foi um ponto chave, garantindo maior precisão nas linhas de montagem. A frequência dos benefícios identificados está detalhada na Tabela 17.

**Tabela 17: Frequência dos Benefícios do negócio citados na rede da empresa ALFA.**

Categoria	Benefícios do negócio	E1	E2	E3	E4	E5	Observação	TOTAL
Dinamismo e competitividade no mercado	melhoria na competitividade	0	0	1	1	1	0	3
	rápida transformação e inovação	0	0	0	1	0	0	1
Aumento da lucratividade	aumento da lucratividade	0	1	0	0	0	0	1
Aprimoramento da produtividade	aumento da confiabilidade	3	0	2	0	0	2	7
	aumento da eficiência	0	0	0	0	0	1	1
	aumento da flexibilidade	0	0	1	1	0	2	4
	aumento da produtividade	0	0	0	1	0	1	2
Eficiência e otimização operacional	redução de custos operacionais	0	0	1	1	1	2	5
	redução de erros de fabricação	0	1	1	0	0	1	3
	redução de tempo	0	0	1	0	0	1	2
Aprimoramento da qualidade	melhoria na qualidade dos produtos	0	0	2	3	0	1	6
	maior precisão na fabricação	0	0	0	0	0	1	1

Avanços humanos e sustentáveis na indústria	melhorias ergonômicas e segurança para os trabalhadores	1	2	1	1	2	0	<b>7</b>
	melhoria na sustentabilidade ambiental	0	1	0	1	1	2	<b>5</b>
	melhor utilização da mão de obra	0	1	1	1	1	3	<b>7</b>
	aumento do conhecimento	1	0	1	1	1	0	<b>4</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>17</b>	<b>59</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 5.1.1.4 IS/TI enablers

Na empresa ALFA, as tecnologias robóticas são operacionalizadas por meio de uma cuidadosa implementação, utilização e integração nos processos produtivos. O uso de robôs industriais tem sido central para aumentar a eficiência operacional, enquanto os robôs colaborativos, com seu sensoriamento avançado, oferecem flexibilidade adicional. A integração dessas tecnologias com sistemas de visão e comunicação em nuvem permite um controle mais preciso e eficiente tanto da produção quanto da manutenção. Esses avanços tecnológicos adaptam a empresa às demandas do mercado e melhoram continuamente seus processos.

Na empresa ALFA, a operacionalização de tecnologias robóticas envolve não apenas a instalação e configuração dos sistemas, mas também sua integração contínua nas operações diárias para otimizar processos e atingir os objetivos estratégicos. Assim, o E4 disse: “Eu não quero mais, sei lá, não quero mais executar um projeto, um produto, na verdade, indo robô para eu selecionar qual o produto que eu vou mandar aquele fazer isso já através do setor, de perceber que já vem com uma ficha técnica, uma leitura do código de barras e ele se organizam todo para que possa receber aquele produto”. O E5 comentou sobre os cobots: “Claro que o colaborativo, ele é, nesse quesito, um pouco mais vantajoso, né? Pelo tamanho e por toda a parte de sensoriamento que ele tem, enquanto o outro precisa ser todo enclausurado. Então, mas a gente já...”. Neste contexto, essas categorias vão ao encontro da observação realizada na empresa ALFA, na qual, apesar de processos manuais, a implementação de robôs transformou a eficiência produtiva.

Na empresa ALFA, a operacionalização das tecnologias de robótica envolve a implementação e integração de sistemas avançados, como comunicação em nuvem e câmeras, para otimizar a produção e a manutenção diária. O E3 comentou: “E voltando à Indústria 4.0, né, toda essa parte de tecnologia em confiabilidade, em sistemas de comunicação em nuvem, eu consigo ter um gerenciamento não somente da produção, mas também da manutenção, no qual eu possa, através da coleta de dados, fazer uma gama de

estudos e verificar o que está funcionando ou não, conforme planejado, diariamente ou semanalmente". O E1 comentou: "Para nós, aplicar o robô sem câmera está um pouco limitado, mas quando se incorpora a câmera, isso faz toda a diferença. A questão da câmera cria um *gap* que permite operações com ainda mais aplicabilidade. O robô integrado com a câmera pode comparar situações em um banco de dados, trazendo um ganho excepcional. A tendência é que a integração de robôs com câmeras, que é de grande interesse do mercado, cresça muito nas empresas".

Na empresa de manufatura ALFA, as tecnologias robóticas desempenham um papel na modernização e otimização dos processos produtivos. As inovações mais impactantes estão relacionadas ao uso de robôs industriais, que transformaram a eficiência operacional. Robôs colaborativos, ou cobots, também foram mencionados como vantajosos, especialmente devido ao seu sensoriamento avançado e menor necessidade de enclausuramento. A integração dessas tecnologias com sistemas de visão e comunicação em nuvem foi destacada como importante para o gerenciamento eficiente da produção e manutenção. A frequência dos *IS/TI enablers* dessa empresa está detalhada na Tabela 18.

**Tabela 18: Frequência das Tecnologias habilitadoras citados na rede da empresa ALFA.**

Categoria	Tecnologia habilitadora	E1	E2	E3	E4	E5	Observação	TOTAL
robô colaborativo	robô colaborativo	0	1	0	0	1	0	<b>2</b>
robô industrial	robô industrial	1	1	0	0	1	1	<b>4</b>
robô móvel	robô móvel	0	0	0	0	1	0	<b>1</b>
robótica	robótica	1	2	3	3	1	0	<b>10</b>
Tecnologias da Indústria 4.0	indústria 4.0	0	0	1	0	0	0	<b>1</b>
	integração de dados	0	1	2	1	0	2	<b>6</b>
	internet das coisas	0	0	1	0	0	1	<b>2</b>
Sistema de visão	sistema de visão	1	0	2	0	2	0	<b>5</b>
Outras tecnologias	scanners, AGVs, Laser, RFID	0	0	0	0	1	0	<b>1</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>4</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 5.1.1.5 Enabling changes

Na empresa ALFA, as mudanças necessárias para alcançar os benefícios da automatização por robôs centraram-se principalmente na adaptação e reorganização dos processos estabelecidos. A implementação de novas tecnologias exigiu uma mudança nos procedimentos internos, com destaque para a reestruturação das práticas operacionais. A

cultura organizacional e a capacitação, com investimentos direcionaram à qualificação das equipes e à contratação de especialistas para orientar e compartilhar melhores práticas. Essas alterações permitiram superar desafios e garantir que a empresa tirasse o máximo proveito dos projetos de automatização por robôs.

Na empresa ALFA, a implementação de projetos com robôs exige não apenas a adoção de novas tecnologias, mas também uma reestruturação dos processos operacionais existentes, conforme afirmou o E4: “Então, quando você chega para fazer uma implementação em processos desse tipo, o maior desafio acaba sendo como vamos nos reorganizar. Eu acredito nas oportunidades, mas também acredito que empresas que já nascem dentro desse cenário, já olhando para a automatização e esperando que isso aconteça, têm uma vantagem”.

Além de reestruturar processos, a capacitação das equipes e a contratação de especialistas externos são fatores para o sucesso dos projetos de automação por robôs. O E5 comentou: “Primeiro é de fato fazer com que a equipe que vai pilotar esse projeto tenha domínio sobre o tema, né? Então eu vejo que há um investimento na pesquisa, né? Na qualificação dessas pessoas para aprofundá-la mais e trazer o resultado da melhoria. É adequação de estrutura assim, né? A gente acaba observando no dia a dia que há ali um movimento de contratar pessoas especializadas. É trazer um terceirizado para dentro do negócio para que ele compartilhe suas experiências e traga alguns *cases*, né? Então eu vejo que existe esse movimento aí dentro da empresa ALFA”.

Na empresa de manufatura ALFA, as mudanças necessárias para alcançar os benefícios da automatização por robôs foram agrupadas em seis categorias principais. O principal foco foi na "Mudança de processos", evidenciando a importância de adaptar e reorganizar os procedimentos estabelecidos para integrar novas tecnologias. A "Cultura organizacional e capacitação" também teve impacto expressivo, com investimentos na qualificação das equipes e na contratação de especialistas para compartilhar conhecimentos e melhores práticas. Essas mudanças permitiram superar os desafios e maximizar os benefícios da automação. A frequência dos *Enabling changes* dessa empresa está detalhada na Tabela 19.

**Tabela 19: Frequência dos *Change enablers* citados na rede da empresa ALFA.**

Categorias	<i>Change enablers</i>	E1	E2	E3	E4	E5	TOTAL
Analisar melhores práticas	fazer <i>benchmark</i>	0	0	0	0	1	<b>1</b>
Mudar processos	mudar processos	3	1	1	1	0	<b>6</b>
Infraestrutura e tecnologia	infraestrutura tecnológica	0	0	0	1	0	<b>1</b>
Cultura organizacional e capacitação	treinamento e capacitação	1	0	0	1	1	<b>3</b>
Comunicação e coordenação de equipes	criação de times multifuncionais	1	0	0	0	0	<b>1</b>
<b>TOTAL</b>		<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>12</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 5.1.1.6 Mudança nos Negócios

Na empresa ALFA, a adoção de tecnologias robóticas trouxe profundas mudanças no ambiente organizacional, especialmente na transformação dos processos produtivos. Essa modernização resultou em melhorias na qualidade, velocidade e confiabilidade da produção. A inovação foi impulsionada por novos laboratórios dedicados à experimentação, gerando ideias que fortaleceram o compromisso da empresa com a sustentabilidade. Ademais, a busca contínua por soluções inovadoras contribuiu para a adaptação ao mercado, permitindo à ALFA manter sua competitividade e credibilidade. Essas mudanças refletem a capacidade da empresa de se reinventar e liderar em seu setor.

Na empresa ALFA, as tecnologias robóticas têm transformado os processos produtivos, melhorando a qualidade, velocidade e confiabilidade das operações, conforme o E3 comentou: “Claro que a confiabilidade para a implantação do robô vai gerar mais qualidade, mais velocidade para as entregas para a produção de certos produtos e vai trazer parâmetros mais concretos, no que dizem respeito a indicadores”. Essas categorias estão alinhadas e vão ao encontro com os documentos do site da empresa ALFA, que destacam a busca contínua por soluções inovadoras. O novo laboratório da empresa exemplifica esse compromisso, focando na criação de soluções sustentáveis e no aprendizado contínuo.

A adoção de novas tecnologias, como por exemplo os projetos de automatização por robôs, tem sido um catalisador para inovação e novas ideias, reforçando o propósito da organização de produzir moda acessível e sustentável. Assim, o E5 comentou: “A gente, como organização, tem nosso próprio propósito, né? Que é produzir uma moda

acessível, de baixo custo”. Já o E1 afirmou: “Talvez tenha sido o pontapé para novas situações de tecnologias, porque sempre há um interesse. Quando você coloca uma tecnologia nova, sempre surge curiosidade, surgem novas ideias, uma coisa atrai a outra. Realmente, depois disso, tivemos outras situações de aplicações de tecnologia. Então, acho que isso está ligado com o fato de continuarmos aplicando tecnologia nesse sentido”. Essas categorias estão alinhadas com os documentos no site da empresa ALFA, que ressaltam o compromisso com a inovação e a ousadia para transformar o futuro, unindo estilo, conforto e visão global.

Investigou-se na empresa de manufatura ALFA as mudanças nos negócios decorrentes da adoção de tecnologias robóticas, com foco nas transformações mais impactantes. A transformação nos processos se destacou como um dos principais elementos, trazendo melhorias em qualidade, velocidade e confiabilidade na produção. Além de que, a inovação e o desenvolvimento foram áreas chave, impulsionadas por laboratórios dedicados à experimentação e à sustentabilidade. A empresa também demonstrou um compromisso contínuo com a sustentabilidade e a adaptação ao mercado, mantendo sua competitividade e credibilidade. A frequência dessas mudanças está detalhada na Tabela 20.

**Tabela 20: Frequência das Mudança no negócio citados na rede da empresa ALFA**

Categoria	Mudança ambiente do negócio	E1	E2	E3	E4	E5	Documents	TOTAL
Credibilidade e customização para o mercado	mudança no mercado	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
	credibilidade para o mercado	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
	customização dos produtos	0	1	0	0	0	1	<b>2</b>
Inovação e desenvolvimento	<i>mindset</i> de inovação	0	0	0	1	0	2	<b>3</b>
	novas ideias para o negócio	1	0	0	0	3	1	<b>5</b>
Transformação nos processos	transformação nos processos	0	1	5	0	0	4	<b>10</b>
Mudanças organizacionais	mudança na estrutura dos times	0	0	0	1	1	2	<b>4</b>
Sustentabilidade	busca pela sustentabilidade	0	1	0	0	0	4	<b>5</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>16</b>
								<b>31</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 5.1.1.7 Amarração da rede “How”

A partir da análise do material coletado sobre a empresa de manufatura selecionada ALFA, procedeu-se à codificação das entrevistas, observações e documentos

no *software* Atlas.TI. Isso resultou na seguinte proposta de Rede de Dependência de Benefícios (RDB) para o caso em estudo, conforme Figura 13.

As setas da Figura 13 ilustram as conexões entre diferentes elementos da rede, representando as dependências entre as partes. As cores no modelo da RDB representam as categorias identificadas, conforme apresentado nas tabelas anteriores desta seção. Cada cor corresponde a uma categoria específica, facilitando a visualização e compreensão das conexões entre os elementos.

Na empresa ALFA, a Rede de Dependência de Benefícios (RDB) revela um intrincado sistema de interconexões entre os *drivers* organizacionais, objetivos de investimento, benefícios esperados e as mudanças necessárias para alcançar esses resultados. Esta amarração, ou ligação entre os diferentes elementos da rede, permite entender como a empresa pode otimizar seus processos, garantir maior retorno sobre os investimentos em automação e alinhar suas operações com as metas estratégicas.

Os *drivers* identificados, como o retorno financeiro, a redução de custos e a melhoria da qualidade, formam a base sobre a qual os objetivos de investimento são construídos. Por exemplo, o *driver* “retorno financeiro” conecta-se com o objetivo de “aumento da produtividade” e “ter processos flexíveis”. Os objetivos por sua vez, estão ligados ao benefício de “melhoria na competitividade” e “aumento da lucratividade”, demonstrando como a redução de custos, eficiência operacional e a flexibilidade nos processos são importantes para a empresa se destacar no mercado e garantir uma lucratividade sustentável.

Similarmente, o *driver* “redução de custos” conecta-se com o objetivo de “reduzir custos operacionais”, o que se traduz em benefícios como a “redução de custos de fabricação”. Este alinhamento mostra uma abordagem clara e focada na eficiência, na qual a automação é vista como um meio para alcançar uma operação mais enxuta e economicamente viável.

A empresa ALFA possui uma robusta base tecnológica de robôs industriais, o que confere à tecnologia habilitadora um papel central. Os robôs industriais estão conectados com os “*change enablers*” como a necessidade de mudar processos, a atualização da infraestrutura tecnológica, o treinamento e capacitação, e a criação de times multifuncionais.

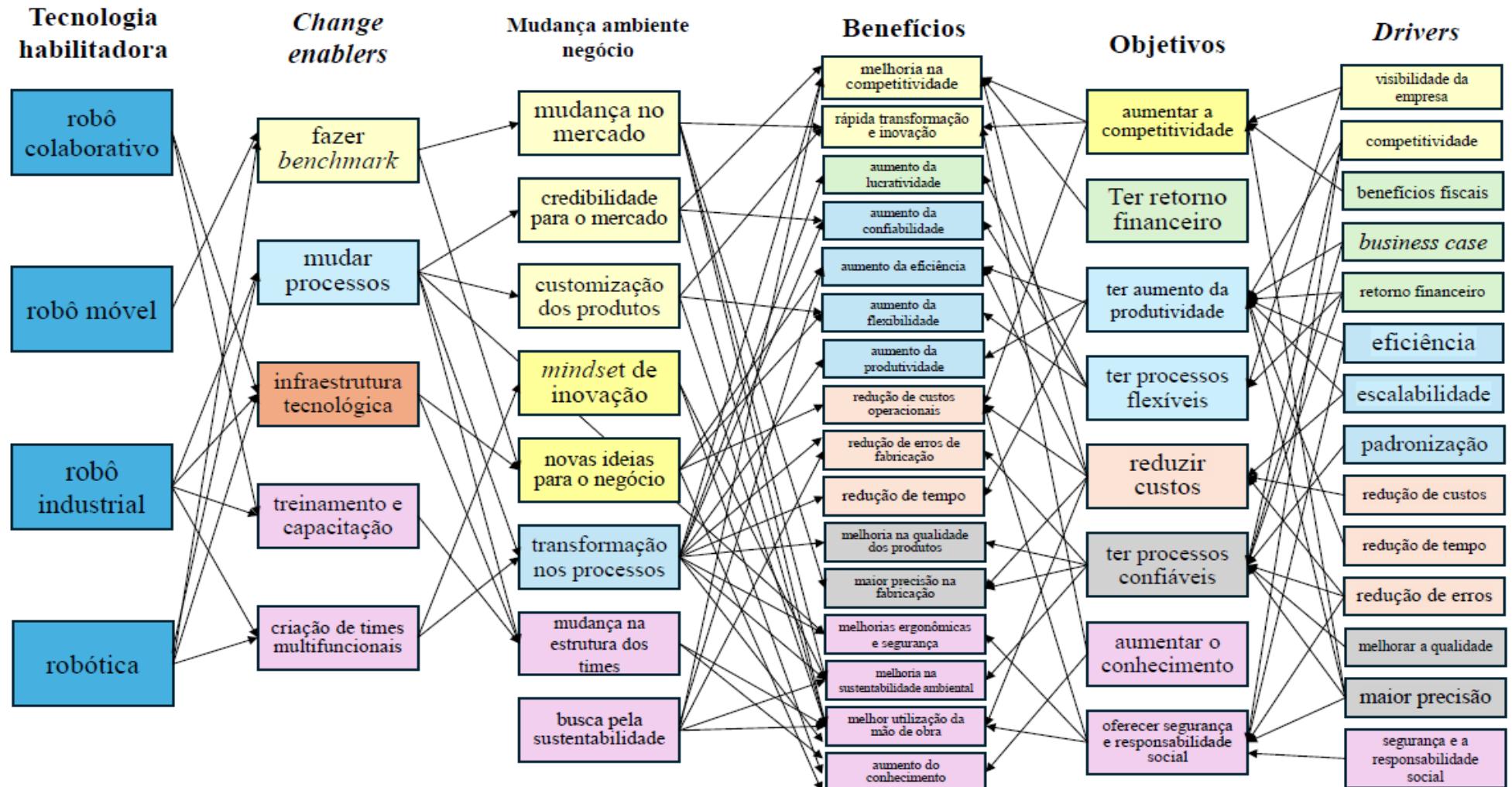


Figura 13. RDB da empresa de manufatura do segmento de bens de consumo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Estas mudanças são vistas como necessárias para adaptar a organização à utilização mais eficiente dessas tecnologias, o que por sua vez influencia os benefícios como o “aumento da confiabilidade”, “melhoria na qualidade dos produtos” e “redução de erros de fabricação”.

Apesar de possuir uma base mais modesta de robôs colaborativos, ALFA já começa a integrar essas tecnologias no seu ambiente produtivo, conectando-os com os *change enablers* de infraestrutura tecnológica e treinamento e capacitação. Essa conexão indica que, embora a empresa esteja apenas começando a explorar o potencial dos robôs colaborativos, já reconhece a necessidade de criar uma base sólida que permita a expansão futura dessas tecnologias.

Os robôs móveis, ainda com projetos em fase de estudo, estão associados aos *change enablers* relacionados ao *benchmarking*, sugerindo que a empresa está atenta às melhores práticas e busca aprendizado contínuo para implementar essa tecnologia de forma eficaz. A conexão com o *benchmarking* reflete um processo de inovação contínua, na qual a ALFA se compromete a aprender com o mercado para integrar novas tecnologias que possam trazer benefícios como a “melhoria na sustentabilidade ambiental” e “melhor utilização da mão de obra”.

As mudanças no ambiente de negócios, impulsionadas pelos *change enablers*, mostram a importância de uma abordagem adaptativa. Por exemplo, a transformação nos processos, promovida pelas mudanças na produção e a criação de times multifuncionais, conecta-se com benefícios como o “aumento da competitividade”, “aumento da lucratividade” e “melhoria na qualidade dos produtos”. Este ciclo de mudança e benefício evidencia a interdependência entre as tecnologias adotadas e os resultados esperados, reforçando a importância de uma gestão integrada e estratégica na empresa.

Em resumo, a RDB da empresa ALFA revela como cada *driver* organizacional, objetivo de investimento, benefício esperado e mudança necessária estão interligados em uma rede complexa. Essa rede não apenas demonstra a dependência entre os diferentes elementos, mas também como as decisões estratégicas em relação à adoção de novas tecnologias e a adaptação dos processos organizacionais podem impactar diretamente o sucesso da empresa no mercado competitivo.

### 5.1.2 Empresa BETA

BETA é uma empresa global de fabricação e serviços avançados, oferecendo soluções integradas de ponta a ponta para diversas indústrias. Fundada em 1969, BETA se destaca pela sua capacidade de inovação em *design*, engenharia e manufatura avançada. A empresa serve a setores como automotivo, saúde, tecnologia da informação, comunicações, dispositivos de consumo e industrial, fornecendo suporte completo ao ciclo de vida do produto, desde o *design* e engenharia até a logística pós-venda e economia circular. A empresa BETA destaca-se no setor industrial de montagem de eletrônicos por possuir uma ampla base instalada de robôs.

BETA possui uma presença global, com operações em cerca de 30 países e mais de 100 instalações. Sua força de trabalho diversificada, composta por mais de 140.000 funcionários, permite à empresa atender de maneira eficaz e ágil às demandas de seus clientes ao redor do mundo. Por meio de sua rede global, BETA mitiga riscos e complexidades, oferecendo uma cadeia de suprimentos robusta e tecnologias avançadas para aumentar a produtividade, qualidade e eficiência.

A empresa é comprometida com a sustentabilidade, investindo continuamente em práticas que promovam a economia circular e a redução do impacto ambiental. BETA também se destaca por seu envolvimento em iniciativas de logística reversa e recuperação de valor em larga escala, demonstrando um compromisso com a inovação sustentável.

Além de sua excelência operacional, BETA mantém um foco constante em inovação, com capacidades avançadas em tecnologias emergentes, como inteligência artificial e aprendizado de máquina, para transformar inspeções de qualidade de produtos e outras operações industriais. A empresa continua a liderar o mercado global, proporcionando soluções personalizadas que atendem às necessidades específicas de cada cliente, ao mesmo tempo que impulsiona o progresso e a eficiência em todos os setores que atende.

A empresa BETA destaca-se pela vasta base instalada de robôs autônomos móveis e colaborativos. Com um forte perfil de inovação, BETA investe constantemente em tecnologia de ponta, mantendo-se na vanguarda da automação industrial. Suas soluções avançadas aprimoram a eficiência e a segurança nas operações, reduzindo a necessidade de operadores humanos e otimizando processos produtivos. Este

investimento contínuo permite que a empresa se adapte rapidamente às demandas do mercado e mantenha altos padrões de qualidade em seus produtos.

#### 5.1.2.1 Drivers organizacionais “Why”

A empresa BETA inicia projetos de automatização por robôs principalmente para otimizar seus recursos, reduzir custos e garantir retorno financeiro. Esses projetos são motivados pela necessidade de melhorar a eficiência produtiva e padronizar processos, ao mesmo tempo em que aumentam a qualidade dos produtos. A automação também é vista como uma forma de manter a competitividade e elevar a visibilidade da empresa no mercado. Esses fatores revelam um foco claro em ganhos econômicos e na melhoria contínua da operação industrial.

A empresa BETA adota projetos de automação por robôs para otimizar recursos, reduzir custos, melhorar a eficiência produtiva e garantir retorno financeiro. Conforme comentário do E7: “Não adianta falar que é por melhoria, porque é por custo. É reduzir custo e melhorar o ganho”. A otimização de recursos, com foco na redução de custos e no retorno financeiro expressivo, para sustentar a competitividade e melhorar a lucratividade da empresa. O E9 comentou: “Eu acho que também acontece na BETA o maior motivo para a gente colocar as automações é financeiro, é ter um retorno financeiro”. O E6 afirmou: “É, primeiramente, é o *Business case*, né? É o retorno do investimento, depois, com as consequentemente, entra à qualidade, a qualidade do produto em si, as qualidades operacionais estão postos repetitivos que não agregam valor”.

A empresa BETA adota a automatização por robôs para aumentar a flexibilidade produtiva, permitindo a rápida adaptação dos processos e a otimização dos investimentos. Essa estratégia também visa melhorar a eficiência e a qualidade dos produtos. Dessa forma, o E7 afirmou: “Eu consigo montar um robô para fazer isso. Aqui, daqui 15 dias, eu preciso pegar esse mesmo robô e colocar para ele jogar celular, não, fazer um teste de *drop*, então eu pego esse mesmo robô, eu levo para lá. Eu acho assim, o investimento”. O E9 comentou: “Em segundo lugar vem a melhoria de qualidade. Com os robôs, você consegue uma precisão melhor e uma estabilidade maior. É um processo muito mais estável, e isso traz aumento de qualidade, desde que bem-feito”.

A empresa BETA investe na automatização por robôs como parte de uma estratégia para fortalecer sua posição no mercado, buscando não apenas ganhos econômicos, mas também maior reconhecimento e liderança no setor. O E10 adicionou à discussão ao afirmar: “Ou seja, a pressão é para você ser cada vez mais produtivo e competitivo”. O E8 ao discutir sobre a segurança e a responsabilidade social, observou: “Ou se a gente estaria expondo, talvez um problema que é aquela história, né. A coloca o robô ali, dá uma oportunidade de mover uma pessoa para outra área e automatiza”.

Na empresa estudada, foram identificados diversos *drivers* que influenciam a adoção de projetos de automatização por robôs. Entre os elementos com maior impacto, destacam-se aqueles relacionados à otimização de recursos, melhorias econômicas e financeiras, eficiência produtiva e padronização, aprimoramento da qualidade, aumento da competitividade e visibilidade, e segurança e responsabilidade social. Esses fatores revelam as principais motivações organizacionais para a implementação de robôs, refletindo a busca por maior eficiência, qualidade e retorno financeiro. A frequência dos *drivers* identificados nessa empresa está detalhada na Tabela 21, com 44 referências codificadas a partir de trechos de entrevistas.

**Tabela 21: Frequência dos *drivers* citados na rede da empresa BETA.**

Categoria	Drivers organizacionais	E6	E7	E8	E9	E10	TOTAL
Aumento da competitividade e visibilidade	aumentar a visibilidade da empresa	0	0	1	0	2	<b>3</b>
	manter a competitividade	0	0	0	0	1	<b>1</b>
Melhorias econômicas e financeiras	<i>business case</i>	2	0	0	0	0	<b>2</b>
	melhorar a lucratividade	0	1	0	0	0	<b>1</b>
	retorno financeiro	1	1	2	1	2	<b>7</b>
Melhoria da eficiência e padronização produtiva	melhorar a eficiência produtiva	1	0	0	0	1	<b>2</b>
	melhorar a flexibilidade	0	2	1	1	0	<b>4</b>
	melhorar a rastreabilidade	0	1	0	0	0	<b>1</b>
	possuir um processo padronizado	0	1	1	0	0	<b>2</b>
Otimização de recursos	redução de custos	0	5	2	1	0	<b>8</b>
	redução de tempo	0	1	0	0	0	<b>1</b>
	redução de erros	0	1	1	0	0	<b>2</b>
Aprimoramento da qualidade	melhorar a qualidade	1	2	1	1	0	<b>5</b>
	maior precisão	0	1	0	1	0	<b>2</b>
Melhorar a segurança e a responsabilidade social	melhorar a segurança e a responsabilidade social	1	1	1	0	0	<b>3</b>
<b>TOTAL</b>		<b>6</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>44</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.1.2.2 Objetivos de investimento

Na empresa BETA, os objetivos organizacionais que direcionam a adoção de projetos de automatização por robôs refletem uma estratégia focada em melhorar a eficiência e a confiabilidade dos processos produtivos. Os principais objetivos incluem a adesão a normas internacionais, garantindo que os padrões globais sejam atendidos, a flexibilidade nos processos para adaptar-se rapidamente a mudanças na produção, a redução de custos por meio da otimização dos recursos, e a implementação de processos confiáveis, que aumentam a qualidade e a segurança das operações. Esses objetivos demonstram o compromisso da empresa em manter-se competitiva e eficiente.

Na empresa BETA, a automação com robôs é direcionada por objetivos que visam aumentar a flexibilidade operacional, permitindo uma rápida adaptação das linhas de produção às demandas variáveis, otimizando processos e garantindo maior eficiência. Assim, o E8 descreveu: “E como eu falei, eu acho que é da flexibilidade de você conseguir mover. É de uma linha para outra ou fazer otimização. Então, mesmo que você tenha ou faça para um produto, aquele produto morreu você consegue com poucas alterações, adaptar para outro produto que você falar”. O E9 comentou: “É um investimento alto, sim, mas dependendo das atividades que ele for fazer e de quantos HCs (*Headcount* - funcionários), né? Quantas pessoas ele for, entre aspas, substituir, você acaba conseguindo justificar de uma forma razoavelmente simples a colocação do robô”.

Na empresa BETA, a automação com robôs tem como objetivo atender a padrões internacionais e garantir que os processos sejam altamente confiáveis, minimizando erros e assegurando consistência operacional. O E8 disse: “Eu acho que entra na parte de garantia da qualidade que uma vez que você tenha um robô, a confiabilidade dele, bem maior comparando a parte humana”. Neste contexto, o E8 complementou: “O ambiente fabril, né, você consegue trabalhar com humanos próximos. Você tem que ter a NR 12 toda ali, é uma questão de segurança, mas é robô trabalhando com pessoas de forma, né, cooperativa mesmo”.

Na empresa BETA, os objetivos descritos para a adoção de projetos de automatização por robôs refletem uma busca estratégica por melhorias em diversas áreas. Dentre os elementos que tiveram maior impacto, destacam-se a adesão a normas internacionais, o aumento da produtividade e flexibilidade, a otimização de custos, e a garantia de processos confiáveis. Esses objetivos descritos indicam uma clara intenção de

alinhar-se com padrões globais, melhorar a eficiência operacional e assegurar a confiabilidade dos processos produtivos. A frequência desses objetivos está detalhada na Tabela 22, com 13 referências codificadas a partir de entrevistas.

**Tabela 22: Frequência dos Objetivos citados na rede da empresa BETA.**

Categoria	Objetivos de investimento	E6	E7	E8	E9	E10	TOTAL
Adesão a normas internacionais	atender padrões internacionais	1	1	0	1	0	<b>3</b>
Aumentar produtividade e flexibilidade	ter processos flexíveis	1	0	1	1	0	<b>3</b>
Otimizar custos	redução de custos	1	1	0	1	0	<b>3</b>
Garantir processos confiáveis	ter processos confiáveis	0	0	2	1	0	<b>3</b>
Fomentar conhecimento e segurança Social	oferecer segurança e responsabilidade social	0	0	1	0	0	<b>1</b>
<b>TOTAL</b>		<b>3</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>13</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.1.2.3 Os benefícios do negócio “What”

A empresa BETA identificou que a adoção de projetos de automatização por robôs traz benefícios em diversas áreas. Entre os principais impactos, destacam-se a melhoria na competitividade, avanços ergonômicos que aumentam a segurança dos trabalhadores e a elevação da qualidade dos produtos. Esses projetos contribuíram para a sustentabilidade ambiental e otimização de processos produtivos, refletindo um compromisso com a eficiência e o bem-estar dos funcionários. Esses benefícios posicionam a empresa de forma mais competitiva no mercado, assegurando maior confiabilidade e adaptabilidade aos padrões globais.

Na empresa BETA, a adoção de robôs visa não apenas a eficiência produtiva, mas também o bem-estar dos trabalhadores, minimizando riscos ergonômicos e promovendo um ambiente de trabalho mais seguro. Conforme o E10 comentou: “Ergonomia quer dizer uma coisa que as pessoas esquecem, né? Assim, ao longo do tempo, isso aí realmente é um grande problema. A gente resolve muito com automação...”. Essas categorias vão ao encontro da observação na empresa BETA, na qual notou-se que os trabalhadores, antes obrigados a caminhar longas distâncias para mover materiais, agora são auxiliados por robôs móveis (AMRs), reduzindo o esforço físico, o risco de acidentes e a fadiga.

A adoção de robôs foi impulsionada pela necessidade de melhorar a eficiência operacional e garantir altos padrões de qualidade, visando aumentar a competitividade e

a confiabilidade dos processos. Assim, o E7 comentou: “Você perdeu lá durante 8 horas por ciclo. Quantas peças? Eu não vou ter perda no final, eu poderia ter produzido mais. Então, os robôs no processo aumentam, eles trazem o ganho de aumento de produtividade”. O E7 disse: “A qualidade da empresa aumenta demais”. Na empresa BETA, foi observado que a implementação dos robôs trouxe maior consistência na produção, elevando a qualidade dos produtos e a confiabilidade da empresa em cumprir prazos e padrões de qualidade, mesmo com poucos postos de inspeção.

Na empresa BETA, a adoção de robôs identificou os benefícios de aumentar a competitividade e o dinamismo no mercado, além de otimizar a eficiência operacional, reduzindo custos e tempo de produção. Conforme o E8 menciona: “Competitividade ajuda bastante, até porque, como falei depois de x tempos, o robô está pago. E você tem que recusar, então a partir dali, né? Todo o benefício é todo custo que você teria com a mão de obra”. O E9 ressaltou a importância desse aspecto: “Então, se você tinha uma linha, por exemplo, com 40 pessoas e colocou 2 robôs, digamos assim, você vai estar operando com 38. E a gente sabe que os custos operacionais não são apenas os custos operacionais, tem uma série de outras coisas envolvidas, né”.

A frequência dos objetivos identificados está detalhada na Tabela 23.

**Tabela 23: Frequência dos Benefícios do negócio citados na rede da empresa BETA.**

Categoria	Benefícios do negócio	E6	E7	E8	E9	E10	Observação	TOTAL
Dinamismo e competitividade no mercado	melhoria na competitividade	0	2	5	2	5	0	<b>14</b>
	rápida transformação e inovação	0	0	0	0	1	0	<b>1</b>
Aprimoramento da produtividade	aumento da confiabilidade	0	1	1	2	1	1	<b>6</b>
	aumento da eficiência	0	0	0	0	0	2	<b>2</b>
	aumento da flexibilidade	0	0	0	0	1	2	<b>3</b>
	aumento da produtividade	0	2	0	1	4	0	<b>7</b>
Eficiência e otimização operacional	redução de custos operacionais	1	0	0	2	0	1	<b>4</b>
	redução de erros de fabricação	0	1	0	0	0	2	<b>3</b>
	redução de tempo	2	2	0	0	0	0	<b>4</b>
Aprimoramento da qualidade	melhoria na qualidade dos produtos	1	2	0	1	2	2	<b>8</b>
	maior precisão na fabricação	1	1	1	1	1	1	<b>6</b>
	melhoria nos produtos	1	0	1	0	0	0	<b>2</b>
Avanços humanos e sustentáveis na indústria	melhorias ergonômicas e segurança para os trabalhadores	1	2	1	0	5	2	<b>11</b>
	melhoria na sustentabilidade ambiental	0	0	1	0	2	1	<b>4</b>
	melhor utilização da mão de obra	0	0	2	0	3	0	<b>5</b>
	aumento do conhecimento	0	1	0	1	2	1	<b>5</b>
<b>TOTAL</b>		<b>7</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>27</b>	<b>15</b>	<b>85</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na empresa BETA, identificou-se que os benefícios decorrentes da adoção de projetos de automatização por robôs impactam várias áreas. Dentre os elementos com maior impacto, destacam-se os avanços em ergonomia e segurança para os trabalhadores, a melhoria na sustentabilidade ambiental, e a otimização dos processos produtivos. Esses benefícios refletem um compromisso com a sustentabilidade e o bem-estar dos funcionários, além de uma clara busca por aumento de produtividade e competitividade no mercado.

#### 5.1.2.4 *IS/TI enablers*

Na empresa BETA, as tecnologias de robótica são operacionalizadas por meio de um processo que envolve a instalação, utilização e integração eficiente de robôs colaborativos e móveis, sistemas de visão e conectividade IoT. Esses robôs são implementados em diversas aplicações, desde tarefas simples até funções complexas, como testes e logística. A integração com sistemas de visão e a coleta de dados em tempo real permitem ajustes imediatos nos processos, otimizando a produção e garantindo alta qualidade. A conectividade IoT facilita a manutenção preditiva, reduzindo a inatividade e melhorando a eficiência operacional da planta.

Na empresa BETA, a operacionalização das tecnologias de robótica envolve a implementação, utilização e integração dessas soluções em operações diárias, desde a instalação dos equipamentos até seu uso contínuo para atingir objetivos estratégicos. Desta forma, o E7 comentou: “Então, assim, os Cobots podem ser usados em várias aplicações, né? Aí eu falei para você, a gente usa desde aplicar pastas térmicas até em jogar celular para fazer *drop test*, fazer testes de celular, inserção de USB. Já os outros robôs que você mencionou como colaborativos são os robôs que a maioria das empresas está utilizando”. O E8 comentou sobre os robôs móveis: “Temos a AMRs, né, que faz toda a parte de logística dentro da fábrica”. Essas categorias corroboram as observações na empresa BETA, na qual se verificou que os robôs na fábrica estão equipados com sistemas de visão, sensores e conectividade IoT, permitindo a coleta e análise de dados em tempo real para monitorar o desempenho e prever manutenções.

O processo de implementar, utilizar e integrar tecnologias da I4.0 para garantir que as operações sejam eficientes está alinhada com os objetivos estratégicos da organização, conforme o E10 afirmou: “Diria que é um movimento relativamente jovem,

não estamos falando aí de 10 anos, talvez um pouco mais, né? E a grande questão, quando se fala de Indústria 4.0, são os pilares, né?...Eu cito alguns aqui, mas não me limito a dizer que são só esses ou quantos podem ser, né". Essas categorias vão ao encontro das observações feitas na empresa BETA, na qual notou-se que a conectividade facilita a manutenção preditiva, reduz o tempo de inatividade e melhora a eficiência geral da planta, garantindo a otimização dos robôs e a alta qualidade dos produtos.

Na empresa BETA, comprehende-se que as tecnologias empregadas na automação por robôs têm desempenhado um papel importante em sua operação no segmento de eletrônicos. Os elementos com maior impacto incluem os robôs colaborativos e móveis que são integrados com sistemas de visão e conectividade IoT para otimizar a produção e garantir a qualidade dos produtos. A conectividade dessas tecnologias facilita a manutenção preditiva e permite ajustes em tempo real nos processos. A frequência das *IS/TI enablers* dessa empresa está detalhada na Tabela 24.

**Tabela 24: Frequência das Tecnologias habilitadoras citados na rede da empresa BETA.**

Categoria	Tecnologia habilitadora	E6	E7	E8	E9	E10	Observação	TOTAL
robô colaborativo	robô colaborativo	4	8	4	3	8	1	<b>28</b>
robô industrial	robô industrial	1	2	2	0	5	1	<b>11</b>
robô móvel	robô móvel	6	4	2	1	3	1	<b>17</b>
robótica	robótica	2	4	6	2	0	1	<b>15</b>
Tecnologias da Indústria 4.0	indústria 4.0	0	1	0	0	7	0	<b>8</b>
	integração de dados	0	2	1	3	1	2	<b>9</b>
	inteligência artificial	0	0	1	0	2	0	<b>3</b>
	internet das coisas	1	0	1	0	2	2	<b>6</b>
	manufatura aditiva	0	0	0	0	3	0	<b>3</b>
	simulações	0	0	0	0	2	0	<b>2</b>
Indústria 5.0	indústria 5.0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
Sistema de visão	sistema de visão	1	3	1	3	0	1	<b>9</b>
Outras tecnologias	scanners, AGVs, Laser, RFID	1	2	0	0	0	0	<b>3</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>16</b>	<b>27</b>	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>33</b>	<b>9</b>
								<b>115</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 5.1.2.5 *Enabling changes*

Na empresa BETA, as mudanças necessárias para alcançar os benefícios desejados nos projetos de automatização por robôs estão centradas em três áreas principais: treinamento e capacitação, mudança cultural e adaptação de processos. A capacitação dos funcionários garante que as novas tecnologias sejam bem compreendidas

e aceitas, promovendo uma mudança cultural que favorece a inovação. A adaptação dos processos internos integrar-se às novas ferramentas de forma eficiente. A comunicação eficaz e a coordenação entre equipes também são fatores centrais para o alinhamento com os novos objetivos organizacionais.

Na empresa BETA, a implementação de robôs exige mudanças na cultura organizacional, além de um forte enfoque na capacitação contínua dos funcionários para garantir a adaptação às novas tecnologias. O E6 comentou: “Recebeu um robô para trabalhar junto com ela, mas com o passar do tempo, provando que os projetos são viáveis, ajuda no processo e o pessoal adere bem”. O E10 adicionou à discussão ao afirmar: “Também temos o treinamento de robôs colaborativos, fixos, industriais e móveis para que a gente consiga destravar a roda, não é”.

A adaptação às novas tecnologias de automação robótica não se limita à cultura organizacional e capacitação, mas também envolve uma infraestrutura robusta que apoia todo o ciclo de vida dos produtos e serviços. O E10 complementou: “Além da própria estrutura da BETA que a gente tem...Nós também temos o instituto de tecnologia, ligado à BETA, que suporta o desenvolvimento, seja de produtos que vamos manufaturar ali na BETA ou para outros clientes, mesmo fora, com uma infraestrutura completa de laboratórios, linhas de prototipagem, e suporte para IoT, Automação, simulação e toda a parte de *software* também”.

Na empresa BETA, comprehende-se que as *Enabling changes* necessárias para a adoção eficaz de projetos de automatização por robôs estão em várias áreas críticas. Entre os elementos com maior impacto, destacam-se a adaptação da cultura organizacional e a capacitação dos funcionários. Ademais, a empresa tem focado em mudanças nos processos e na melhoria da comunicação e coordenação das equipes, assegurando que todos estejam alinhados com os novos objetivos. A frequência dos *Enabling changes* dessa empresa está detalhada na Tabela 25, com 25 referências codificadas a partir de entrevistas, permitindo uma visão clara das adaptações necessárias no segmento de eletrônicos.

**Tabela 25: Frequência dos *Change enablers* citados na rede da empresa BETA.**

Categorias	<i>Change enablers</i>	E6	E7	E8	E9	E10	TOTAL
Mudar processos	mudar processos	1	1	1	2	0	<b>5</b>
Infraestrutura e tecnologia	infraestrutura tecnológica	0	0	0	0	2	<b>2</b>
Cultura organizacional e capacitação	mudança cultural	1	1	1	1	1	<b>5</b>
	treinamento e capacitação	1	3	1	0	3	<b>8</b>

Comunicação e coordenação de equipes	comunicação eficiente	0	0	1	0	1	<b>2</b>
	engajamento das equipes	1	0	0	0	2	<b>3</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>25</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.1.2.6 Mudança nos Negócios

Na empresa BETA, as mudanças no negócio decorrentes da adoção de tecnologias emergentes em projetos de automação por robôs impactam diretamente a credibilidade no mercado e a estrutura interna dos times. A credibilidade aumentou à medida que os projetos de automação mostraram sucesso, reforçando a confiança em soluções tecnológicas. A estrutura organizacional foi alterada para acomodar novos departamentos e equipes, refletindo a integração dessas tecnologias. A customização para atender às demandas de mercado e a inovação contínua são pilares dessas transformações, adaptando a empresa às novas exigências do setor.

Na empresa BETA, a implementação de tecnologias emergentes em automação por robôs resultou em transformações, fortalecendo a credibilidade no mercado e exigindo adaptações organizacionais, como a criação de novos departamentos e a customização de processos. Desse modo, o E6 comentou: “A maior parte do negócio eu vejo pela credibilidade das automações que a gente começou. Então, no ano fiscal de 2021, a gente começou com 4 AMRs e 2 cobots. O projeto deu certo, foi um sucesso e tal. No outro ano, a gente já foi para 20 cobots e 10 AMRs”. Essas categorias vão ao encontro dos documentos encontrados no site da empresa BETA, na qual foi destacado o objetivo de ser o parceiro global mais confiável em tecnologia, cadeia de suprimentos e soluções de fabricação para melhorar o mundo.

O E7 ao analisar esses elementos, afirmou: “Ela que vai definir algumas coisas, então você vai criando outros departamentos da indústria. Se for fazendo essas automações com o tamanho da sua operação ainda, né?”. Essas categorias estão alinhadas com os documentos encontrados no site da empresa BETA, na qual se destacou a liderança em tecnologias avançadas de fabricação e o compromisso em projetar produtos de maneira mais eficiente e com menor risco, utilizando *expertise* em engenharia e inovação.

O E10 comentou : “E não é somente os colaboradores que eu falo, de engenharia ou de *supply chain*, não de áreas variadas, inclusive a própria produção, para que todos

tenham *MindSet* de inovação”. Dessa forma, o E10 complementou o tema: “A gente tem feito também muito, é desafios tecnológicos, né? Assim, fugir não somente da parte de melhoria contínua, *Kaizen*, que é uma coisa muito forte, né? Da própria cultura da organização na área de tecnologia, a gente viu que existia palco também possível, que as pessoas conseguirem mostrar o que elas sabiam de tecnologia e expor um pouquinho de seus projetos que eventualmente poderiam se tornar projetos do dia a dia da produção ou do instituto tecnologia”. Essas categorias estão alinhadas com os documentos do site da empresa BETA, que destacam a importância de um parceiro tecnológico experiente para transformar ideias em produtos, desde a prototipagem até a produção, com segurança e eficiência.

Na empresa BETA, investigou-se as mudanças nos negócios resultantes da adoção de tecnologias emergentes em projetos de automatização por robôs. Os elementos que tiveram maior impacto incluem a credibilidade e customização para o mercado, além das mudanças organizacionais e transformações nos processos produtivos. Essas mudanças refletem a adaptação da empresa às novas demandas do mercado e a capacidade de inovar continuamente. A frequência desses elementos está detalhada na Tabela 26, com 29 referências codificadas a partir de entrevistas, permitindo uma compreensão aprofundada das transformações ocorridas no ambiente organizacional e no segmento eletrônico.

**Tabela 26: Frequência das Mudanças no negócio citadas na rede da empresa ALFA.**

Categoria	Mudança ambiente do negócio	E6	E7	E8	E9	E10	Documentos	TOTAL
Credibilidade e customização para o mercado	mudança no mercado	0	0	0	1	0	0	<b>1</b>
	credibilidade para o mercado	2	0	1	1	0	6	<b>10</b>
	customização dos produtos	0	1	0	0	0	2	<b>3</b>
Inovação e desenvolvimento	<i>mindset</i> de inovação	0	0	0	0	1	1	<b>2</b>
	novas ideias para o negócio	0	0	0	0	1	0	<b>1</b>
Transformação nos processos	transformação nos processos	0	1	2	1	0	0	<b>4</b>
Mudanças organizacionais	mudança na estrutura dos times	0	1	0	0	0	3	<b>4</b>
	mudança na forma de gestão	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
Sustentabilidade	busca pela sustentabilidade	0	0	0	0	0	3	<b>3</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>29</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.1.2.7 Amarração da rede “How”

A partir da análise do material coletado sobre a empresa de manufatura selecionada BETA, procedeu-se à codificação das entrevistas, observações e documentos no *software* Atlas.TI. Isso resultou na seguinte proposta de Rede de Dependência de Benefícios (RDB) para o caso em estudo, conforme Figura 14.

As setas da Figura 14 ilustram as conexões entre diferentes elementos da rede, representando as dependências entre as partes. As cores no modelo da RDB representam as categorias identificadas, conforme apresentado nas tabelas anteriores desta seção. Cada cor corresponde a uma categoria específica, facilitando a visualização e compreensão das conexões entre os elementos.

Na empresa BETA, a Rede de Dependência de Benefícios (RDB) emerge como uma estrutura complexa e interconectada, na qual cada elemento desempenha um papel para alcançar os objetivos estratégicos da organização. Esta rede é construída com base em uma série de *drivers*, objetivos, benefícios, tecnologias habilitadoras e mudanças necessárias, que juntos formam um sistema coerente e integrado.

A conexão inicial na RDB da BETA é estabelecida pelos *drivers* organizacionais, que representam as motivações subjacentes para a adoção de tecnologias de automação, como robôs colaborativos e móveis. Por exemplo, o *driver* "redução de custos" está diretamente ligado ao objetivo de "reduzir custos operacionais", que por sua vez, se conecta aos benefícios como "redução de erros de fabricação" e "melhor utilização da mão de obra". Este alinhamento entre *drivers* e objetivos reflete uma estratégia clara de otimização de recursos, na qual cada ação é orientada para alcançar resultados específicos que impulsionam a eficiência e a competitividade da empresa.

Outro aspecto na RDB é a relação entre os objetivos de investimento e os benefícios esperados. O objetivo de "ter processos flexíveis", por exemplo, não apenas melhora a competitividade da BETA, mas também possibilita uma "rápida transformação e inovação", além de "aumentar a produtividade e a flexibilidade". Este objetivo está ligado ao uso de robôs móveis, que permitem adaptações rápidas nas linhas de produção, suportando a capacidade da empresa de responder prontamente às demandas do mercado.

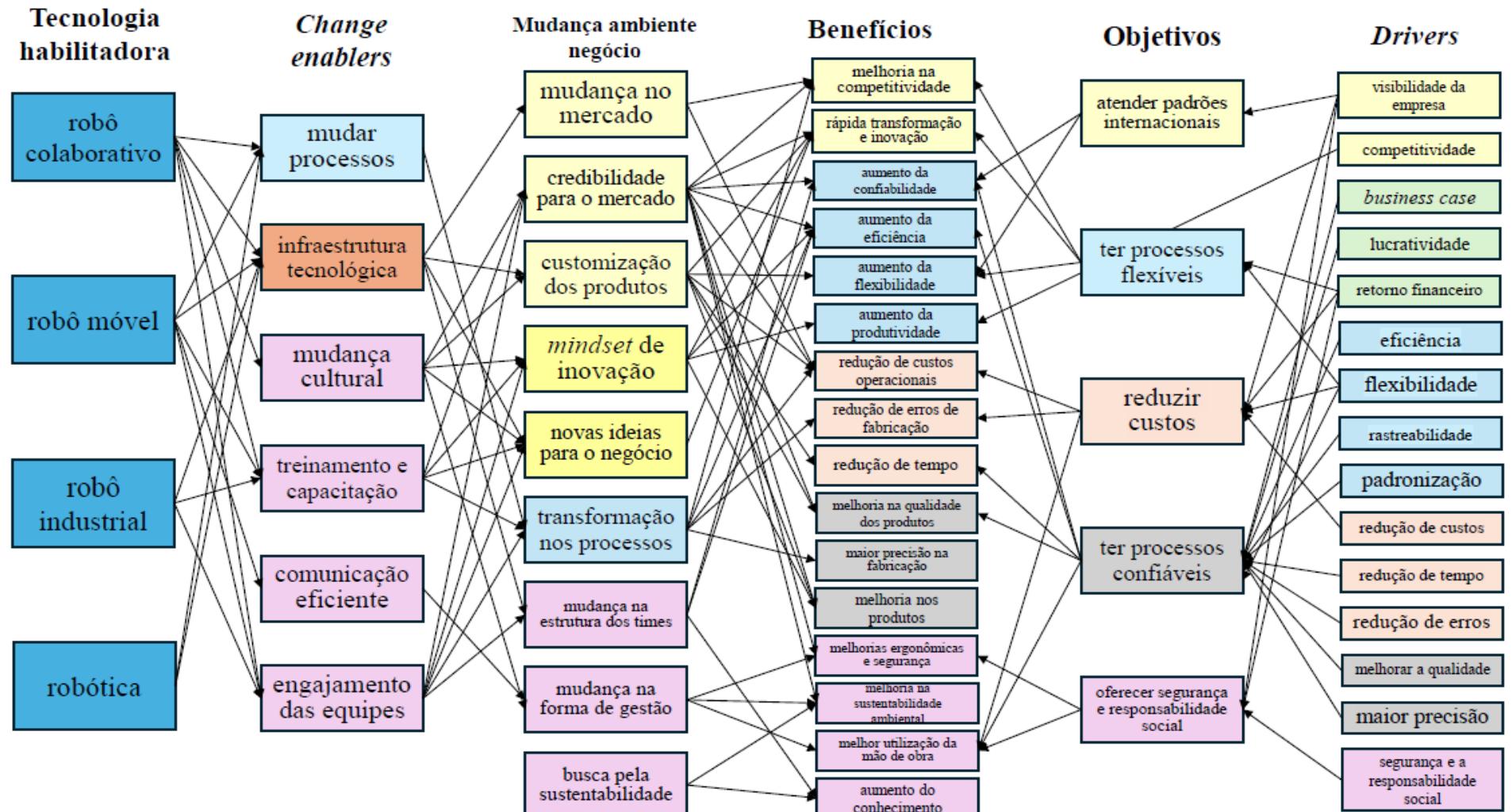


Figura 14. RDB da empresa de manufatura do segmento eletrônico.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As tecnologias habilitadoras desempenham um papel central na materialização desses benefícios. A tecnologia de robôs colaborativos, por exemplo, está associada aos *change enablers*, como a "mudança cultural" e o "treinamento e capacitação". Essas mudanças são necessárias para garantir que os colaboradores da BETA estejam preparados para interagir com as novas tecnologias e para que a cultura organizacional evolua no sentido de aceitar e otimizar o uso dessas ferramentas. Além disso, a infraestrutura tecnológica é adaptada para suportar essas inovações, garantindo que os robôs possam operar de maneira integrada e eficiente dentro dos processos produtivos.

Um ponto de intersecção na RDB é a conexão entre as mudanças no ambiente de negócios e os benefícios organizacionais. Mudanças como o aumento da "credibilidade para o mercado" e o "*mindset* de inovação" são habilitadas pela adoção de novas tecnologias e pela mudança na estrutura organizacional. Esses fatores, por sua vez, impulsionam benefícios como "melhoria na competitividade", "aumento da confiabilidade" e "melhoria na sustentabilidade ambiental", todos parte do posicionamento estratégico da BETA no mercado global.

A interdependência entre os diferentes elementos da RDB na BETA é ainda mais evidente quando se observa a necessidade de mudança nos processos organizacionais para suportar os objetivos estratégicos da empresa. A implementação de robôs móveis e colaborativos, por exemplo, exige não apenas mudanças na infraestrutura tecnológica, mas também uma reestruturação das equipes e uma adaptação dos processos de produção. Essas mudanças possibilitam que os benefícios esperados sejam alcançados de forma eficaz e sustentada ao longo do tempo.

Por fim, a RDB da BETA revela uma abordagem holística para a automação industrial, na qual cada componente da rede é cuidadosamente planejado e executado para maximizar os resultados. Ao conectar *drivers*, objetivos, benefícios, tecnologias habilitadoras e mudanças organizacionais, a BETA consegue criar um ambiente de negócios dinâmico e adaptável, capaz de responder às pressões competitivas do mercado global e de se posicionar como líder em inovação e eficiência operacional.

Em resumo, as conexões dentro da RDB da BETA são complexas, mas coerentes, refletindo uma estratégia integrada que alinha os investimentos em tecnologia com os objetivos de negócio e os benefícios esperados. Essa rede de dependências não apenas orienta as decisões de investimento da empresa, mas também assegura que cada

passo dado em direção à automação contribua para o sucesso a longo prazo da organização.

### 5.1.3 Empresa OMEGA

OMEGA é uma empresa global especializada em equipamentos médicos inovadores, dedicada a melhorar a saúde e a qualidade de vida das pessoas. Fundada há mais de 90 anos, a empresa se compromete com a prevenção, tratamento e gestão de condições de saúde por meio de tecnologia avançada. Seus produtos incluem monitores de pressão arterial, termômetros, inaladores, massageadores e dispositivos para cuidados corporais e respiratórios, sendo amplamente utilizados tanto em ambientes domésticos quanto clínicos.

A missão de OMEGA é alcançar "Zero" eventos adversos de saúde em áreas como ataques cardíacos, problemas respiratórios e dores crônicas. Para isso, a empresa investe continuamente em pesquisa e desenvolvimento, oferecendo soluções que integram tecnologia de ponta e facilidade de uso, contribuindo para um futuro mais saudável e sustentável.

OMEGA possui uma forte presença internacional, operando em mais de 110 países e mantendo um compromisso com a inovação e a qualidade. Seus produtos são projetados para serem precisos, confiáveis e acessíveis, atendendo a uma vasta gama de necessidades médicas e de bem-estar.

A empresa também se destaca por sua visão de cuidados personalizados e preventivos, buscando sempre oferecer soluções que se adaptem ao dia a dia das pessoas de maneira eficiente e natural. Ao longo de sua trajetória, OMEGA tem se mostrado líder no setor de saúde, não apenas pelo seu portfólio de produtos, mas também pelo seu compromisso com a melhoria contínua e a responsabilidade social.

A empresa OMEGA foca principalmente em robôs industriais, destacando-se na automação de processos produtivos com alta eficiência e precisão. No entanto, a maturidade de OMEGA em robôs colaborativos e robôs móveis ainda está em desenvolvimento, com menor adoção dessas tecnologias na sua operação. A robótica em geral na empresa tem um caminho a percorrer para atingir níveis mais avançados,

especialmente em termos de flexibilidade e integração com outras tecnologias emergentes.

#### 5.1.3.1 *Drivers organizacionais “Why”*

A empresa OMEGA inicia projetos de automação por robôs com o motivo de melhorar a eficiência produtiva e padronização, buscando maior flexibilidade nas operações. A otimização de recursos é outro fator-chave, com ênfase na redução de custos e tempo, tornando a produção mais competitiva. A segurança e responsabilidade social são considerações que, assim como o retorno financeiro, garantem que o investimento feito tenha um *payback* atrativo.

A empresa OMEGA investe em automação robótica para aumentar a eficiência, padronizar processos e garantir flexibilidade, visando reduzir custos, tempo e melhorar a competitividade no mercado. Assim, o E12 comentou: “Acho que pensando no robô, um dos motivos da escolha pelo robô é a versatilidade. Hoje, você tem um processo, uma linha de produção, e consegue ajustar o robô para essa linha no futuro. Como tudo é muito dinâmico, pode ser que esse produto tenha uma baixa no mercado”.

A adoção de projetos de automação por robôs na OMEGA é impulsionada pela busca por eficiência produtiva, padronização de processos e flexibilidade operacional. A empresa também visa otimizar recursos, principalmente por meio da redução de custos e do tempo de produção. Deste modo, o E15 comentou: “Então a gente não pensa só no curso, mas sempre normalmente nasce pensando em redução de custo, entendeu”. O E16 complementou: “Hoje, os custos internos nesse processo manual são muito altos, então um projeto de automação com robô se torna viável para reduzir esses custos internos e aumentar a competitividade no mercado”. Assim, o E12 comentou: “Aí, eu acho que o principal é o *payback*, né. Independente do quanto você vai investir, tem que ver quanto tempo vai levar para ter esse retorno...Pra mim, isso é o determinante, o *payback* é o fator principal”. A OMEGA adota automação robótica para melhorar a eficiência, otimizar recursos e fortalecer sua posição e competitividade no mercado. Dessa forma, o E14 comentou: “No ponto de vista de mercado, né, eu sei que muitos dos nossos clientes querem ter robôs até para poderem demonstrar que a indústria deles está evoluindo, que a robótica é importante e que eles estão participando desse momento de transformação”.

Identificou-se, na empresa de manufatura OMEGA, um conjunto de *drivers* que orientam a adoção de projetos de automação por robôs, categorizados em seis principais grupos. Os elementos de maior impacto incluem a “Melhoria da eficiência e padronização produtiva”, destacando-se a busca por maior eficiência produtiva e flexibilidade. Outro ponto foi a “Otimização de recursos”, com foco na redução de custos e tempo. Adicionalmente, aspectos como segurança, responsabilidade social, e retorno financeiro também se mostraram influentes. A frequência dos *drivers* dessa empresa está detalhada na Tabela 27, que agrupa 31 referências codificadas das entrevistas realizadas.

**Tabela 27: Frequência dos *drivers* citados na rede da empresa OMEGA.**

Categoria	Drivers organizacionais	E11	E12	E13	E14	E15	E16	TOTAL
Aumento da competitividade e visibilidade	aumentar a visibilidade da empresa	0	0	0	2	0	0	<b>2</b>
	manter a competitividade	0	0	1	0	0	1	<b>2</b>
Melhorias econômicas e financeiras	retorno financeiro	2	1	1	0	0	0	<b>4</b>
Melhoria da eficiência e padronização produtiva	melhorar a eficiência produtiva	2	1	1	1	0	1	<b>6</b>
	melhorar a flexibilidade	0	1	0	0	0	1	<b>2</b>
	melhorar a rastreabilidade	0	0	1	0	0	0	<b>1</b>
Otimização de recursos	redução de custos	0	0	0	0	3	2	<b>5</b>
	redução de tempo	2	0	0	0	1	0	<b>3</b>
	redução de erros	1	0	0	0	0	0	<b>1</b>
Aprimoramento da qualidade	melhorar a qualidade	0	0	1	0	0	0	<b>1</b>
Melhorar a segurança e a responsabilidade social	melhorar a segurança e a responsabilidade social	0	0	1	1	1	1	<b>4</b>
<b>TOTAL</b>		<b>7</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>31</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.1.3.2 Objetivos de investimento

Os objetivos organizacionais que direcionam a adoção de projetos de automação por robôs na empresa OMEGA incluem, principalmente, o aumento da produtividade e a flexibilidade dos processos. Esses elementos possibilitam que ela responda rapidamente às demandas do mercado e mantenha a eficiência operacional. A maximização do retorno financeiro e o aumento da competitividade são metas recorrentes. A empresa também busca garantir processos confiáveis, aderir a normas internacionais, otimizar custos e fomentar o conhecimento e a segurança social.

A empresa OMEGA direciona seus projetos de automatização por robôs para aumentar a produtividade e garantir processos flexíveis, mantendo agilidade e eficiência em um mercado competitivo. Desse modo, o E15 comentou: “Mais produtividade, porque

eles são muito mais rápidos do que é o ser humano”. Sobre a flexibilidade o E14 comentou: “Todos os robôs que a gente opera tem uma flexibilidade muito grande de adaptação para diferentes. Atividades, e isso fazem com que o que o seja outro fator de decisão”. Neste contexto, o E11 falou: “Nos que eu pude participar pelo retorno (financeiro) mesmo, não é. E pela chance de a gente conseguir com menos pessoas, produzir um *mix* maior de produtos” e o E12 destacou a importância do aspecto da competitividade: “E também acho que a competitividade, principalmente no mercado externo, está cada vez mais acirrada. O objetivo que eu entendo da companhia é um aumento de competitividade. Acho que isso é o principal”.

A empresa OMEGA orienta seus projetos de automação por robôs para aumentar a produtividade e garantir flexibilidade, permitindo rápida adaptação às demandas do mercado e mantendo altos padrões operacionais, conforme o E13 comentou: “Isso aí atinge diretamente a organização. Vamos falar assim, em relação ao processo. Ter um processo mais bem definido, com uma rastreabilidade clara de onde está saindo o produto e a quantidade, facilita muito o controle da produção pela organização”. O E14 comentou: “Gente, isso é um grande objetivo da gente descentralizar as indústrias, então, exatamente por conta de risco global, China é um grande risco para o mundo hoje”. O E16 adicionou à discussão ao afirmar: “É o de forma geral, né. Tem pequenos, objetivos envolvidos, mas o objetivo central é redução de custo final do produto”.

Foram descritos, na empresa de manufatura OMEGA, os principais objetivos que direcionam a adoção de projetos de automação por robôs no segmento de “Cuidados com a Saúde”. Esses objetivos foram organizados em sete categorias principais, com destaque para o aumento da produtividade e flexibilidade. Além de que, maximizar o retorno financeiro e aumentar a competitividade também foram metas recorrentes. A confiabilidade dos processos, a adesão a normas internacionais, a otimização de custos e o fomento ao conhecimento e segurança social também foram descritos como objetivos. A frequência dos objetivos dessa empresa está detalhada na Tabela 28, totalizando 34 referências.

**Tabela 28: Frequência dos Objetivos citados na rede da empresa OMEGA.**

Categoria	Objetivos de investimento	E11	E12	E13	E14	E15	E16	TOTAL
Adesão a normas internacionais	atender padrões internacionais	0	0	0	2	0	0	2
Ser competitivo	aumento da competitividade	0	1	1	2	1	0	5
Maximizar retorno financeiro	retorno financeiro	2	0	0	3	0	0	5

Aumentar produtividade e flexibilidade	ter o aumento da produtividade	0	0	2	3	1	1	<b>7</b>
	ter processos flexíveis	1	1	1	4	0	0	<b>7</b>
Otimizar custos	redução de custos	0	0	0	0	1	1	<b>2</b>
Garantir processos confiáveis	ter processos confiáveis	1	0	3	0	0	0	<b>4</b>
Fomentar conhecimento e segurança Social	oferecer segurança e responsabilidade social	0	0	1	1	0	0	<b>2</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>34</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.1.3.3 Os benefícios do negócio “What”

A empresa OMEGA identificou diversos benefícios decorrentes da adoção de projetos de automatização por robôs, agrupados em seis categorias principais. Destacam-se os avanços humanos e sustentáveis na indústria, com melhorias ergonômicas e de segurança para os trabalhadores. Esses projetos também contribuíram para otimizar a produtividade e a flexibilidade dos processos, resultando em maior confiabilidade e eficiência. Além disso, houve redução nos custos operacionais e nos erros de fabricação, aprimorando a qualidade dos produtos e garantindo maior precisão na produção, o que fortalece a competitividade da empresa no mercado.

A empresa OMEGA destacou que a automatização por robôs melhorou a segurança e as condições de trabalho, reduzindo o esforço físico dos operadores e tornando o ambiente mais seguro e eficiente. O 15 comentou: “Ei, como te falei como outro benefício é reduzir esforço físico dos operadores dentro de quem está fazendo o processo manual, entendeu”. Essas categorias corroboram as observações feitas na empresa OMEGA, na qual a introdução de robôs colaborativos melhorou a segurança e a ergonomia dos trabalhadores, assumindo tarefas fisicamente extenuantes e perigosas, como o levantamento de cargas pesadas, prevenindo assim lesões. Assim, o E13 ao falar sobre essa questão, afirmou: “O colaborador de fazer aquelas movimentações às vezes 10 km por dia, carregando um super peso, tem que ter uma quantidade gigantesca, né”. Essas categorias vão ao encontro das observações feitas na empresa OMEGA, na qual a combinação de soluções ergonômicas e automação criou um ambiente de trabalho mais seguro e saudável. Tarefas repetitivas foram automatizadas, permitindo aos trabalhadores focarem em atividades de maior valor agregado e exigência cognitiva.

A empresa OMEGA investiu em automação por robôs para aumentar a flexibilidade da produção, permitindo ajustes rápidos e eficientes em um ambiente de alta

personalização e resposta ágil ao mercado. Desse modo, o E11 comentou: “E isso é o que eu falei, que a questão do *setup*. Com um *mix* maior de produtos, você consegue flexibilizar mais a produção”. Essas categorias estão alinhadas com as observações na empresa OMEGA, na qual a automação demonstrou ser importante para setores que exigem personalização e rápida resposta ao mercado. A planta evidenciou como a produção flexível, com mudanças rápidas entre produtos, mantém eficiência e qualidade.

O E15 comentou sobre o custo: “E a gente espera com o menor custo possível, entendeu.”. O E16 complementou: “Também a redução de erros de fabricação, como montagem incorreta. O operador cansa, está desgastado, fadigado. Então, com um robô ali ajudando, a gente tem, entre aspas, um *pokayoke* mais eficiente e uma produção mais eficiente também”. Essas categorias vão ao encontro das observações feitas na OMEGA, na qual a automação foi adotada para aumentar a eficiência produtiva e reduzir custos. A implementação de robôs permitiu a execução rápida e precisa de tarefas repetitivas, minimizando erros, retrabalhos e a dependência de mão-de-obra intensiva.

A empresa OMEGA tem focado na automação robótica para garantir maior eficiência, repetibilidade e padronização dos processos, resultando em produtos de alta qualidade que atendem consistentemente às exigências do mercado. O E15 comentou: “A gente tem uma eficiência, a gente tem uma repetibilidade, a gente tem um padrão que é um robô, a gente não consegue com pessoas, entendeu”. Essas categorias confirmam as observações na OMEGA, na qual a automação robótica melhorou a qualidade dos produtos, assegurando precisão milimétrica e eliminando variações humanas, resultando em produtos que consistentemente atendem aos padrões de qualidade exigidos. O E16 comentou sobre o portfólio: “Trazer uma competitividade maior nossos produtos no mercado. Hoje a nossa marca é conhecida como uma marca *premium*. Entre esses a parte de cuidados com a saúde, e não era exatamente o público. A gente quer entender, não quer atender um público mais geral, como baixa média, renda também, e melhorar os custos de produção vai ajudar a gente a ser mais bem posicionado no mercado”.

Identificou-se, na empresa de manufatura OMEGA, uma série de benefícios decorrentes da adoção de projetos de automatização por robôs. Esses benefícios foram agrupados em seis categorias principais, com destaque para os avanços humanos e sustentáveis na indústria, na qual melhorias ergonômicas e de segurança para os trabalhadores tiveram maior impacto. Também foi identificada uma otimização na produtividade, flexibilidade e confiabilidade dos processos, além de uma redução

expressiva nos custos operacionais e erros de fabricação. A qualidade dos produtos também foi aprimorada, garantindo maior precisão na fabricação. A frequência dos benefícios dessa empresa está detalhada na Tabela 29.

**Tabela 29: Frequência dos Benefícios do negócio citados na rede da empresa OMEGA.**

Categoria	Benefícios do negócio	E11	E12	E13	E14	E15	E16	Observação	TOTAL
Dinamismo e competitividade no mercado	melhoria na competitividade	0	0	0	0	0	2	0	<b>2</b>
	rápida transformação e inovação	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
Aprimoramento da produtividade	aumento da confiabilidade	0	2	1	0	1	0	1	<b>5</b>
	aumento da eficiência	0	0	0	1	1	0	2	<b>4</b>
	aumento da flexibilidade	1	1	1	2	0	0	2	<b>7</b>
	aumento da produtividade	1	0	1	0	0	2	0	<b>4</b>
Eficiência e otimização operacional	redução de custos operacionais	0	0	1	2	1	0	1	<b>5</b>
	redução de erros de fabricação	0	0	0	0	0	1	2	<b>3</b>
	redução de tempo	0	0	2	0	0	0	1	<b>3</b>
Aprimoramento da qualidade	melhoria na qualidade dos produtos	1	0	0	0	0	0	2	<b>3</b>
	maior precisão na fabricação	0	1	0	1	1	0	0	<b>3</b>
Avanços humanos e sustentáveis na indústria	melhorias ergonômicas e segurança para os trabalhadores	1	1	2	0	1	0	2	<b>7</b>
	melhoria na sustentabilidade ambiental	0	0	1	2	0	1	1	<b>5</b>
	melhor utilização da mão de obra	0	1	2	0	1	1	1	<b>6</b>
	aumento do conhecimento	0	1	0	0	0	2	0	<b>3</b>
<b>TOTAL</b>		<b>4</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>61</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 5.1.3.4 IS/TI enablers

Na empresa OMEGA, a operacionalização das tecnologias robóticas envolve um processo cuidadoso de implementação, utilização e integração nas operações diárias. Essas tecnologias, especialmente a robótica industrial e os sistemas de visão, são instalados para automatizar tarefas repetitivas, melhorar a precisão e garantir rastreabilidade. A robótica colaborativa auxilia na montagem de componentes eletrônicos. A integração dessas tecnologias com sistemas de TI e IoT permite monitoramento em tempo real e maior conectividade, para atender às demandas da Indústria 4.0.

A empresa OMEGA implementa e integra tecnologias robóticas de forma estratégica para otimizar operações e atingir seus objetivos empresariais, desde a instalação dos equipamentos até sua aplicação prática. Assim, o E11 comentou: “Infelizmente não tanto quanto eu gostaria. Não, não temos tantos robôs aqui assim é, eu vejo. Vejo oportunidade de muitos”. O E16 ao falar sobre a tecnologia em questão, afirmou: “A robótica visa proporcionar mais dinâmica ao processo, eliminando tarefas muito repetitivas que podem ser realizadas por uma máquina em vez de uma pessoa. Vem aumentar a produtividade, por isso focamos em projetos de robótica móvel para movimentação de cargas entre estações, né, e também para logística, além da parte de robôs colaborativos para ajudar na montagem de eletrônicos e carcaças de pequeno porte”.

A operacionalização dessas tecnologias na OMEGA envolve a implementação, uso e integração em operações, desde a instalação dos sistemas até sua aplicação prática para atingir metas empresariais. Sobre isso, o E11 comentou: “Com a indústria 4.0 cada vez mais, a gente precisa de informação em tempo real”. O E13 comentou sobre algumas dessas tecnologias: “Eu acho que é bem esse ponto da conectividade. Toda essa automação, essa tecnologia, hoje, o robô vai facilitar muito a questão de você ter essa rastreabilidade. E junto com ele, trazemos outras tecnologias para garantir essa conectividade com o sistema de TI”. O E14 adicionou à discussão ao afirmar: “E a proteção disso com o ambiente externo, principalmente a parte de *cyber*, que é fundamental para a gente. Eu imagino que o futuro da robótica na indústria passa por essa demanda de integração com a parte de *software*. De quanto o *software* vai ser capaz de se transformar e prever situações para a indústria”.

A empresa estudada comprehende uma ampla gama de tecnologias avançadas, com destaque para aquelas voltadas à robótica, que tiveram um impacto em suas operações. Essas tecnologias foram categorizadas em quatro principais grupos, na qual a categoria de "robótica" foi a mais citada, refletindo sua importância estratégica. A integração dessas tecnologias à estrutura empresarial no segmento de “Cuidados com a Saúde” evidencia a relevância da automação para aumentar a produtividade e eficiência. A Frequência dos *IS/TI enablers* dessa empresa está detalhada na Tabela 30, resultado da codificação de trechos de observação e entrevistas.

**Tabela 30: Frequência das Tecnologias citadas na rede da empresa OMEGA.**

Categoria	Tecnologia habilitadora	E11	E12	E13	E14	E15	E16	Observação	TOTAL
robô colaborativo	robô colaborativo	0	0	1	0	0	2	1	<b>4</b>
robô industrial	robô industrial	1	0	1	1	0	0	2	<b>5</b>
robô móvel	robô móvel	0	0	1	1	0	2	0	<b>4</b>
robótica	robótica	2	3	0	3	1	2	1	<b>12</b>
Tecnologias da Indústria 4.0	indústria 4.0	1	0	2	1	0	0	0	<b>4</b>
	cibersegurança	0	0	0	3	0	0	0	<b>3</b>
	integração de dados	1	1	2	4	1	1	1	<b>11</b>
	inteligência artificial	0	0	0	2	1	0	0	<b>3</b>
	internet das coisas	0	1	0	2	0	1	0	<b>4</b>
Indústria 5.0	indústria 5.0	0	0	0	2	0	0	0	<b>2</b>
Sistema de visão	sistema de visão	0	1	1	0	0	0	1	<b>3</b>
Outras tecnologias	scanners, AGVs, Laser, RFID	1	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>19</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>6</b>
<b>56</b>									

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.1.3.5 Enabling changes

Para alcançar os benefícios desejados nos projetos de automatização por robôs na empresa OMEGA, foram identificados vários facilitadores de mudança. A adaptação da cultura organizacional e a capacitação das equipes se destacam para integrar novas tecnologias e processos. A mudança de processos, exigindo uma revisão cuidadosa do *layout* e dos métodos de trabalho para acomodar esses projetos. Ademais, a adequação da infraestrutura e a coordenação entre diferentes áreas são necessárias para garantir a implementação eficaz dessas tecnologias, facilitando a transição e maximização dos benefícios.

A automação robótica na empresa OMEGA exige mudanças culturais e operacionais, com a quebra de paradigmas e a capacitação das equipes. Dessa forma, o E12 comentou: “E essa quebra de paradigmas mostrando que é a robotização estava ali para ajudar, para agregar, para melhorar”. O E13 complementa: “Então, eu acho que esse momento é de mudança de cultura organizacional. É muito importante, acho que talvez, com conversas bem claras e com treinamentos, mostrar que as pessoas vão fazer parte daquela mudança...”.

A implementação de projetos de automatização por robôs na empresa OMEGA requer uma revisão detalhada dos processos e uma adaptação da infraestrutura para maximizar os benefícios. Essa transformação começa com ajustes no *layout* e envolve um planejamento robusto. O E15 comentou: “Começar pelo básico, o *layout*. Normalmente a gente vai rever porque as pessoas ocupam espaço. Como é totalmente diferente em outro espaço, então a gente começou a falar nisso, entendeu? Com certeza, depois a gente vai ter que rever o processo manual e como ele pode ser automatizado”.

O E13 comentou sobre a infraestrutura: “De infraestrutura de processo, né? Então, é isso, só vai ter esse planejamento concreto, um planejamento robusto, né? Se você entender a tecnologia. Não só entender os pontos fortes e os benefícios que ela traz, mas também qualquer limitação. Qualquer limitação dessa tecnologia para que eu realmente adeque tudo da forma correta e, aí sim, faça todo o planejamento em relação à infraestrutura, falando de material, né”. O E15 complementou sobre a questão dos times: “Cara, não sei se é necessário. A gente não precisa ser multifuncional, mas uma equipe bem estruturada, com mais de uma área envolvida, é necessária”.

A empresa estudada comprehende uma série de *Enabling changes* para a implementação bem-sucedida dos projetos de automação por robôs. Dentre os elementos mais impactantes, destacam-se a adaptação da cultura organizacional e a capacitação das equipes, para integrar novas tecnologias e processos. Além de que, a reavaliação dos processos existentes e a adequação da infraestrutura foram pontos centrais para alcançar os benefícios almejados. A Frequência dos *Enabling changes* dessa empresa está detalhada na Tabela 31, com referências selecionadas que permitem compreender as mudanças necessárias para otimizar os projetos no segmento “Eletrônico”.

**Tabela 31: Frequência dos *Change enablers* citados na rede da empresa OMEGA.**

Categorias	<i>Change enablers</i>	E11	E12	E13	E14	E15	E16	TOTAL
Mudar processos	mudar processos	0	0	1	0	2	1	<b>4</b>
Infraestrutura e tecnologia	infraestrutura tecnológica	0	0	2	0	0	0	<b>2</b>
Cultura organizacional e capacitação	mudança cultural	1	3	1	0	0	0	<b>5</b>
	treinamento e capacitação	0	1	1	0	1	1	<b>4</b>
Comunicação e coordenação de equipes	comunicação eficiente	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
	criação de times multifuncionais	0	0	0	0	1	0	<b>1</b>
<b>TOTAL</b>		<b>1</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>17</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.1.3.6 Mudança nos Negócios

A investigação das mudanças no ambiente organizacional da empresa OMEGA revelou transformações decorrentes da adoção de tecnologias emergentes em projetos de automação por robôs. Essas mudanças impulsionaram a empresa a ganhar credibilidade e a personalizar seus produtos para atender melhor o mercado, tornando-se mais dinâmica e adaptável às flutuações do setor. A transformação dos processos foi um elemento central, permitindo maior eficiência e agilidade. Além disso, a inovação e o desenvolvimento de novos produtos se destacaram como pilares que reforçaram a competitividade e a capacidade de resposta da empresa às demandas do mercado.

Com a implementação das tecnologias emergentes, a OMEGA busca fortalecer sua credibilidade e personalização no mercado. O E15 comentou sobre a credibilidade e customização para o mercado: “E a gente vai conseguir, talvez, demonstrar ao mercado que somos uma empresa tecnológica que garante qualidade, repetibilidade, e tem uma maneira eficiente de fabricar. Eu consigo mudar meu portfólio rápido se o mercado também mudar”.

Com foco na inovação e no desenvolvimento contínuo, a OMEGA tem promovido uma transformação cultural. O E14 comentou: “O programa de desenvolvimento de pessoas para transformação de *mindset*, para que as pessoas comecem a entender como vão se beneficiar com esses produtos, acho que isso é fundamental, e eu acho que é o primeiro caminho”. O E16 mencionou: “A melhoria dos produtos já existentes, né? Em relação a custos e *performance* do produto, para alcançar mais brasileiros, e o desenvolvimento de novos produtos”. Essas categorias estão alinhadas com os documentos encontrados no site da OMEGA, que destacam a dedicação da empresa em promover a saúde e o bem-estar por meio de inovações e investimentos em pesquisa ao longo de seus mais de 90 anos.

O E16 adicionou à discussão ao afirmar: “Olha, um projeto desse tamanho acaba englobando todas as áreas, né? Então, a gente vai ter que ter uma sinergia interessante com o governo, com marketing e com P&D para trazer esses benefícios de implementação. Eles podem trazer mais ideias, talvez fazer uma propaganda de que a fábrica está toda robotizada, e o P&D, com a melhoria do processo e da produção, consiga trazer novos produtos para o portfólio. Literalmente, esse processo de automatização e

robotização mexe com todo o ecossistema. Então, vai ter que haver um alinhamento mais fino entre as áreas, incluindo a parte de RH”.

Investigou-se as mudanças nos negócios na empresa estudada, focando nas transformações mais impactantes resultantes da adoção de tecnologias emergentes. Destacaram-se a credibilidade e customização para o mercado, impulsionando a empresa a se tornar mais dinâmica e adaptável às mudanças do setor. Além disso, a transformação nos processos, a inovação e o desenvolvimento de novos produtos foram elementos críticos que moldaram o ambiente organizacional. A Frequência das Mudanças nos Negócios está detalhada na Tabela 32, permitindo investigar como essas mudanças se refletem no segmento de “Cuidados com a Saúde”. As mudanças foram agrupadas em cinco categorias principais, excluindo "Sustentabilidade".

**Tabela 32: Frequência das Mudanças no negócio citadas na rede da empresa OMEGA.**

Categoria	Mudança ambiente do negócio	E11	E12	E13	E14	E15	E16	Documentos	TOTAL
Credibilidade e customização para o mercado	mudança no mercado	0	2	1	1	1	0	1	<b>6</b>
	credibilidade para o mercado	0	0	0	0	2	0	3	<b>5</b>
	customização dos produtos	1	0	0	0	1	1	0	<b>3</b>
Inovação e desenvolvimento	<i>mindset</i> de inovação	0	0	0	2	0	0	0	<b>2</b>
	novas ideias para o negócio	0	0	1	0	0	1	1	<b>3</b>
Transformação nos processos	transformação nos processos	0	1	0	4	0	1	0	<b>6</b>
Mudanças organizacionais	mudança na estrutura dos times	0	0	1	1	0	1	0	<b>3</b>
	mudança na forma de gestão	0	0	0	0	1	0	0	<b>1</b>
<b>TOTAL</b>		<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>29</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 5.1.3.7 Amarração da rede “How”

A partir da análise do material coletado sobre a empresa de manufatura selecionada OMEGA, procedeu-se à codificação das entrevistas, observações e documentos no software Atlas.TI. Isso resultou na seguinte proposta de Rede de Dependência de Benefícios (RDB) para o caso em estudo, conforme Figura 15.

As setas da Figura 15 ilustram as conexões entre diferentes elementos da rede, representando as dependências entre as partes. As cores no modelo da RDB representam as categorias identificadas, conforme apresentado nas tabelas anteriores desta seção.

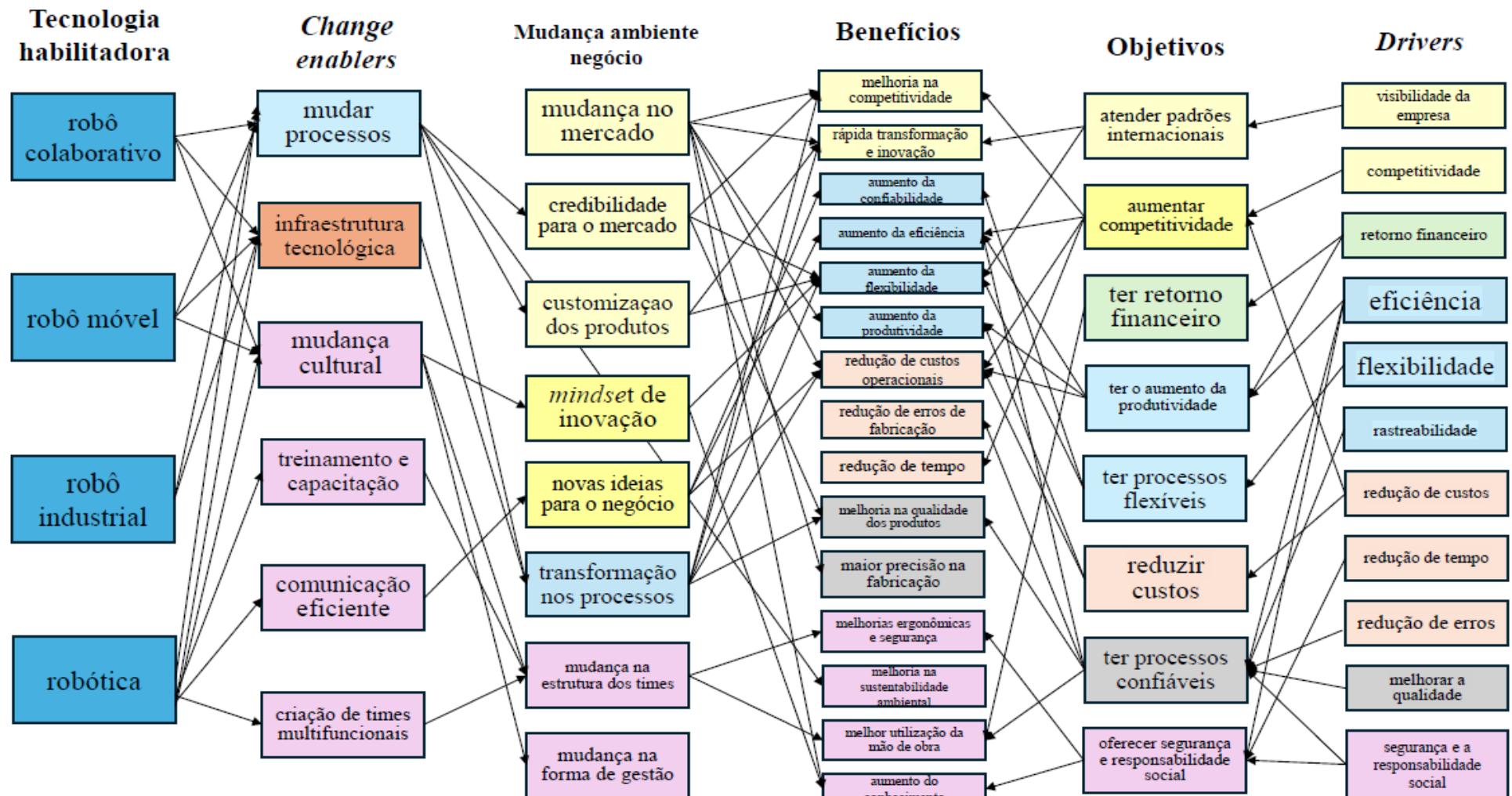


Figura 15. RDB da empresa de manufatura do segmento de cuidados com a saúde.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Cada cor corresponde a uma categoria específica, facilitando a visualização e compreensão das conexões entre os elementos.

A Rede de Dependência de Benefícios (RDB) da empresa OMEGA é uma estrutura que permite compreender as inter-relações entre diversos elementos organizacionais e como esses elementos se conectam para alcançar os objetivos estratégicos da empresa.

Ao explorar essa rede, é preciso focar nas amarrações entre os *drivers*, objetivos, benefícios, tecnologias habilitadoras, *Change enablers* e alterações no ambiente de negócios, pois são esses elementos que sustentam e direcionam os esforços de projetos de automação por robôs dentro da empresa.

Primeiramente, destacar que a OMEGA tem como *drivers* principais a "Melhoria da eficiência produtiva", "Redução de custos", "Melhorar a segurança e a responsabilidade social" e "Retorno financeiro". Esses *drivers* orientam a definição dos objetivos de investimento da empresa, que incluem "Aumentar a produtividade", "Aumentar a competitividade", "Ter processos confiáveis", e "Garantir o retorno financeiro". Cada *driver* está estrategicamente conectado a um ou mais objetivos, criando uma rede de dependência que sustenta as decisões de investimento em automação por robôs.

Por exemplo, o *driver* de "Melhorar a eficiência produtiva" está diretamente ligado ao objetivo de "Aumentar a produtividade" e "Ter processos confiáveis". Essa conexão evidencia que, para alcançar uma maior produtividade, a empresa precisa melhorar seus processos produtivos, garantindo que sejam confiáveis e eficientes. Essa ligação é reforçada pelo foco da empresa em utilizar robôs industriais, uma tecnologia habilitadora central na OMEGA, para automatizar processos críticos que demandam alta precisão e eficiência.

O *driver* "Redução de custos" está atrelado ao objetivo de "Aumentar a competitividade". Nesse sentido, a redução de custos não apenas melhora a margem de lucro da empresa, mas também permite que ela ofereça seus produtos a preços mais competitivos no mercado, aumentando sua visibilidade e participação de mercado.

A utilização de robôs industriais e colaborativos é uma estratégia chave para atingir essa redução de custos, ao automatizar tarefas repetitivas e diminuir a necessidade

de intervenção humana, o que também está conectado ao benefício de "Melhor utilização da mão de obra".

O *driver* "Melhorar a segurança e a responsabilidade social" se conecta ao objetivo de "Ter processos confiáveis e oferecer segurança e responsabilidade social". A introdução de robôs colaborativos, apesar de ainda ser uma área em desenvolvimento na OMEGA, possui certa relevância. Esses robôs são projetados para trabalhar em conjunto com operadores humanos, reduzindo riscos de acidentes e melhorando as condições ergonômicas do ambiente de trabalho. Essa conexão é crítica para garantir que os processos não só sejam eficientes, mas também seguros e socialmente responsáveis, gerando benefícios como "Melhorias ergonômicas e segurança" e "Melhoria na sustentabilidade ambiental".

Outro ponto é o *driver* de "Retorno financeiro", que está diretamente ligado ao objetivo de "Ter retorno financeiro e aumentar a produtividade". Esse *driver* reflete a necessidade de que os investimentos em robótica, especialmente os relacionados a robôs industriais, sejam justificados por um retorno financeiro. A empresa busca por um *payback* rápido para que continue investindo em novas tecnologias e melhorias contínuas, sustentando sua posição no mercado.

Os "*Change enablers*" como "Mudança de processos", "Infraestrutura tecnológica", e "Mudança cultural" desempenham papel na materialização dos benefícios esperados. Por exemplo, a mudança de processos está conectada à "Transformação nos processos" e "Credibilidade para o mercado", o que indica que, para atingir os benefícios de competitividade e qualidade, é necessário reestruturar os processos produtivos e garantir que a infraestrutura tecnológica suporte essas mudanças. Da mesma forma, a "Mudança cultural" adapta a força de trabalho às novas tecnologias, promovendo um "Mindset de inovação" e a "Mudança na forma de gestão".

Por fim, as mudanças no ambiente de negócios, como "Transformação nos processos" e "Credibilidade e customização para o mercado", estão diretamente ligadas aos benefícios de "Melhoria na competitividade", "Aumento da flexibilidade" e "Melhoria na qualidade dos produtos". Essas conexões mostram como as mudanças internas na OMEGA, impulsionadas por projetos de automatização por robôs e inovação tecnológica, refletem diretamente nos benefícios externos percebidos pelos clientes e pelo mercado.

Portanto, a RDB da OMEGA é uma teia complexa de interdependências, na qual cada elemento, seja um *driver*, objetivo, tecnológica ou mudança, está interligado e contribui para o sucesso global da estratégia de automação da empresa. Compreender essas conexões é necessário para otimizar as decisões de investimento e garantir que a empresa atinja seus objetivos estratégicos de maneira eficaz e sustentável.

#### 5.1.4 Empresa TETA

A TETA, fundada em 1937, é uma líder global na indústria automobilística, conhecida por seu compromisso com a inovação, qualidade e sustentabilidade. No Brasil, a TETA oferece uma ampla gama de veículos, incluindo carros de passeio, híbridos, SUVs, esportivos e pick-ups, atendendo às diversas necessidades dos consumidores. A empresa se destaca por sua visão de futuro, investindo em tecnologias de eletrificação e mobilidade sustentável. Um exemplo é o Desafio Ambiental, que visa reduzir drasticamente os impactos ambientais de suas operações e produtos. Esta iniciativa reflete o compromisso da TETA em promover uma mobilidade mais limpa e eficiente.

Além de fabricar veículos, a TETA também oferece uma série de serviços complementares, como aluguel de veículos, consórcio, venda de acessórios e assistência técnica. Esses serviços são projetados para proporcionar uma experiência completa e satisfatória aos clientes, reforçando a confiabilidade e a conveniência associadas à marca. No Brasil, a TETA tem uma forte presença industrial, com fábricas modernas que empregam milhares de pessoas e contribuem para o desenvolvimento econômico local. A empresa também é ativa em programas de responsabilidade social, apoiando projetos que beneficiam comunidades e promovem a educação e a inclusão social.

A abordagem da TETA combina tradição e inovação. Com uma história rica de mais de 80 anos, a empresa continua a evoluir, adaptando-se às mudanças do mercado e antecipando as necessidades dos consumidores. O foco na qualidade, sustentabilidade e tecnologia avançada garante que a TETA permaneça na vanguarda da indústria automobilística global. A empresa TETA possui uma base sólida em robôs industriais e investe em robôs colaborativos e móveis. Com uma estrutura de processos de implementação de robótica bem madura e definida, TETA oferece soluções avançadas e integradas. Suas operações destacam-se pela eficiência produtiva, melhoria da qualidade

dos produtos, e segurança dos trabalhadores, além de flexibilidade produtiva e integração com tecnologias digitais e IoT.

#### *5.1.4.1 Drivers organizacionais “Why”*

A empresa TETA inicia projetos de automatização por robôs principalmente para melhorar a segurança e a responsabilidade social, garantindo um ambiente de trabalho mais seguro para os operadores e processos mais confiáveis. A automatização contribui para o aprimoramento da qualidade dos produtos, garantindo maior precisão e consistência. A busca por eficiência e padronização produtiva também é um fator chave, proporcionando flexibilidade nas linhas de produção. Esses projetos permitem ainda a otimização de recursos, reduzindo custos e assegurando um retorno financeiro positivo para a empresa.

A empresa TETA adota a automatização por robôs principalmente para melhorar a segurança dos operadores e processos, alinhando-se à responsabilidade social e mitigando riscos no ambiente de trabalho. Conforme o E18 comentou: “A prioridade máxima é a questão de segurança, né? É tanto do operador quanto do processo, então aí um dos principais motivos seria a questão de segurança?”.

Sobre o aspecto da qualidade o E19 comentou: “Mas assim, essa parte de robotização, ela realmente ela vem para poder ajudar e auxiliar na parte de qualidade”. O E19 complementou ao afirmar: “Bom, primeiro, eu acho que seria a parte de você está buscando novas tecnologias para fazer um processo que antes era meio que manual ou equipamentos que não tinha tanta precisão”. Na categoria relacionada à “Melhoria da eficiência e padronização produtiva”, o E21 comentou: “Sendo que, quando você faz uma linha, uma linha com robôs, você pode deixar, você pode reutilizá-la, né? E temos a parte de produtividade”. O E21 ao examinar esse ponto, afirmou: “Também, eu acho que em seguida vem a parte de deixar a linha mais flexível, não é? Quando você faz uma linha com robôs, pode reutilizá-la, né?”.

A adoção de robôs pela TETA é também impulsionada pela necessidade de otimizar recursos e reduzir custos operacionais, o que se alinha à busca contínua por eficiência financeira e competitividade. O E20 comentou: “E por último, quando a gente vê um portal de redução de custo, mas geralmente quando a gente ataca um, a gente

consegue atacar outras missões". O E21 complementou essa visão ao afirmar: "E também de para você reduzir mão de obra, não é".

Na categoria relacionada a "Melhorias econômicas e financeiras", o E22 comentou: "O segundo ponto é o retorno do investimento. Então, quando você faz a aprovação ou submete à aprovação o projeto, a gente analisa o retorno baseado no risco que será eliminado, né? No caso de ergonomia ou segurança, envolve o risco de acidente, né? A gente consegue mensurar isso e, muitas vezes, baseado no investimento, consegue enxergar o ROI, justificando que é viável partir para a automação". O E19 abordou o aumento da competitividade e comentou: "É bem difícil, é bem elaborado...mas ela busca se isso é competitividade a todo custo, tá?".

Identificou-se que os principais *drivers* para a adoção de projetos de automatização por robôs na empresa de manufatura TETA estão centrados em seis categorias principais, que refletem os elementos organizacionais de maior impacto. A categoria mais destacada foi a de "Melhorar a segurança e a responsabilidade social", ressaltando a importância da segurança no processo produtivo. Em seguida, o "Aprimoramento da qualidade" e a "Melhoria da eficiência e padronização produtiva" também tiveram impacto. A frequência dos *drivers* identificados nessa empresa está detalhada na Tabela 33, com base em 40 referências de trechos de entrevistas codificadas.

**Tabela 33: Frequência dos *drivers* citados na rede da empresa TETA.**

Categoria	Drivers organizacionais	E17	E18	E19	E20	E21	E22	TOTAL
Aumento da competitividade e visibilidade	aumentar a visibilidade da empresa	0	0	1	0	0	0	<b>1</b>
	manter a competitividade	0	0	1	0	0	0	<b>1</b>
Melhorias econômicas e financeiras	<i>business case</i>	0	0	1	0	0	0	<b>1</b>
	melhorar a lucratividade	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
	retorno financeiro	0	0	0	0	1	1	<b>2</b>
Melhoria da eficiência e padronização produtiva	melhorar a eficiência produtiva	0	1	0	2	1	0	<b>4</b>
	melhorar a flexibilidade	1	0	0	0	1	0	<b>2</b>
Otimização de recursos	redução de custos	0	1	1	2	1	0	<b>5</b>
Aprimoramento da qualidade	melhorar a qualidade	2	1	1	2	0	1	<b>7</b>
	maior precisão	1	0	1	0	0	0	<b>2</b>
Melhorar a segurança e a responsabilidade social	melhorar a segurança e a responsabilidade social	2	1	1	5	1	4	<b>14</b>
<b>TOTAL</b>		<b>6</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>40</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 5.1.4.2 Objetivos de investimento

Os objetivos organizacionais que direcionam a adoção de projetos de automatização por robôs na TETA estão centrados em garantir processos confiáveis, oferecer segurança e responsabilidade social, e aumentar a produtividade. A empresa prioriza a criação de um ambiente seguro, minimizando riscos para os operadores, enquanto busca processos consistentes e de alta confiabilidade. A empresa TETA foca em maximizar a produtividade e flexibilidade operacional, adaptando suas linhas de produção para atender às demandas do mercado, sempre com o compromisso de otimizar custos e aderir a padrões internacionais.

A empresa TETA prioriza a segurança dos operadores e a mitigação de riscos, buscando também aumentar a eficiência e confiabilidade. Desse modo, o E18 comentou: “Não é só uma questão de produtividade, mas também de segurança, né? Porque tem muitos trabalhos que são repetitivos, então o operador acaba tendo muitos problemas. Como LER, né. Lesões que surgem com o tempo. Para, de certa forma, reduzir esses riscos, a gente acaba colocando esse tipo de robô para auxiliar os operadores”. O E20 comentou sobre ter processos confiáveis: “É então na indústria automotiva. A gente preza muito pela confiança, não é?”

A empresa TETA direciona seus esforços de automatização para aumentar a produtividade e flexibilidade, garantindo ao mesmo tempo processos mais eficientes e adaptáveis às demandas do mercado. Conforme o E18 mencionou: “A tendência é sempre aumentar a produtividade, então a gente atua de forma que a gente gaste, de certa forma, pouco, mas que consiga automatizar esses processos visando principalmente, a qualidade e o aumento de produtividade”.

A empresa TETA adota a automação por robôs com o foco principal na otimização de custos, visando reduzir despesas operacionais e aumentar a eficiência. O E19 comentou: “É nesse caso, quando você coloca um robô, eu acho que o principal objetivo é reduzir o fator humano...redução de mão de obra, entendeu? O custo da mão de obra e o custo de manter. Você já tem toda a parte técnica na planta, mas aquela mão de obra que você depende para fazer alguma movimentação, você não vai ter mais, né”.

Descrito no estudo da empresa de manufatura TETA, os objetivos que orientam a adoção de projetos de automatização por robôs foram agrupados em sete categorias

principais, refletindo as prioridades organizacionais. O maior impacto foi identificado na categoria “Fomentar conhecimento e segurança social”, destacando o compromisso com a segurança dos operadores. Outros objetivos incluem a "Garantia de processos confiáveis" e o "Aumento da produtividade e flexibilidade". A frequência dos objetivos descritos na empresa está detalhada na Tabela 34, com 29 referências de trechos de entrevistas codificadas, permitindo uma compreensão das motivações no segmento “Automotivo”.

**Tabela 34: Frequência dos Objetivos citados na rede da empresa TETA.**

Categoria	Objetivos de investimento	E17	E18	E19	E20	E21	E22	TOTAL
Adesão a normas internacionais	atender padrões internacionais	1	0	0	0	1	0	<b>2</b>
Ser competitivo	aumento da competitividade	0	0	1	0	0	0	<b>1</b>
Maximizar retorno financeiro	retorno financeiro	0	0	1	0	0	1	<b>2</b>
Aumentar produtividade e flexibilidade	ter o aumento da produtividade	0	2	0	2	0	0	<b>4</b>
	ter processos flexíveis	0	0	2	0	1	0	<b>3</b>
Otimizar custos	redução de custos	1	0	1	1	0	0	<b>3</b>
Garantir processos confiáveis	ter processos confiáveis	0	2	1	5	0	0	<b>8</b>
Fomentar conhecimento e segurança Social	oferecer segurança e responsabilidade social	0	2	1	2	1	0	<b>6</b>
<b>TOTAL</b>		<b>2</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>29</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 5.1.4.3 Os benefícios do negócio “What”

A empresa TETA identifica os principais benefícios decorrentes da adoção de projetos de automatização por robôs em diversas áreas críticas. Os benefícios mais destacados incluem avanços na ergonomia e segurança dos trabalhadores, resultando em um ambiente de trabalho mais seguro e sustentável. A confiabilidade dos processos foi aprimorada, garantindo maior consistência e flexibilidade nas operações. A automação também levou à otimização operacional, com redução de custos e erros de fabricação, contribuindo para um aumento geral na eficiência e na qualidade dos produtos, fortalecendo a competitividade da empresa no mercado.

A empresa TETA tem como objetivo centralizar seus esforços na automação para melhorar a segurança, ergonomia e eficiência dos recursos, garantindo que os investimentos resultem em benefícios claros e mensuráveis. Neste contexto, o E22 comentou: “O projeto na implementação é para que a gente possa ter uma maior eficiência dos recursos e, no fim, além do que foi esperado em termos de segurança ou investimento, a gente tenha realmente resultados bem claros”.

O E19 comentou sobre alguns pontos: “Então, assim, essa parte de sustentabilidade ajudou bastante, porque o VOC também foi bastante reduzido, tá? E essa parte de aumento, né? Do, vou dizer, intelecto do operador”. Essas categorias vão ao encontro das observações feitas na TETA, na qual a segurança e ergonomia dos trabalhadores são prioridades claras. A automação de tarefas repetitivas e perigosas não apenas reduz o risco de lesões ocupacionais, mas também melhora a saúde, aumenta a satisfação e eleva a moral no local de trabalho.

A empresa TETA valoriza a confiabilidade e flexibilidade proporcionadas pela automação, garantindo consistência nos processos e adaptabilidade nas operações. O E21 comentou sobre a confiabilidade: “Com o robô, você sempre vai ter a mesma constância, né? E com isso, você eleva os padrões, tanto de peça quanto de equipamento”. O E17 ao discutir sobre a flexibilidade, comentou: “É ter uma mudança rápida de linha, né? E ter uma adaptabilidade maior. Quem tiver uma adaptabilidade maior é o que sai na frente, né? Então, é muito importante”.

Já o E17 comentou: “Primeiramente, eu acho que a redução de custo, né? Uma redução de custo”. O E18 comentou sobre a redução de erros: “A gente tem também a redução de erros, né? Erros humanos e erros do processo”. Dessa forma, essas categorias refletem e vão ao encontro das observações feitas na TETA, na qual a flexibilidade produtiva e a redução de custos se destacam como principais benefícios da automação. As linhas de produção são altamente adaptáveis, permitindo mudanças rápidas entre diferentes modelos de veículos, e a automação, embora inicialmente custosa, resulta em economia a longo prazo, reduzindo custos operacionais e desperdícios.

A empresa TETA prioriza a qualidade e eficiência em seus processos automatizados, garantindo resultados consistentes e otimizados. O E19 comentou: “Principalmente, é ganho de tempo e qualidade, tá? Isso é fundamental. Você aumenta a qualidade, expandindo-a exponencialmente”. O E20 complementou: “Porque você vai ter tempo menos tempo parado, menos retrabalho, uma precisão maior na sua produção”. Essas categorias vão ao encontro das observações realizadas na empresa TETA, na qual a automação melhora diretamente a qualidade dos produtos, garantindo repetibilidade e precisão superiores às capacidades humanas.

A empresa TETA valoriza a capacidade de adaptação e inovação como fatores para se manter competitiva em um mercado dinâmico. Neste caso, o E19 comentou:

“Hoje...a TETA está passando por uma reestruturação. No meu ponto de vista, para ela ser competitiva hoje, tem que buscar essa mudança”. O E18 complementou: “Principalmente, eu acho que a questão é a transformação em alta, fácil. Transformação, porque hoje em dia a gente muda de um projeto para outro em tipo, 6 meses”. Essas categorias vão ao encontro da observação realizada na empresa TETA, na qual se percebeu os robôs programáveis permitem rápidas adaptações na produção, sem grandes mudanças na infraestrutura, facilitando a introdução ágil de novos produtos.

Identificou-se que os benefícios da adoção de projetos de automatização por robôs na empresa de manufatura TETA estão agrupados em seis categorias principais. O maior impacto foi observado na categoria “Avanços humanos e sustentáveis na indústria”, com ênfase nas melhorias ergonômicas e na segurança dos trabalhadores, além de ganhos em sustentabilidade ambiental. Também se destacou o “Aprimoramento da produtividade”, na qual a confiabilidade e a flexibilidade dos processos foram os principais benefícios. Outro benefício foi a “Eficiência e otimização operacional”, com foco na redução de custos e erros de fabricação. Esses elementos refletem as melhorias que a automação traz ao ambiente industrial. A frequência dos benefícios identificados está detalhada na Tabela 35.

**Tabela 35: Frequência dos Benefícios do negócio citados na rede da empresa TETA.**

Categoria	Benefícios do negócio	E17	E18	E19	E20	E21	E22	Observação	TOTAL
Dinamismo e competitividade no mercado	melhoria na competitividade	1	0	1	0	0	0	0	<b>2</b>
	rápida transformação e inovação	0	1	0	0	0	0	1	<b>2</b>
Aprimoramento da produtividade	aumento da confiabilidade	1	0	0	2	1	0	2	<b>6</b>
	aumento da eficiência	0	0	0	1	0	2	0	<b>3</b>
	aumento da flexibilidade	2	0	0	0	2	0	1	<b>5</b>
	aumento da produtividade	0	1	0	0	1	0	1	<b>3</b>
Eficiência e otimização operacional	redução de custos operacionais	1	0	1	1	0	1	1	<b>5</b>
	redução de erros de fabricação	0	1	1	0	0	1	2	<b>5</b>
	redução de tempo	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
Aprimoramento da qualidade	melhoria na qualidade dos produtos	0	1	1	0	2	0	1	<b>5</b>
	maior precisão na fabricação	0	0	0	1	0	0	2	<b>3</b>
Avanços humanos e sustentáveis na indústria	melhorias ergonômicas e segurança para os trabalhadores	0	1	2	1	1	3	2	<b>10</b>
	melhoria na sustentabilidade ambiental	1	1	3	0	0	0	0	<b>5</b>
	melhor utilização da mão de obra	0	1	2	0	0	0	1	<b>4</b>
	aumento do conhecimento	1	1	0	0	0	2	0	<b>4</b>
<b>TOTAL</b>		<b>7</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>14</b>	<b>63</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 5.1.4.4 IS/TI enablers

Na empresa TETA, as tecnologias de robótica são operacionalizadas por meio de uma integração cuidadosa de robôs industriais, colaborativos e móveis, otimizando os processos no segmento automotivo. A implementação desses robôs visa melhorar a ergonomia e a eficiência, substituindo tarefas manuais e perigosas por automação avançada. Os sistemas de visão e sensores são utilizados para monitorar e ajustar processos em tempo real, garantindo alta precisão nas operações. A coleta e análise de dados para a manutenção preventiva e a tomada de decisões estratégicas são pontos relevantes, mantendo a produção eficiente e adaptável.

Na TETA, a operacionalização das tecnologias robóticas envolve a implementação, utilização e integração dessas soluções nas operações diárias, desde a instalação até o uso estratégico para alcançar os objetivos organizacionais. Assim, o E22 comentou: “Então, como a gente encontra alguns processos com dificuldades, o nosso time de projeto é responsável por entender o problema, clarificar o problema e propor a melhor solução. Hoje, usamos o robô com o intuito de melhorar processos que não têm boas condições de ergonomia e melhorar a função, eliminando as operações que envolvem o colaborador”. O E20 complementou: “A gente tem em sua maioria robô, robôs industriais comuns, né”. O E18 trouxe alguns pontos sobre robôs colaborativos: “A montagem, que é mais manual, a gente acaba usando também alguns cobots, né? Que são esses robôs colaborativos. A gente os utiliza basicamente para fazer alguma montagem que é mais delicada, mas que exigiria mais atenção do operador”. O E19 ao explorar esse elemento, disse: “E o robô que a gente fala que é o robô de transporte, aquele o robô AMR, né”.

Na TETA, a integração e utilização de tecnologias robóticas são elementos para otimizar operações práticas. Esse processo envolve desde a instalação dos equipamentos até a aplicação diária para alcançar eficiência e precisão nos objetivos organizacionais. O E20 comentou: “Coletas de dados dos robôs, trabalhar esses dados e identificar tendências muito interessantes para a tomada de decisão...porque eu acho que auxilia muito para a gente ter uma manutenção mais eficiente, bem mais eficaz, gastando bem menos. Eu acho que contribui totalmente. A utilização de sensores para armazenar esses dados na nuvem e ter algum tipo de previsão é essencial para a manutenção hoje em dia”.

O E18 adicionou à discussão ao afirmar: “Ou pra gente checar, a gente usa sistema de visão e inteligência artificial para identificar se uma peça foi montada corretamente. E assim por diante. Na questão de visão, a gente também usa bastante para fazer alinhamento e paletização de peças. Colocamos uma câmera ali para que o robô consiga pegar a peça de forma correta e montá-la corretamente”. Essas categorias vão ao encontro da observação realizada na empresa TETA, na qual se percebeu que sistemas de IoT detectam anomalias nos robôs, permitindo manutenção preventiva e reduzindo tempo de inatividade. A análise de dados em tempo real possibilita ajustes imediatos, garantindo operação contínua e eficiente.

Compreende-se que as tecnologias implementadas na empresa TETA estão fortemente ligadas à robótica, otimizando processos no segmento automotivo. A integração de robôs industriais, colaborativos e móveis foi destacada como elemento central, proporcionando melhorias em ergonomia e eficiência operacional. Adicionalmente, as tecnologias da Indústria 4.0, como sistemas de visão e sensores, são amplamente utilizadas para monitorar e ajustar processos em tempo real, aumentando a precisão e reduzindo o tempo de inatividade. A frequência dos *IS/TI enablers* identificados na empresa está detalhada na Tabela 36, baseada em 47 referências de entrevistas e observações.

**Tabela 36: Frequência das Tecnologias habilitadoras citados na rede da empresa TETA.**

Categoria	Tecnologia habilitadora	E17	E18	E19	E20	E21	E22	Observação	TOTAL
robô colaborativo	robô colaborativo	0	2	2	2	0	0	1	7
robô industrial	robô industrial	0	1	1	1	2	1	1	7
robô móvel	robô móvel	0	1	2	0	0	1	1	5
robótica	robótica	2	1	2	1	1	1	1	9
Tecnologias da Indústria 4.0	indústria 4.0	0	0	0	1	0	0	0	1
	integração de dados	1	1	2	1	2	1	1	9
	internet das coisas	0	1	0	0	0	1	1	3
Sistema de visão	sistema de visão	0	1	1	0	0	1	0	3
Outras tecnologias	scanners, AGVs, Laser, RFID	1	0	0	0	1	1	0	3
<b>TOTAL</b>		<b>4</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>47</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 5.1.4.5 *Enabling changes*

Na empresa TETA, as mudanças necessárias para implementar projetos de automatização por robôs focam em comunicação, coordenação de equipes e na mudança

de processos para garantir alinhamento e adaptação às novas tecnologias. A cultura organizacional e capacitação, prepara as equipes para as novas demandas tecnológicas. Além de que, a atualização da infraestrutura e tecnologia foi necessária para suportar as novas operações, e o direcionamento da alta direção desempenhou uma função em guiar essas transformações, assegurando que as mudanças fossem bem-sucedidas e alinhadas aos objetivos organizacionais.

Na TETA, a adaptação bem-sucedida às novas tecnologias exige uma compreensão clara das práticas anteriores e das mudanças necessárias. Dessa forma, o E21 comentou: “Aqui, principalmente, é você ter a informação do 'antes', porque muitas vezes, como a gente pode ter pessoas novas ou que estão fazendo algo pela primeira vez, o principal é ter a informação de como foi feito, de como estava antes, né? E do 'antes' para o 'agora', não é”. O E17 complementou: “Então, para isso é, tivemos que fazer modificações na nossa linha. Nessas modificações, foram necessários robôs, novas tecnologias”.

Na TETA, a transformação tecnológica depende de um *mindset* de inovação disseminado por toda a organização, desde a liderança até a equipe operacional. O E20 comentou sobre esses elementos: “Com esse *Mindset* de inovação é transmite para todo mundo, não é? Então é uma coisa que que eu acho que é importantíssimo todos terem, né”. O E18 comentou alguns pontos sobre a infraestrutura tecnológica: “Enquanto *software*, tem muita máquina aqui que ainda é antiga e usa controladores antigos, né? Que não permitem esse tipo de comunicação entre máquina e robô, então você tem que alterar tudo. Essa parte de infraestrutura da máquina é complicada”. O E17 acrescentou sobre o direcionamento da alta gestão: “Já vem da alta liderança, não é? Então, a alta liderança que direciona para que caminho não é a empresa vai seguir, né? E então nessa questão de modernização, implementação de robô é o direcionamento é da matriz a matriz”.

Compreende-se que as mudanças necessárias para implementar com sucesso a automatização por robôs na empresa TETA envolvem principalmente a "Comunicação e coordenação de equipes" e a "Mudança de processos". Esses elementos alinham as equipes e adaptam os processos existentes às novas tecnologias. Ademais, a "Cultura organizacional e capacitação" também desempenhou um papel relevante, destacando a importância de preparar a equipe para as novas demandas tecnológicas. A "Infraestrutura e tecnologia" precisou ser atualizada, e o "Direcionamento da alta direção" guiou essas transformações. A frequência dos *Enabling changes* está detalhada na Tabela 37.

**Tabela 37: Frequência dos *Change enablers* citados na rede da empresa TETA.**

Categorias	<i>Change enablers</i>	E17	E18	E19	E20	E21	E22	TOTAL
Direcionamento da alta direção	direcionamento da alta direção	0	0	1	0	0	0	<b>1</b>
Mudar processos	mudar processos	1	1	1	1	2	1	<b>7</b>
Infraestrutura e tecnologia	infraestrutura tecnológica	0	1	0	0	1	1	<b>3</b>
Cultura organizacional e capacitação	mudança cultural	0	0	2	1	0	0	<b>3</b>
	treinamento e capacitação	1	1	3	0	0	1	<b>6</b>
Comunicação e coordenação de equipes	comunicação eficiente	0	0	0	0	1	1	<b>2</b>
	criação de times multifuncionais	0	0	1	0	0	0	<b>1</b>
	engajamento das equipes	0	0	1	2	0	1	<b>4</b>
<b>TOTAL</b>		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>27</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 5.1.4.6 Mudança nos Negócios

As transformações no ambiente organizacional da TETA, decorrentes da adoção de tecnologias emergentes em projetos de automatização por robôs, têm sido marcantes. A empresa ajustou suas operações para aumentar a credibilidade e atender de forma mais personalizada as demandas do mercado automotivo. Esse movimento reflete a capacidade da TETA de adaptar rapidamente seus processos internos a novos desafios e projetos, evidenciando uma forte transformação nos seus métodos operacionais. A empresa TETA tem incorporado a inovação e o desenvolvimento contínuo, ao mesmo tempo em que reforça seu compromisso com a sustentabilidade, integrando essas prioridades em suas estratégias de negócios.

A adoção de tecnologias emergentes tem impulsionado transformações na empresa TETA, impactando diretamente sua estrutura de produção e eficiência. Neste contexto, o E17 comentou: “Primeiramente, afeta assim 100%, né? Conforme eu disse, é você vai ter uma estrutura de produção muito mais confiável, né. E eficiente, né? Evitando erros, evitando paradas de linha, é das mais diversas formas, né”.

O Entrevistado 18 trouxe alguns pontos sobre a mudança nos negócios: “Hoje em dia, de um ano para o outro, você consegue produzir um carro totalmente diferente. Isso melhorou muito a questão organizacional da empresa porque, por exemplo, vamos dizer que ela aposte em um projeto e esse projeto não dê muito certo. Então, você pode rapidamente colocar outro projeto no lugar sem ter muitos gastos”. Essas categorias vão ao encontro aos documentos encontrados no site da empresa TETA, na qual se percebeu que TETA está em constante evolução, transformando-se em uma empresa de soluções

de mobilidade, unindo veículos, serviços e novas tecnologias para promover maior mobilidade e bem-estar.

A transformação da TETA em uma empresa focada em soluções de mobilidade reflete sua adaptação às novas demandas do mercado. O E19 comentou sobre: "Então, a TETA é uma empresa automobilística. Hoje, a pegada e o que eles estão vendendo é uma empresa de mobilidade. Eles estão vendendo mobilidade, tá. O E20 trouxe pontos sobre a sustentabilidade: "E como a gente pode cuidar desses equipamentos para evitar desperdícios, não é? Até com a parte sustentável, né". Essas categorias vão ao encontro aos documentos encontrados no site da empresa TETA, na qual se percebeu que a mesma tem buscado reduzir os impactos socioambientais de suas operações com base em requisitos e diretrizes globais da companhia, focando em princípios como a melhoria contínua de seus processos e produtos e a redução de desperdícios.

Investigou-se as mudanças nos negócios na empresa de manufatura TETA, focando nas transformações resultantes da adoção de tecnologias emergentes em projetos de automatização por robôs. A principal mudança identificada foi a "Credibilidade e customização para o mercado", refletindo como a empresa ajustou suas operações para atender às demandas específicas do setor automotivo. A "Transformação nos processos" também foi um elemento considerável, evidenciando a capacidade da empresa de adaptar rapidamente suas operações a novos projetos. Ademais, aspectos de "Inovação e desenvolvimento" e "Sustentabilidade" foram ressaltados. A frequência das Mudanças nos Negócios está detalhada na Tabela 38.

**Tabela 38: Frequência das Mudanças no negócio citadas na rede da empresa TETA.**

Categoria	Mudança ambiente do negócio	E1 7	E1 8	E1 9	E2 0	E2 1	E2 2	Documentos	TOTAL
Credibilidade e customização para o mercado	mudança no mercado	0	1	1	0	0	0	1	3
	credibilidade para o mercado	1	0	1	1	1	0	1	5
	customização dos produtos	0	1	0	0	1	0	0	2
Inovação e desenvolvimento	<i>mindset</i> de inovação	0	0	0	0	0	0	1	1
	novas ideias para o negócio	0	0	1	0	0	0	0	1
Transformação nos processos	transformação nos processos	1	1	2	1	0	1	1	7
Sustentabilidade	busca pela sustentabilidade	0	0	0	0	0	0	2	2
<b>TOTAL</b>		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>21</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 5.1.4.7 Amarração da rede “How”

A partir da análise do material coletado sobre a empresa de manufatura selecionada TETA, procedeu-se à codificação das entrevistas, observações e documentos no *software* Atlas.TI. Isso resultou na seguinte proposta de Rede de Dependência de Benefícios (RDB) para o caso em estudo, conforme Figura 16.

As setas da Figura 16 ilustram as conexões entre diferentes elementos da rede, representam as dependências entre as partes. As cores no modelo da RDB representam as categorias identificadas, conforme apresentado nas tabelas anteriores desta seção. Cada cor corresponde a uma categoria específica, facilitando a visualização e compreensão das conexões entre os elementos.

A Rede de Dependência de Benefícios (RDB) da empresa TETA é construída com base em uma compreensão holística de como os diferentes elementos organizacionais estão interligados para alcançar os objetivos estratégicos. Essa rede garante que as iniciativas de automação por robôs e outras tecnologias avançadas estejam alinhadas com os objetivos empresariais e que os benefícios esperados sejam efetivamente materializados.

Os *drivers* identificados na TETA, como melhorar a segurança e a responsabilidade social, a qualidade e a eficiência produtiva, formam a base da rede, conectando-se diretamente aos objetivos de investimento. Por exemplo, o *driver* de melhorar a segurança e a responsabilidade social está intimamente ligado ao objetivo de oferecer segurança e responsabilidade social, bem como a garantir processos confiáveis.

Esse objetivo, por sua vez, se traduz em benefícios específicos como melhorias ergonômicas, segurança, aumento da confiabilidade e maior precisão na fabricação. A relação entre esses *drivers* e objetivos orienta a tomada de decisões estratégicas. A melhoria da qualidade, *driver* que se conecta ao objetivo de melhorar a qualidade dos produtos, que traz como benefícios a melhoria da qualidade dos produtos e a maior precisão na fabricação. Da mesma forma, o *driver* de melhorar a eficiência produtiva está ligado ao objetivo de aumentar a produtividade, o que gera benefícios como aumento da eficiência, redução de custos operacionais e melhoria na competitividade.

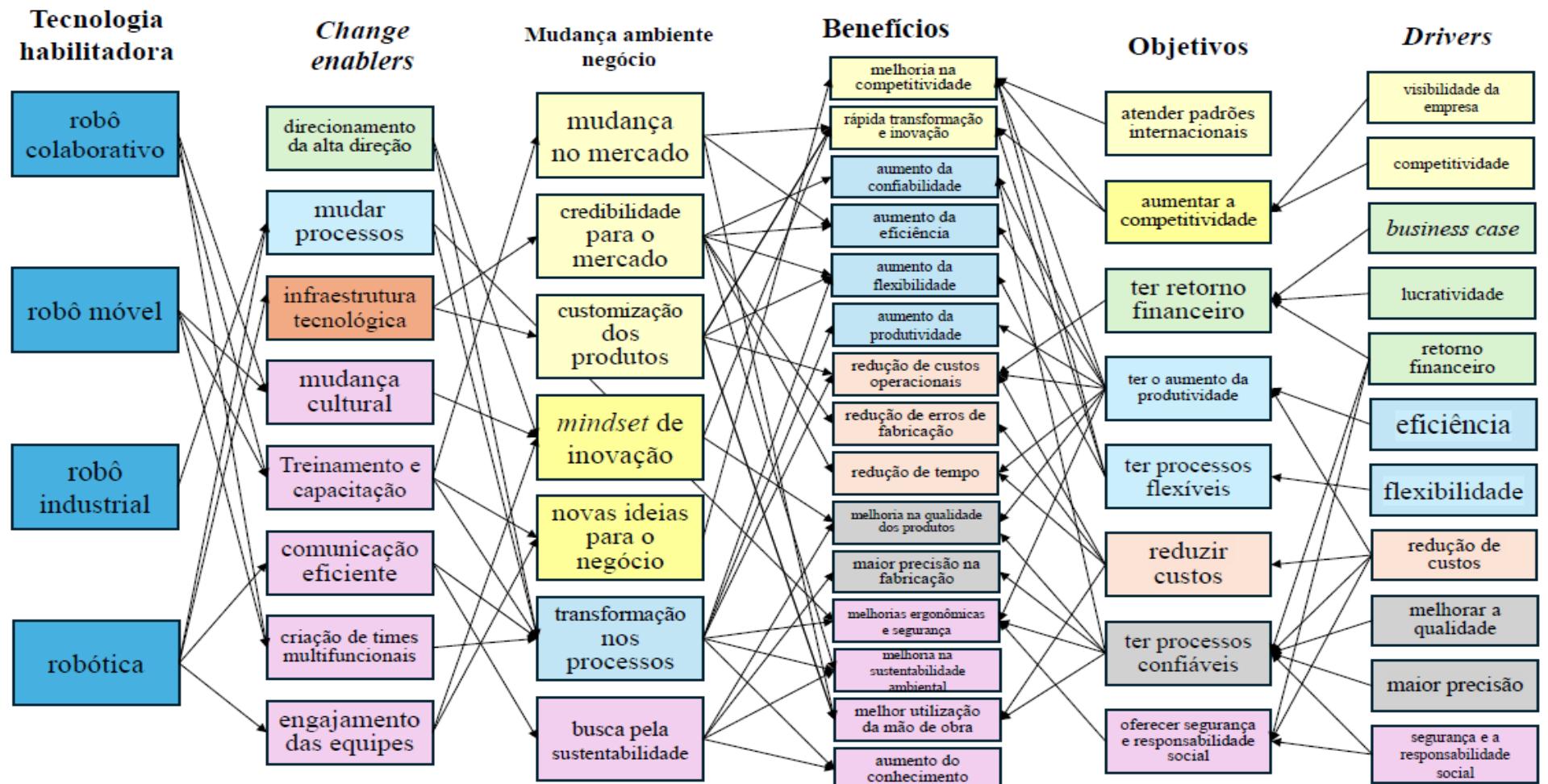


Figura 16. RDB da empresa de manufatura do segmento automotivo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A TETA possui uma base sólida em robótica industrial e investe em tecnologias habilitadoras como robôs colaborativos e móveis. Essas tecnologias desempenham um papel central na rede, pois são os facilitadores das mudanças necessárias para alcançar os benefícios esperados. Os robôs industriais, por exemplo, estão ligados ao *change enabler* de mudar processos, o que, em última instância, resulta em transformação nos processos e, consequentemente, em benefícios como melhorias ergonômicas e aumento da produtividade.

Os robôs colaborativos, focados principalmente em aplicações de montagem, estão conectados a *change enablers* como mudança cultural, treinamento e capacitação, e a criação de times multifuncionais. Essas mudanças prepararam a organização para as novas tecnologias e garantem que as equipes estejam prontas para operar em um ambiente automatizado e colaborativo. Os robôs móveis, por sua vez, suportam a mudança cultural e a criação de times multifuncionais, contribuindo para a transformação dos processos e aumento da eficiência operacional.

As mudanças no ambiente de negócio, impulsionadas pelos *change enablers*, desempenham um papel importante na realização dos benefícios. Por exemplo, a transformação nos processos, facilitada pela mudança de processos e pela mudança cultural, está diretamente conectada a benefícios como aumento da flexibilidade, melhoria na sustentabilidade ambiental e aumento do conhecimento. Da mesma forma, a mudança no *mindset* organizacional para um foco em inovação permite que a TETA se adapte rapidamente às mudanças do mercado, garantindo a rápida transformação e inovação, bem como a melhoria na competitividade.

A credibilidade para o mercado, outro aspecto da mudança no ambiente de negócio, se conecta a benefícios como aumento da confiabilidade e redução de erros de fabricação. Esses benefícios colaboram para manter a competitividade da TETA no setor automotivo, garantindo que a empresa continue a liderar em inovação e qualidade.

A RDB da TETA é uma estrutura interconectada que alinha os *drivers* estratégicos com os objetivos de investimento, tecnologias habilitadoras, *change enablers*, mudanças no ambiente de negócio e os benefícios esperados. Essa rede não apenas mapeia as dependências entre esses elementos, mas também orienta a implementação de estratégias que garantem que a automação e outras inovações tecnológicas tragam o máximo de valor para a organização. Ao entender e otimizar essas

conexões, a TETA pode promover uma colaboração mais eficiente entre os elementos da rede, garantindo o sucesso contínuo em um mercado altamente competitivo e em constante evolução.

## 5.2 ANÁLISE INTER CASOS

### 5.2.1 *Drivers* organizacionais - rede de manufatura

Os fatores que motivam as empresas de manufatura a iniciarem projetos de automação robótica são diversos e variam conforme o segmento industrial. Entretanto, há um consenso entre essas empresas sobre a importância de aumentar a competitividade e a visibilidade no mercado, fatores considerados como *drivers* externos. Além disso, a melhoria da segurança e o compromisso com a responsabilidade social são razões para o investimento em robótica, refletindo a preocupação das empresas com o bem-estar humano.

Os *drivers* internos também se destacam para o futuro organizacional. Esses *drivers* incluem a busca por retorno financeiro, a melhoria da eficiência produtiva, a redução de custos e o aprimoramento da qualidade dos produtos. Esses fatores alinham as prioridades empresariais com as forças que impulsionam mudanças na condução dos negócios.

Um ponto específico que merece destaque é o caso da empresa ALFA, do setor de bens de consumo. Diferente das outras empresas estudadas, ALFA menciona os benefícios fiscais e a escalabilidade como *drivers* organizacionais relevantes. ALFA é a única empresa nacional no estudo, com uma linha de produtos voltada para o mercado de consumo popular, particularmente para as classes C e D. Essa empresa aproveita a Lei do Bem, que oferece incentivos fiscais para companhias que investem em pesquisa e desenvolvimento de inovação tecnológica. Destacando também a importância da escalabilidade de produção para atender a um mercado mais amplo.

Por outro lado, a empresa OMEGA, que atua no segmento de cuidados com a saúde, não utiliza o "*Business Case*" para a avaliação de seus projetos de automação robótica. Esse fato se deve à presença de uma empresa de automação que pertence ao mesmo grupo e auxilia no desenvolvimento desses projetos. Como a OMEGA já possui

diversas máquinas automáticas para a montagem de equipamentos de saúde, a necessidade de aplicação de robôs específicos para projetos de automação robótica não foi considerada relevante.

Já a empresa TETA, do segmento automotivo, apresenta um elevado grau de maturidade no uso de diferentes tipos de robôs. TETA possui processos padronizados e diretrizes claras para investimentos em automação robótica, focados principalmente em segurança, qualidade e produtividade. Devido a essa maturidade, *drivers* como a redução de tempo e de erros, escalabilidade, rastreabilidade e padronização de processos não foram mencionados pelos entrevistados, uma vez que já estão integrados na cultura organizacional da empresa.

Os elementos discutidos, relacionados aos *drivers* organizacionais e à Rede de Dependência de Benefícios na manufatura, são detalhados na Tabela 39.

**Tabela 39: Drivers organizacionais da RDB de manufatura.**

Elementos e categorias RDB de manufatura <i>Drivers</i> organizacionais		ALFA	BETA	OMEGA	TETA
		Bens de consumo	Eletrônico	Cuidados com a saúde	Automotivo
Aumento da competitividade e visibilidade	aumentar a visibilidade da empresa	X	X	X	X
	manter a competitividade	X	X	X	X
Melhorias econômicas e financeiras	benefícios fiscais	X			
	<i>business case</i>	X	X		X
	melhorar a lucratividade		X		X
	retorno financeiro	X	X	X	X
Melhoria da eficiência e padronização produtiva	melhorar a eficiência produtiva	X	X	X	X
	melhorar a flexibilidade		X	X	X
	escalabilidade	X			
	melhorar a rastreabilidade		X	X	
	possuir um processo padronizado	X	X		
Otimização de recursos	redução de custos	X	X	X	X
	redução de tempo	X	X	X	
	redução de erros	X	X	X	
Aprimoramento da qualidade	melhorar a qualidade	X	X	X	X
	maior precisão	X	X		X
Melhorar a segurança e a responsabilidade social	melhorar a segurança e a responsabilidade social	X	X	X	X

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.2.2 Objetivos de investimento - rede de manufatura

Os objetivos organizacionais que direcionam a adoção de projetos de automatização por robôs nas empresas de manufatura estão centrados em alcançar maior flexibilidade nos processos produtivos, possibilitando a capacidade de produzir uma variedade de produtos e se ajustar rapidamente a mudanças de *setup* e linhas de produção. Esse foco na flexibilidade reflete a preocupação das empresas em manter processos confiáveis que assegurem a qualidade dos produtos manufaturados, garantindo sua competitividade no mercado.

Outro objetivo comum é a redução de custos. A automatização por robôs permite otimizar a eficiência produtiva, minimizando desperdícios e custos operacionais, o que, em última análise, contribui para a manutenção da competitividade das empresas. Esse fator é importante em mercados altamente competitivos, na qual a capacidade de oferecer produtos de qualidade a preços competitivos pode determinar o sucesso ou fracasso de uma organização.

A segurança e a responsabilidade social também figuram entre os objetivos para as empresas de manufatura. Em ambientes industriais onde as condições de trabalho são insalubres ou perigosas, a automação por robôs desempenha um papel na proteção dos trabalhadores, removendo-os de áreas que possam causar danos físicos, como lesões por esforço repetitivo ou exposição a materiais tóxicos. Assim, os projetos de automação robótica não apenas melhoram a eficiência e a qualidade, mas também contribuem para criar um ambiente de trabalho mais seguro e responsável.

A empresa ALFA destacou a importância de implementar projetos de automação visando aumentar o conhecimento dos colaboradores, promovendo o desenvolvimento das habilidades necessárias para operar e manter tecnologias avançadas. Esse ponto se mostrou essencial para a empresa, que inicialmente buscou soluções em empresas terceirizadas, mas enfrentou alguns erros durante o projeto, levando-a a reconhecer a importância de desenvolver esse conhecimento internamente.

A empresa ALFA, sendo a única empresa brasileira no estudo, não mencionou o cumprimento de padrões internacionais como um objetivo de investimento, diferentemente das multinacionais BETA, OMEGA e TETA, que operam em diversos

países e, portanto, precisam atender a rigorosos padrões globais. Essa distinção sublinha a importância dos preceitos regulatórios e de mercado nos objetivos de automação.

OMEGA, em particular, indicou que seus objetivos para projetos de automação robótica estão focados em fatores de sucesso e benefícios específicos para transformações organizacionais, mas curiosamente, não incluem o aumento da produtividade ou o retorno financeiro. Isso pode ser atribuído à falta de experiência de sua divisão de manufatura na condução de projetos de automação robótica, apesar de já contar com diversas tecnologias avançadas em suas plantas. Esse cenário aponta para um grande potencial de crescimento e novas implementações de automação na empresa.

Os objetivos de investimento relacionados à Rede de Dependência de Benefícios na manufatura, discutidos aqui, são detalhados na Tabela 40.

**Tabela 40: Objetivos de investimento da RDB de manufatura.**

Elementos e categorias RDB de manufatura Objetivos de investimento		ALFA	BETA	OMEGA	TETA
		Bens de consumo	Eletrônico	Cuidados com a saúde	Automotivo
Adesão a normas internacionais	atender padrões internacionais	X	X	X	X
Ser competitivo	aumento da competitividade	X	X	X	X
Maximizar retorno financeiro	retorno financeiro	X	X	X	X
Aumentar produtividade e flexibilidade	ter o aumento da produtividade	X	X	X	X
	ter processos flexíveis	X	X	X	X
Otimizar custos	redução de custos	X	X	X	X
Garantir processos confiáveis	ter processos confiáveis	X	X	X	X
Fomentar conhecimento e segurança Social	aumento do conhecimento	X	X	X	X
	oferecer segurança e responsabilidade social	X	X	X	X

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.2.3 Os benefícios do negócio - rede de manufatura

Os benefícios decorrentes da adoção de projetos de automatização por robôs em empresas de manufatura são amplamente reconhecidos e se convergem em quase todos os segmentos analisados. Esses benefícios, desde melhorias na competitividade até avanços em sustentabilidade, impactam de maneira expressiva na eficiência e na produtividade das operações industriais.

Um dos principais benefícios identificados está relacionado à rápida transformação e à melhoria na competitividade. As empresas entrevistadas destacaram que os projetos de robótica permitem implementações mais rápidas, inclusive em seus primeiros projetos. Essa agilidade na implementação possibilita que as empresas se adaptem rapidamente às mudanças no mercado, ajustando seus processos de manufatura com as necessidades emergentes. A robótica, permite que as automações se alternem de forma eficiente, para a manutenção de uma vantagem competitiva global.

A automação por robôs aumenta a atratividade das empresas na prospecção de novos clientes, resolvendo problemas operacionais e permitindo que as empresas de manufatura competam globalmente. Esse fator é especialmente relevante em um mercado cada vez mais globalizado, na qual a capacidade de se destacar impacta para o sucesso a longo prazo.

Outro benefício identificado, mas que foi pouco abordado é a lucratividade. A empresa ALFA, em particular, destacou que os projetos de automatização por robôs contribuem para a lucratividade ao aumentar a capacidade de gerar lucro em relação à receita ou investimento. Esse benefício permite que as empresas não apenas cubram seus custos e despesas, mas também explorem novos mercados, oferecendo produtos mais acessíveis sem comprometer suas margens de lucro.

O aprimoramento da produtividade, com elementos como aumento da eficiência, flexibilidade e produtividade, foi citado por todas as empresas como um dos principais benefícios decorrentes dos projetos de automatização por robôs. O benefício relacionado ao aumento da confiabilidade produtiva, que não foi identificado na RSL, emergiu nas entrevistas, destacando a importância da consistência e da capacidade de um sistema, processo ou equipamento de funcionar corretamente ao longo do tempo, sem falhas.

A eficiência e a otimização operacional são benefícios mencionados por todas as empresas do estudo. A redução de custos operacionais, erros de fabricação e tempos de produção são aspectos que impactam diretamente a rentabilidade e a competitividade das empresas. A utilização de robôs permite uma diminuição da necessidade de mão de obra, bem como a redução de erros devido à precisão inerente aos sistemas robotizados. Isso resulta em economia de matéria-prima e consumíveis, além de reduzir a necessidade de retrabalho em peças defeituosas.

A melhoria na qualidade dos produtos e na precisão de fabricação também foi destacada por todos os segmentos de manufatura estudados. No entanto, o benefício de aprimorar os próprios produtos foi mencionado apenas pela empresa BETA, do segmento eletrônico. Essa empresa desenvolve projetos em parceria com seus clientes, o que permite melhorias contínuas no *design* dos produtos que fabrica, atendendo melhor às necessidades do mercado.

Os benefícios relacionados aos avanços humanos e à sustentabilidade na indústria foram amplamente mencionados e receberam grande ênfase dos entrevistados. A automatização por robôs proporciona melhorias ergonômicas e de segurança para os trabalhadores, que são realocados para funções mais nobres, elevando o nível de conhecimento e especialização dentro das empresas. Além disso, a automação contribui para a sustentabilidade ambiental ao reduzir o consumo de matéria-prima e energia, tornando os processos mais eficientes em comparação com métodos manuais e outras formas de automação. Por fim, os benefícios discutidos relacionados à Rede de Dependência de Benefícios na manufatura estão detalhados na Tabela 41.

**Tabela 41: Benefícios do negócio da RDB de manufatura.**

Elementos e categorias RDB de manufatura Benefícios do negócio		ALFA	BETA	OMEGA	TETA
		Bens de consumo	Eletrônico	Cuidados com a saúde	Automotivo
Dinamismo e competitividade no mercado	melhoria na competitividade	X	X	X	X
	rápida transformação e inovação	X	X	X	X
Aumento da lucratividade	aumento da lucratividade	X			
Aprimoramento da produtividade	aumento da confiabilidade	X	X	X	X
	aumento da eficiência	X	X	X	X
	aumento da flexibilidade	X	X	X	X
	aumento da produtividade	X	X	X	X
Eficiência e otimização operacional	redução de custos operacionais	X	X	X	X
	redução de erros de fabricação	X	X	X	X
	redução de tempo	X	X	X	X
Aprimoramento da qualidade	melhoria na qualidade dos produtos	X	X	X	X
	maior precisão na fabricação	X	X	X	X
	melhoria nos produtos		X		
Avanços humanos e sustentáveis na indústria	melhorias ergonômicas e segurança para os trabalhadores	X	X	X	X
	melhoria na sustentabilidade ambiental	X	X	X	X
	melhor utilização da mão de obra	X	X	X	X
	aumento do conhecimento	X	X	X	X

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.2.4 IS/TI enablers - rede de manufatura

Todas as empresas de manufatura selecionadas para este estudo têm projetos de automatização por robôs já implementados ou em fase de implementação em suas plantas. No entanto, essas empresas se encontram em diferentes estágios de adoção dessas tecnologias. Nesse contexto, os robôs industriais, por serem uma tecnologia mais consolidada no mercado, estão presentes em todas as empresas. As empresas ALFA e BETA estão na fase inicial de adoção de robôs colaborativos (*Collaborative Robots - cobots*) e robôs móveis autônomos (*Autonomous Mobile Robots - AMRs*), com poucas unidades instaladas ou ainda em fase de projeto. Por outro lado, OMEGA e TETA possuem uma base sólida de robôs industriais, cobots e AMRs.

A empresa ALFA operacionaliza seus projetos principalmente por meio da adaptação e reorganização de seus processos, além da necessidade de capacitação e treinamento dos colaboradores envolvidos. Como ALFA está na fase inicial de projetos com cobots e AMRs, a empresa recorre a *benchmarks* para identificar as melhores práticas de operacionalização. Devido à rápida mudança de seus processos e à grande variedade de portfólio, ALFA considera a implementação de projetos de automatização por robôs para tarefas mais complexas, enquanto utiliza outras tecnologias para automatizações mais simples.

Na empresa BETA, a operacionalização das tecnologias de robótica envolve a implementação, uso e integração dessas soluções nas operações, desde a instalação dos equipamentos até seu uso contínuo para alcançar objetivos estratégicos. BETA possui uma base instalada considerável de cobots e AMRs, o que permite uma maior flexibilidade na operação dos processos de manufatura. Inicialmente adotando robôs industriais, BETA migrou para tecnologias colaborativas para melhor atender suas necessidades.

Na empresa OMEGA, a operacionalização das tecnologias robóticas segue um processo cuidadoso de implementação, utilização e integração e foco no *payback*. Essas tecnologias, especialmente a robótica industrial e os sistemas de visão, são instalados para automatizar tarefas repetitivas, visando aumentar a produtividade.

A empresa TETA utiliza robôs industriais em seus projetos, com a equipe de projeto responsável por identificar problemas na fábrica e propor soluções. A robótica

colaborativa é gradualmente integrada, especialmente para operacionalizar montagens complexas atualmente realizadas por humanos. Devido ao *layout* das plantas, os AMRs são introduzidos para resolver problemas de logística interna, aproveitando sua navegação natural para operar em ambientes dinâmicos.

Na BETA, a empresa optou por utilizar células robotizadas pequenas e flexíveis, o que permite o compartilhamento entre plantas nacionais e internacionais. Essas células são adaptáveis a diversas operações e podem ser facilmente ajustadas para novos produtos. A empresa TETA, por sua vez, necessita de integração e padronização de fornecedores para operacionalizar diferentes tecnologias, além de estudos para entender o impacto de novas implementações em uma planta já em operação. A viabilidade das estruturas de utilidades industriais, como consumo de energia, água e ar comprimido afetam diretamente as operações existentes. A TETA também dá especial atenção às normas de segurança vigentes, enquanto a ALFA utiliza robôs principalmente para tarefas perigosas.

Na TETA, robôs industriais são empregados em projetos de aplicações mais agressivas, como soldagem e pintura, enquanto os cobots são utilizados em automação de montagens manuais, inspeções e paletização. ALFA está em fase de estudo para projetos com cobots, visando a operacionalização de *layouts* com pouco espaço de circulação.

Para movimentação interna de materiais, a TETA utiliza Veículos Guiados Autônomos (*Automated Guided Vehicle - AGVs*) para movimentações em linhas de produção seriadas, enquanto os AMRs são empregados para abastecimento de insumos, oferecendo maior flexibilidade na troca de componentes de montagem. Na BETA, os AMRs são responsáveis por toda a logística interna da fábrica.

A TETA possui um sistema de manufatura elaborado, e para operacionalizar o uso de robôs em sua planta, utiliza sistemas de visão industrial para melhorar a flexibilidade dos robôs e garantir a qualidade dos processos. As empresas ALFA, BETA e OMEGA também implementam sistemas de visão em seus projetos de automação por robôs, principalmente para linhas de produção com ampla variação de produtos e ciclos de vida curtos.

Todas as empresas estudadas reconhecem o papel central da Indústria 4.0 na melhoria dos processos, operacionalização das tecnologias e aumento da competitividade. A integração e comunicação de dados via Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*)

permite melhorar o desempenho das operações. Entretanto, apenas a OMEGA destacou a importância da cibersegurança como elemento para garantir a funcionalidade dessas tecnologias, preservando assim sua manufatura. A Inteligência Artificial é introduzida nos sistemas robóticos para permitir o aprendizado de processos, embora com maior foco em sistemas de gestão do que no chão de fábrica. A BETA, no entanto, utiliza uma gama mais ampla de tecnologias da Indústria 4.0 para operacionalização, como manufatura aditiva, que permite maior versatilidade, melhora o *lead time* dos processos e promove a sustentabilidade. A utilização de simulações também é comum na BETA, que usa essa tecnologia para testar projetos e prever seu impacto futuro.

A Indústria 5.0 foi mencionada pela BETA, que possui uma alta maturidade tecnológica, e pela OMEGA, que está conectada a outra empresa do grupo que lidera em tecnologias de ponta. Por fim, as tecnologias habilitadoras relacionadas à Rede de Dependência de Benefícios na manufatura estão detalhadas na Tabela 42.

**Tabela 42: Tecnologias habilitadoras da RDB de manufatura.**

<b>Elementos e categorias RDB de manufatura Tecnologias habilitadoras</b>		<b>ALFA</b>	<b>BETA</b>	<b>OMEGA</b>	<b>TETA</b>
		<b>Bens de consumo</b>	<b>Eletrônico</b>	<b>Cuidados com a saúde</b>	<b>Automotivo</b>
robô colaborativo	robô colaborativo	X	X	X	X
robô industrial	robô industrial	X	X	X	X
robô móvel	robô móvel	X	X	X	X
robótica	robótica	X	X	X	X
Tecnologias da Indústria 4.0	indústria 4.0	X	X	X	X
	<i>cybersecurity</i>			X	
	integração de dados	X	X	X	X
	inteligência artificial		X	X	
	internet das coisas	X	X	X	X
	manufatura aditiva		X		
	simulações		X		
Indústria 5.0	indústria 5.0		X	X	
Sistema de visão	sistema de visão	X	X	X	X
Outras tecnologias	scanners, AGVs, Laser, RFID	X	X	X	X

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.2.5 *Enabling changes* - rede de manufatura

Para implementar projetos de automação por robôs, as empresas de manufatura precisam realizar diversas mudanças para alcançar os benefícios desejados. Todas as

empresas estudadas reconhecem a necessidade de adaptar seus processos de produção para obter os benefícios proporcionados por essas tecnologias habilitadoras. A implementação desses projetos exige alterações no *layout* e na configuração do fluxo de produção, além de garantir processos robustos que controlem as tolerâncias dos produtos, permitindo a integração dos robôs.

Um ponto comum entre as empresas é a necessidade de infraestrutura tecnológica, como laboratórios de testes e prototipagem, para estudar e validar futuros projetos. As empresas mencionam a importância de setores específicos de automação que possuam os recursos necessários para validar essas inovações.

A empresa ALFA, que está na fase de estudo de projetos de AMR, considera nesta etapa realizar *benchmarks* com outras empresas que já implementaram essa tecnologia, a fim de entender os desafios e benefícios envolvidos. A empresa OMEGA, também em fase de estudo, utiliza a empresa especializada em automação pertencente ao mesmo grupo para adquirir este conhecimento. Por outro lado, a empresa TETA, que possui uma estrutura organizacional ainda bastante hierarquizada, reconhece que esses projetos precisam de direcionamento da alta administração para serem efetivamente implementados.

Todas as empresas de manufatura estudadas entendem que o treinamento e a capacitação em tecnologias habilitadoras da robótica ajudam a alcançar os benefícios de projetos de automatização por robôs. Essas empresas investem na formação de toda a cadeia de funcionários da manufatura, incluindo operação, manutenção e engenharia, entre outros. No entanto, apenas a empresa ALFA acredita que uma mudança cultural não é necessária nesse processo, confiando que a capacitação por si só é suficiente para atingir os objetivos. As demais empresas, BETA, OMEGA e TETA, indicam que foi necessário promover uma mudança cultural para que as pessoas compreendessem a importância da implementação dos projetos de automação por robôs na manufatura.

ALFA também não menciona a importância de uma comunicação eficiente, sugerindo que as decisões locais são aceitas pelos envolvidos no processo, sem a necessidade de implementar um processo específico de melhoria na comunicação para esses projetos. Já a empresa BETA não vê a necessidade de criar times multifuncionais específicos para o desenvolvimento desses projetos, pois já possui uma equipe altamente

qualificada e fortemente engajada em trabalhar com inovações, semelhante à abordagem da empresa TETA.

Por fim, as mudanças necessárias relacionadas à Rede de Dependência de Benefícios na manufatura estão detalhadas na Tabela 43.

**Tabela 43: Change enablers da RDB de manufatura.**

Elementos e categorias RDB de manufatura <i>Change enablers</i>	ALFA	BETA	OMEGA	TETA
	Bens de consumo	Eletrônico	Cuidados com a saúde	Automotivo
Analizar melhores práticas	X			
direcionamento da alta direção				X
Mudar processos	X	X	X	X
Infraestrutura e tecnologia	X	X	X	X
Cultura organizacional e capacitação	mudança cultural	X	X	X
	treinamento e capacitação	X	X	X
Comunicação e coordenação de equipes	comunicação eficiente	X	X	X
	criação de times multifuncionais	X		X
	engajamento das equipes		X	X

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 5.2.6 Mudança nos Negócios – rede de manufatura

Investigar as transformações no ambiente organizacional resultantes dessas tecnologias emergentes analisam as mudanças no negócio, bem como as novas práticas operacionais e estruturais introduzidas pela implementação tecnológica. As empresas de manufatura compreenderam que a implementação de projetos de automatização por robôs e dos ajustes específicos que prepararam a organização para mudanças duradouras e eficazes, ocorreram transformações, tanto na credibilidade no mercado quanto na capacidade de customização de produtos para atender novos segmentos.

Essas empresas indicam que a adoção da tecnologia permitiu a mudança de paradigmas, criando padrões de produtos e possibilitando a reinvenção do mercado. A robótica contribuiu para a consolidação da credibilidade dos produtos manufaturados, proporcionando aos clientes maior confiança na qualidade dos itens produzidos. Nesse contexto, os projetos de automação por robôs promovem a evolução dos negócios,

especialmente em termos de flexibilidade na manufatura, produção em lotes menores e customização de produtos.

As empresas de manufatura também identificaram mudanças no negócio relacionadas à inovação e ao desenvolvimento. A transformação impulsionada pela robótica proporcionou um *mindset* de inovação e na adaptação contínua para abertura de novas tecnologias. Projetos de robótica exigem uma cultura empresarial que valorize a criatividade, a experimentação e a colaboração multifuncional. A robótica incentiva a geração de novas ideias que podem transformar processos tradicionais e abrir novas oportunidades de mercado. As empresas devem fomentar um ambiente na qual a experimentação e a implementação de soluções disruptivas sejam constantes, impulsionando o crescimento e a diferenciação competitiva.

Outro ponto de destaque é a transformação dos processos resultantes da implementação de projetos de automatização por robôs. Esses projetos não apenas automatizam tarefas repetitivas, mas também reconfiguram fluxos de trabalho, otimizam recursos e melhoram a qualidade dos produtos. Isso leva a uma maior eficiência operacional e à necessidade de requalificação da força de trabalho, permitindo que os colaboradores se concentrem em atividades de maior valor agregado.

A TETA, uma empresa do segmento automotivo com uma longa trajetória no mercado, consolidou sua *expertise* e liderança ao longo dos anos. Com sua maturidade em projetos de automatização por robôs e uma estrutura de times e gestão bem estabelecida, a empresa indicou que não houve mudanças nos elementos organizacionais relacionados ao negócio.

As empresas de manufatura também reconhecem que a adoção de projetos de automatização por robôs impacta positivamente nas práticas sustentáveis, gerando melhorias ambientais. Apenas a empresa OMEGA não identificou essa transformação como resultado das tecnologias habilitadoras e das mudanças necessárias para sua implementação.

As mudanças no negócio relacionadas à Rede de Dependência de Benefícios na manufatura, discutidas aqui, são detalhadas na Tabela 44, oferecendo uma visão dos resultados esperados com os projetos de automação robótica.

**Tabela 44: Mudança ambiente do negócio da RDB de manufatura.**

Elementos e categorias RDB de manufatura Mudança ambiente do negócio		ALFA	BETA	OMEGA	TETA
	Bens de consumo	Eletrônico	Cuidados com a saúde	Automotivo	
Credibilidade e customização para o mercado	mudança no mercado	X	X	X	X
	credibilidade para o mercado	X	X	X	X
	customização dos produtos	X	X	X	X
Inovação e desenvolvimento	<i>mindset</i> de inovação	X	X	X	X
	novas ideias para o negócio	X	X	X	X
Transformação nos processos	transformação nos processos	X	X	X	X
Mudanças organizacionais	mudança na estrutura dos times	X	X	X	
	mudança na forma de gestão		X	X	
Sustentabilidade	busca pela sustentabilidade	X	X		X

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.2.7 Amarração da rede de manufatura

A partir da análise do material coletado sobre as empresas de manufatura selecionadas, procedeu-se à codificação das entrevistas, observações e documentos no *software* Atlas.TI. Isso resultou na seguinte proposta de Rede de Dependência de Benefícios (RDB) para manufatura, conforme Figura 17.

As setas da Figura 17 ilustram as conexões entre diferentes elementos da rede, representando as dependências entre as partes. A Rede de Dependência de Benefícios (RDB) da manufatura é construída com base em uma compreensão holística de como os diferentes elementos organizacionais estão interligados para alcançar os objetivos estratégicos. Essa rede garante que as iniciativas de automatização por robôs e outras tecnologias avançadas estejam alinhadas com os objetivos empresariais e que os benefícios esperados sejam efetivamente alcançados. O modelo propõe um *framework* que possibilita às empresas reconhecerem e alcançar benefícios que estejam alinhados às suas metas estratégicas.

A categoria de *Drivers* identifica os fatores que motivam os investimentos na organização, sejam eles externos ou internos. Esses fatores refletem as prioridades empresariais e as forças que impulsionam mudanças na condução dos negócios, para o

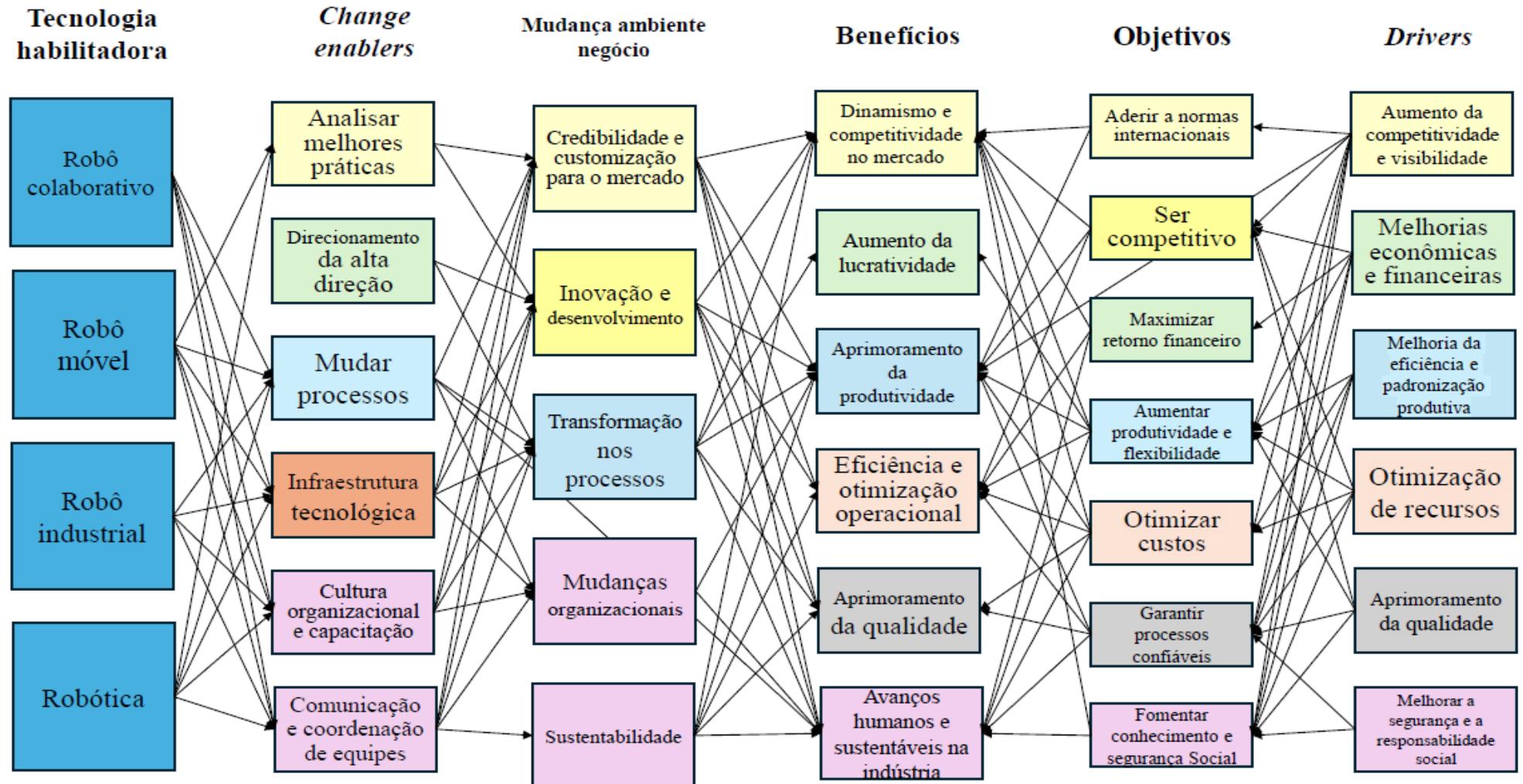


Figura 17. Rede de Dependência de Benefícios da manufatura.

Fonte: Elaborado pelo autor.

futuro organizacional. Os elementos da categoria que envolvem a otimização de recursos, como reduções de custos, tempo e erros, tiveram uma representatividade muito ampla neste estudo. Esses *drivers* se conectam com os objetivos de investimento que permitem às empresas serem mais competitivas, melhorar os processos produtivos, otimizar custos, garantir processos confiáveis e fomentar conhecimento e segurança social. Dessa forma, a motivação para otimização de custos nos projetos de automatização por robôs reflete em diversos objetivos durante a etapa de escopo do projeto.

Outro elemento motivador para as empresas de manufatura em projetos de automatização por robôs é a melhoria da eficiência e padronização produtiva. Essa categoria de *drivers* evidencia a importância da melhoria nos processos de manufatura, criando objetivos de projetos alinhados com o aumento da produtividade e flexibilidade, com produtos de qualidade, sem desconsiderar as reduções de custos e melhorias para os seres humanos. A segurança e a responsabilidade social pelo bem-estar humano também são *drivers* centrais nas motivações para o início de projetos com robótica, elementos que se conectam com o aumento do conhecimento e da segurança dos trabalhadores, bem como com a busca por processos confiáveis.

Os *drivers* das categorias de aprimoramento da qualidade e melhorias econômicas também tiveram uma representatividade como motivadores de projetos com robótica. Os elementos relacionados à qualidade se conectam a diversos objetivos de projetos, como ser competitivo, aumentar a produtividade e flexibilidade, garantir processos confiáveis e fomentar conhecimento e segurança social. Por sua vez, os elementos da rede relacionados ao impacto financeiro e fiscal constituem a única categoria de *drivers* que se conecta diretamente ao objetivo de maximizar o retorno financeiro.

A categoria de *drivers* relacionados ao aumento da competitividade e visibilidade foi relativamente menos mencionada nas entrevistas, observações e documentos. Na Figura 18, podemos observar a frequência de menções, com uma escala de coloração vermelha que indica essa intensidade. Essa categoria, que engloba alguns *drivers* externos como aumentar a visibilidade da empresa e manter a competitividade, teve um foco menor se comparada a outras categorias de *drivers* internos, como produtividade, qualidade, otimização de custos e segurança do ser humano. Entretanto, essa categoria de *drivers*, quando utilizados como motivadores de um projeto, se conectaram com todas as categorias de objetivos, exceto com a de maximizar o retorno financeiro.

Benefícios do negócio		Objetivos de investimento		Drivers organizacionais	
26	Dinamismo e competitividade no mercado	7	Adesão a normas internacionais	13	Aumento da competitividade e visibilidade
1	Aumento da lucratividade	8	Ser competitivo	24	Melhorias econômicas e financeiras
69	Aprimoramento da produtividade	9	Maximizar retorno financeiro	29	Melhoria da eficiência e padronização produtiva
43	Eficiência e otimização operacional	26	Aumentar produtividade e flexibilidade	33	Otimização de recursos
37	Aprimoramento da qualidade	11	Otimizar custos	24	Aprimoramento da qualidade
92	Avanços humanos e sustentáveis na indústria	17	Garantir processos confiáveis	26	Melhorar a segurança e a responsabilidade social
		14	Fomentar conhecimento e segurança Social		

**Figura 18.** Drivers, objetivos e benefícios da RDB da manufatura.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A categoria de objetivos organizacionais compreende metas definidas com base nos *drivers*, delineando os resultados esperados do projeto. Inclui fatores de sucesso e benefícios específicos, visando transformações empresariais. Nesse cenário, as empresas descrevem que, durante os projetos de automatização por robôs, o foco central está no objetivo de aumentar a produtividade e flexibilidade de suas linhas de manufatura. Esses objetivos de investimento se alinham com as categorias de benefícios relacionados ao dinamismo e competitividade no mercado, aumento da lucratividade, aprimoramento da produtividade, eficiência e otimização operacional, além de avanços humanos e sustentáveis na indústria. Dessa forma, esses fatores guiam as decisões de investimento, refletindo a importância de alavancar a automação como uma ferramenta para o desenvolvimento organizacional e a sustentabilidade.

A categoria de objetivos relacionados a garantir processos confiáveis teve destaque na RDB da manufatura. Esse objetivo dos projetos se conectou com os benefícios de aprimoramento da produtividade, eficiência e otimização operacional, melhoria da qualidade e avanços humanos e sustentáveis na indústria. Dessa forma, ao focar em objetivos que garantem processos confiáveis, as empresas não apenas fortalecem suas operações, mas também criam uma base sólida para alcançar maiores níveis de competitividade e sustentabilidade.

Dentro do alinhamento dos objetivos, fomentar conhecimento e segurança social aparece como um resultado esperado na conclusão dos projetos de automatização por robôs. Esses objetivos estão conectados a avanços humanos e sustentáveis na indústria, garantindo, de fato, o bem-estar humano e a sustentabilidade ambiental. Outro benefício relacionado é o dinamismo e a competitividade no mercado, uma vez que, atualmente, esses elementos têm uma

repercussão na sociedade, assegurando a imagem das empresas. Os elementos humanos e sustentáveis ganham muita representatividade nos benefícios identificados. Nesse contexto, os projetos de automatização por robôs auxiliam o crescimento econômico sustentável e a inovação. Ademais, esses projetos fortalecem a imagem corporativa ao promover práticas responsáveis e o bem-estar dos trabalhadores.

Durante o projeto, o objetivo de otimizar custos não possui uma representatividade tão relevante como resultado esperado, embora se conecte com todas as categorias de benefícios, exceto o aumento da lucratividade. O objetivo de maximizar o retorno financeiro também não se destaca como resultado do projeto, conectando-se principalmente com os benefícios de dinamismo e competitividade no mercado, eficiência e otimização operacional, além de avanços humanos e sustentáveis na indústria. Observando a Figura 18, é possível verificar que os elementos de otimização de recursos e econômicos têm maior relevância para motivar e iniciar os projetos, mas sua representatividade decai um pouco como objetivo esperado durante a execução do projeto.

Os objetivos de adesão a normas internacionais e de competitividade ainda não possuem representatividade durante a execução dos projetos. Ao focar nos objetivos de adesão às normas internacionais e de competitividade, os projetos se conectam com benefícios como dinamismo e competitividade no mercado, além do aprimoramento da produtividade. Estabelecer a meta de ser competitivo durante o projeto resulta em benefícios relacionados à eficiência e otimização operacional.

A robótica, como um componente tecnológico que facilita os objetivos de negócio, incluindo sistemas e ferramentas de tecnologia da informação que suportam as mudanças empresariais e operacionais necessárias, foi amplamente mencionada durante o estudo. Essa tecnologia habilitadora se conectou com todos os *change enablers*, como comunicação e coordenação de equipes, cultura organizacional e capacitação, infraestrutura tecnológica, mudança de processos e análise de melhores práticas. A robótica apenas não se conectou com o direcionamento da alta direção, assim como nenhuma outra tecnologia. Essa relação nos ajuda a compreender como as tecnologias de robótica são operacionalizadas na manufatura.

As tecnologias relacionadas aos robôs colaborativos foram amplamente mencionadas, assim como os robôs industriais. Na Figura 19, é possível observar a frequência de menções, com uma escala de coloração vermelha que indica essa intensidade. Os robôs industriais e os robôs colaborativos compartilham tecnologias semelhantes e possuem aplicações similares, conforme apresentado no referencial teórico. Nesse contexto, ambas as categorias de robôs se

conectam com mudanças, como a adaptação de processos, infraestrutura tecnológica, cultura organizacional, capacitação, comunicação e coordenação de equipes. Esses fatores evidenciam a necessidade de reestruturar processos de manufatura e infraestrutura tecnológica para a implementação eficaz desses projetos, além de promover mudanças na estrutura organizacional que impactam a cultura corporativa e a dinâmica das equipes.

Os robôs móveis também foram amplamente citados, apresentando as mesmas conexões que os robôs colaborativos e industriais. No entanto, como algumas empresas estavam apenas iniciando seus projetos com essa tecnologia, indicaram a necessidade de analisar as melhores práticas de mercado, realizando *benchmarking* com outras organizações. Neste contexto, ao comparar suas práticas com as de outras organizações, as empresas podem identificar as melhores abordagens, evitar erros comuns, acelerar a curva de aprendizado e maximizar os benefícios associados à implementação da tecnologia.

Em um cenário de Indústria 4.0 (I4.0), as empresas compreendem que, para operacionalizar as tecnologias robóticas, outras tecnologias são pilares. Um elemento que se destacou foi a integração de dados, para manter a competitividade no mercado. O sensoriamento inteligente com IoT operacionaliza as células robotizadas e melhora o desempenho dessas tecnologias. Outro aspecto amplamente mencionado foi o uso de sistemas de visão conectados aos robôs, permitindo maior flexibilidade nos processos e melhorando a detecção da qualidade dos produtos manufaturados. No entanto, a Indústria 5.0 ainda foi pouco mencionada pelos entrevistados, refletindo um foco maior nas tecnologias atuais da Indústria 4.0.

<i>IS/TI enablers</i> (Tecnologia habilitadora)		<i>Change enablers</i> (facilitadoras de mudanças)		Mudança ambiente negócio			
41	robô colaborativo	1	Analizar melhores práticas	42	Credibilidade e customização para o mercado		
25	robô industrial	2	direcionamento da alta direção	18	Inovação e desenvolvimento		
27	robô móvel	22	Mudar processos	27	Transformação nos processos		
46	robótica	8	Infraestrutura e tecnologia	13	Mudanças organizacionais		
78	Tecnologias da Indústria 4.0	31	Cultura organizacional e capacitação	10	Sustentabilidade		
3	Indústria 5.0	15	Comunicação e coordenação de equipes				
20	Sistema de visão						
8	Outras tecnologias (AGVs, Laser, RFID)						

**Figura 19.** *IS/TI, Change enablers e Mudanças no negócio da RDB da manufatura.*

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Rede de Dependência de Benefícios (RDB) para projetos de automatização por robôs na manufatura, ajustes específicos preparam a organização para mudanças duradouras e efetivas. Dessa forma, os *change enablers* da categoria cultura organizacional e capacitação tiveram grande representatividade nessas mudanças, permitindo a implementação dessas tecnologias habilitadoras. Essa categoria se conectou com todas as mudanças no ambiente de negócios apresentadas, exceto com a sustentabilidade, demonstrando que essas mudanças culturais e de treinamento impactam diretamente elementos como credibilidade e customização para o mercado, inovação e desenvolvimento, transformação nos processos e mudanças organizacionais.

Os facilitadores de mudanças nos processos foram indicados pelos entrevistados, refletindo a necessidade de ajustes no *layout*, tolerâncias e padrões de produção. Essas mudanças se relacionam com algumas transformações no negócio, como credibilidade e customização para o mercado, transformação dos processos e mudanças organizacionais. Também foi verificada uma conexão direta entre a alteração dos processos e os benefícios relacionados a avanços humanos e sustentáveis na indústria. Neste contexto, essas mudanças demonstram a importância de compreender as alterações necessárias para alcançar os benefícios desejados, evidenciando um impacto que contempla o mercado, a manufatura e a estrutura organizacional.

Os facilitadores relacionados à comunicação e coordenação de equipes, assim como à infraestrutura e tecnologia, são representativos no cenário da RDB da manufatura. Embora não tenham sido os elementos mais citados na rede, as mudanças relacionadas às equipes se destacaram por ser o único *change enabler* que se conectou e influenciou todas as mudanças no ambiente de negócios. A infraestrutura e tecnologia, por sua vez, apenas não se conectaram com as alterações no negócio relacionadas à sustentabilidade. Neste contexto, esses elementos, apesar de não serem mencionados com tanta frequência quanto outros, demonstram uma influência em uma ampla gama de mudanças no negócio, ressaltando sua importância na rede de manufatura de projetos de automatização por robôs.

As mudanças da categoria analisar melhores práticas se relacionaram com credibilidade e customização para o mercado, bem como inovação e desenvolvimento. As mudanças da categoria direcionamento da alta direção se conectaram com inovação e desenvolvimento, além de transformação nos processos. Embora tenham sido pouco mencionados pelos entrevistados,

esses *change enablers* impactam diretamente as mudanças no ambiente de negócios, indicando que exercem uma influência considerável nas organizações.

As mudanças no ambiente de negócios, com novas práticas operacionais e estruturais introduzidas pela implementação tecnológica, envolvem ajustes para alcançar os benefícios esperados. As mudanças relacionadas à credibilidade e à customização para o mercado tiveram papel neste estudo e se relacionam com benefícios como dinamismo e competitividade no mercado, aprimoramento da produtividade, eficiência e otimização operacional, melhoria da qualidade, além de avanços humanos e sustentáveis na indústria. Assim, a adoção de projetos de automatização por robôs não só melhora a eficiência operacional e a produtividade, mas também cria oportunidades de crescimento ao permitir inovações em produtos e serviços.

As transformações nos processos também foram significativas para os entrevistados. Essa mudança no ambiente de negócios se relacionou com todas as categorias de benefícios e foi a única que se conectou diretamente com o aumento da lucratividade. Dessa forma, ao alinhar as transformações nos processos de negócios com tecnologias emergentes e estratégias, as empresas não apenas aumentam a lucratividade, mas também se posicionam para liderar em um mercado cada vez mais competitivo. A combinação de automação inteligente, análise de dados e inovação contínua permite que as organizações sejam mais ágeis, otimizem suas operações e respondam rapidamente às mudanças do mercado, garantindo vantagens sustentáveis.

Ter novas ideias para o negócio e um *mindset* de inovação são elementos da rede que estão na categoria de mudanças em Inovação e Desenvolvimento. Esses elementos da rede demonstraram que as empresas de manufatura buscam inovar para alcançar benefícios como competitividade, aprimoramento da produtividade, eficiência e otimização operacional, melhoria da qualidade e avanços humanos e sustentáveis na indústria. Neste contexto, a inovação contínua e a adoção de novas ideias permitem que as empresas de manufatura mantenham sua competitividade e promovam avanços em produtividade, eficiência operacional e sustentabilidade. A capacidade de inovar e adaptar-se rapidamente às mudanças de mercado não apenas impulsiona a eficiência, mas também permite que as organizações alcancem melhorias na qualidade e na sustentabilidade, posicionando-se como líderes em um ambiente cada vez mais dinâmico.

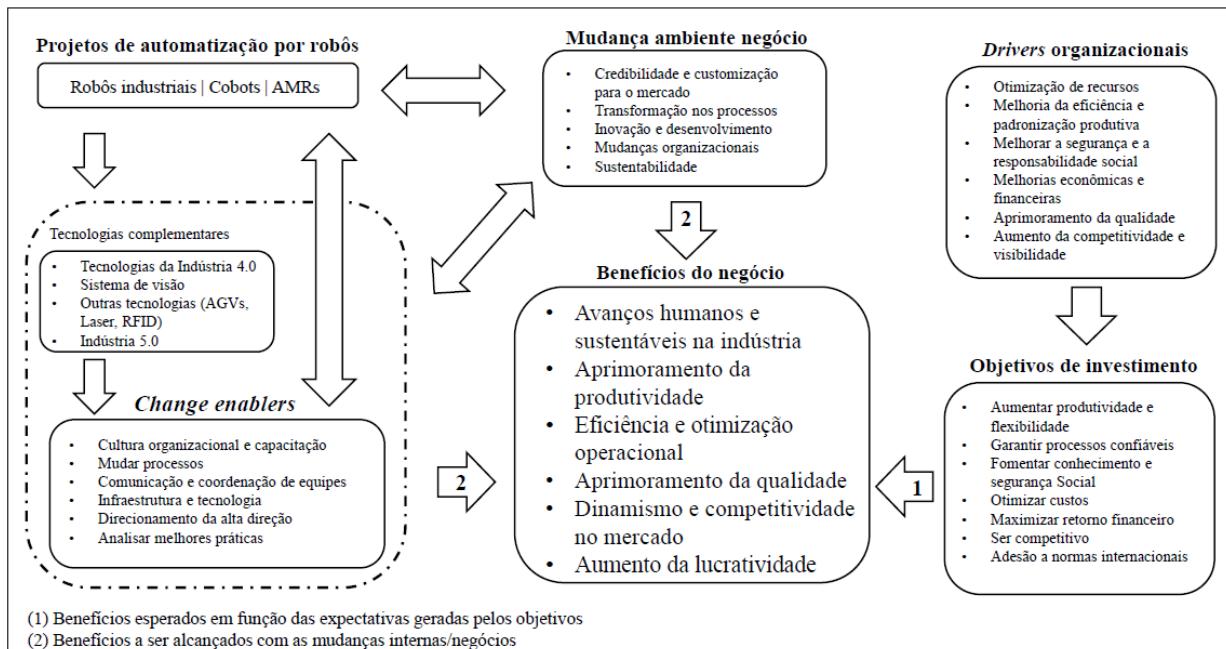
As mudanças no ambiente de negócios, como a mudança na estrutura dos times e a mudança na forma de gestão introduzidas pela implementação tecnológica, envolvem ajustes para alcançar os benefícios esperados. Esses elementos da categoria de Mudanças

Organizacionais se relacionaram diretamente com os benefícios de aprimoramento da produtividade e avanços humanos e sustentáveis na indústria. Assim, ao priorizar mudanças organizacionais bem planejadas e integradas, as empresas conseguem não apenas melhorar a produtividade e promover avanços sustentáveis, mas também assegurar que as transformações tecnológicas gerem valor duradouro e impactem positivamente todos os níveis da organização. Essa abordagem estratégica facilita a adaptação contínua às novas demandas do mercado, permitindo que as empresas mantenham uma vantagem competitiva em um ambiente em constante evolução.

A busca pela sustentabilidade também aparece no cenário de mudanças para a implementação de projetos de automação por robôs na manufatura. Esse elemento, porém, não se relacionou diretamente com o aumento da lucratividade, se conectando com as outras categorias de benefícios. Assim, a integração da automação robótica em processos de manufatura oferece não apenas uma abordagem para otimizar a eficiência e reduzir o desperdício, mas também representa uma contribuição para práticas industriais mais sustentáveis. Ao adotar essas tecnologias, as empresas podem diminuir seu impacto ambiental, promovendo ao mesmo tempo uma economia mais sustentável.

Após analisar como os grupos de benefícios descritos anteriormente podem ser alcançados, foi proposto um *framework*, representado na Figura 20, com o objetivo de oferecer uma perspectiva dessa análise. O *framework* destaca os benefícios como o elemento central que as organizações de manufatura esperam alcançar com projetos de automatização por robôs, impulsionados por *drivers* internos e externos e orientados por objetivos específicos decorrentes da adoção de tecnologias robóticas. Essas mudanças internas e no ambiente de negócios, facilitadas pela implementação dessas tecnologias, operacionalizam a robótica. Outras tecnologias habilitadoras complementares também desempenham um papel como elementos de mudança, facilitando a operacionalização.

O *framework* sugere que os *drivers* e objetivos definidos geram os benefícios esperados, enquanto as mudanças necessárias nas organizações e no ambiente de negócios indicam os aspectos que precisam ser alterados para que esses benefícios sejam alcançados. Em resumo, os benefícios são esperados tanto sob a perspectiva das expectativas geradas pelos objetivos (1) quanto das mudanças internas ou nos negócios requeridas para concretizá-los (2).



**Figura 20.** Framework para identificação e estruturação de Benefícios em Projetos de Automatização por robôs na Manufatura.

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.3 BENEFÍCIOS – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS COM A LITERATURA

Nesta seção, os resultados da pesquisa empírica descritos na seção anterior foram discutidos, levando-se em conta o que existe na literatura a respeito de benefícios com a adoção de projetos de automatização por robôs em empresas de manufatura conforme descrito na RSL na seção 4.2 deste trabalho.

Com relação à benefícios relacionados à manufatura, os resultados encontrados nesta pesquisa dizem respeito ao primeiro grupo de benefícios, sendo os avanços humanos e sustentáveis na indústria. Os resultados da pesquisa demonstram que a adoção da robótica na manufatura contribui substancialmente para a sustentabilidade ambiental. As empresas analisadas relataram uma redução no consumo de energia e na geração de resíduos, além de melhorias na eficiência dos processos produtivos. A automação por robôs permitiu operações mais precisas e menos dependentes de recursos, alinhando-se aos objetivos de sustentabilidade e economia de materiais. Isso corrobora o estudo de Bettiol et al. (2023), que descreve a implementação da robótica na manufatura como um fator para a sustentabilidade ambiental, especialmente ao promover a economia de energia e a diminuição de resíduos.

Os resultados da pesquisa foram consistentes com o argumento de Verma e Singh (2022) e Yang et al. (2022) que descrevem que um dos principais benefícios da robótica na manufatura é sua capacidade de executar tarefas desgastantes, perigosas ou repetitivas, reduzindo o risco de lesões e promovendo um ambiente de trabalho mais ergonômico e seguro. A pesquisa demonstrou que os projetos de automatização por robôs na manufatura assumiram tarefas fisicamente desgastantes, perigosas e monótonas, o que reduziu o risco de lesões e melhorou a ergonomia e a segurança dos trabalhadores. As empresas analisadas relataram que a automação contribuiu para um ambiente de trabalho mais saudável e seguro, elevando a satisfação e a moral dos funcionários.

Os resultados da pesquisa destacaram que a automação por robôs contribuiu para uma melhor utilização da mão de obra, realocando trabalhadores para funções de maior valor agregado. Isso elevou o nível de conhecimento e especialização dentro das empresas, uma vez que os funcionários passaram a focar em atividades cognitivas mais complexas. A redução de tarefas repetitivas e extenuantes permitiu que os trabalhadores desenvolvessem novas habilidades, promovendo um ambiente de trabalho mais enriquecedor e produtivo. Conforme a literatura, ao automatizar tarefas repetitivas, permite-se que os recursos humanos se concentrem em atividades de maior valor, como pesquisa, desenvolvimento e melhoria de processos (Jia, Yang & Zhang, 2023; Wang, Zhou & Chiao, 2023). Além disso, empresas que investem em tecnologias robóticas também capacitam sua força de trabalho para operar e programar esses sistemas, elevando o nível de conhecimento técnico e promovendo uma mão de obra mais qualificada (Axelson, Mattson & Langbeck, 2020).

Outro aspecto foi que os fatores relacionados aos avanços humanos e sustentáveis na indústria tiveram uma representatividade maior na pesquisa empírica, enquanto na literatura os elementos relacionados ao aprimoramento da produtividade foram mais destacados. Na Tabela 45, é possível analisar esses fatores e outros benefícios identificados na rede de manufatura.

Na categoria relacionada ao aprimoramento da produtividade, o elemento relacionado ao aumento da confiabilidade foi mencionado diversas vezes na pesquisa empírica. Entretanto, na literatura, essa robustez e consistência, que evitam falhas e paradas de linha, não foi abordada de forma clara.

A pesquisa revelou que a robótica aumentou a eficiência produtiva, reduzindo custos operacionais e erros de fabricação. O estudo corrobora com os autores ao demonstrar que a incorporação de robôs nos processos de fabricação eleva a eficiência produtiva e reduz deficiências operacionais (Anzolin, Andreoni & Zanfei, 2022). A adoção de robôs industriais

também melhora a eficiência, a qualidade dos produtos, e reduz custos e cargas ergonômicas (Wang et al., 2023). Houve também um aumento na produtividade, com processos mais rápidos e precisos. O estudo corrobora com os autores ao destacar que os robôs, ao operar continuamente, aumentam a produtividade, mantendo um ritmo constante de trabalho e permitindo uma produção mais rápida e volumosa (Verma & Singh, 2022). Esse aumento na produtividade e eficiência operacional é especialmente benéfico para empresas que adotam robôs, aproveitando as economias de escala (Zhang, Zhang & Wu, 2023). A pesquisa demonstrou que a automação por robôs aprimorou a flexibilidade produtiva, permitindo ajustes rápidos e eficientes nas linhas de produção.

**Tabela 45: Análise de benefícios da literatura comparada a pesquisa empírica.**

<b>Agrupamento</b>	<b>Benefícios identificados</b>	<b>LITERATURA</b>		<b>PESQUISA EMPÍRICA</b>	
		<b>Frequência</b>	<b>Total</b>	<b>Frequência</b>	<b>Total</b>
Dinamismo e competitividade no mercado	Melhoria na competitividade	11	16	21	26
	Rápida transformação e inovação	5		5	
Aumento da lucratividade	Aumento da lucratividade	1	48	1	69
Aprimoramento da produtividade	Aumento da confiabilidade	0		24	
	Aumento da eficiência de produção	27		10	
	Aumento da flexibilidade produtiva	9		19	
	Aumento na produtividade	12		16	
Eficiência e otimização operacional	Redução de custos operacionais	15	20	19	43
	Redução de erros de fabricação	3		14	
	Redução de tempo	2		10	
Aprimoramento da qualidade	Melhoria na qualidade dos produtos	11	19	22	37
	Maior precisão na fabricação	6		13	
	Melhorias nos produtos	2		2	
Avanços humanos e sustentáveis na indústria	Melhorias ergonômicas e segurança para os trabalhadores	12	24	35	92
	Melhoria na sustentabilidade ambiental	2		19	
	Melhor utilização da mão de obra	9		22	
	Aumento do conhecimento	1		16	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Isso corrobora com Čech et al. (2020), que descrevem que a robótica proporciona às empresas uma maior flexibilidade para adaptar suas linhas de produção a diferentes produtos ou ajustar rapidamente os volumes de produção. Martin et al. (2022) argumentam que os sistemas robóticos oferecem a flexibilidade de serem reprogramados para executar diferentes

funções com relativa simplicidade, permitindo que as organizações reajam prontamente a alterações nas demandas dos consumidores ou a variações no mercado.

A pesquisa mostrou que a adoção de projetos de automatização por robôs manufatura levou a uma redução de custos operacionais, eliminando tarefas repetitivas, diminuindo a necessidade de mão de obra intensiva e reduzindo desperdícios de materiais. Isso corrobora com Chen, Velu e McFarlane (2023), que argumentam que a implementação da robótica na manufatura contribui para uma redução dos custos operacionais. De acordo com Martin et al. (2012) a eficiência energética dos sistemas robóticos, em comparação com operações manuais intensivas, pode gerar economias de energia, ao mesmo tempo em que a automação permite uma gestão mais eficaz de materiais e recursos, reduzindo o desperdício e otimizando o inventário.

A pesquisa revelou que a automatização por robôs reduziu os erros de fabricação, já que os robôs executam comandos com precisão superior à dos processos manuais. Além de que, houve uma redução no tempo de produção, permitindo uma fabricação mais rápida e eficiente. Esses achados estão em linha com os argumentos de Bettoli et al. (2021) e Ballestar et al. (2021), que apontam a diminuição de tempo e erros como fatores para a vantagem competitiva. Também corroboram Sharma (2024), que destaca a precisão da robótica como um diferencial na manufatura.

A pesquisa revelou que os projetos de automatização por robôs resultaram em melhorias na qualidade dos produtos, aumentando a precisão nos processos de fabricação e garantindo consistência nos resultados. Isso corrobora os estudos de Anzolin, Andreoni e Zanfei (2022) e Bettoli et al. (2021), que descrevem que, além de elevar a qualidade e a precisão, a robótica também cria um ambiente propício para a inovação nos produtos. Essa capacidade de inovar rapidamente em resposta às demandas do mercado e às tendências tecnológicas assegura que as empresas mantenham uma vantagem competitiva.

Na pesquisa foi destacado o aprimoramento da qualidade devido ao controle rigoroso proporcionado pelos robôs, que aumentaram a consistência na produção. A literatura indica que a integração de robôs nos processos de manufatura tem um impacto direto na qualidade dos produtos fabricados (Anzolin, Andreoni & Zanfei, 2022). Neste contexto, a precisão milimétrica dos robôs eliminou variações humanas, melhorando a qualidade final dos produtos e assegurando padrões elevados de fabricação. A robótica eleva a precisão na fabricação ao superar o processo manual, melhorando a eficácia, reduzindo o tempo de execução e

assegurando uma aplicação mais controlada e conforme aos padrões de qualidade (Santiago, de Oliveira Almeida & Dias, 2019).

Os resultados da pesquisa foram consistentes com o argumento de Ballestar et al. (2021) e Zhang, Zhang e Wu (2023), que descrevem que a adoção da robótica na manufatura tem sido um dos principais fatores propulsores da competitividade e inovação no cenário industrial moderno. Esta transformação não apenas redefine os paradigmas produtivos, mas também impulsiona as empresas a um novo patamar de eficiência e excelência, gerando impactos expressivos na competitividade de mercado, na capacidade de inovação e no desenvolvimento de habilidades da força de trabalho. A pesquisa demonstrou que os projetos de automatização por robôs impulsionam a competitividade ao garantir adaptações rápidas ao mercado, melhorar a qualidade dos produtos, reduzir custos operacionais e aumentar a eficiência e confiabilidade dos processos. Neste contexto o estudo de Bettoli et al (2021) completa este conceito ao descrever que a integração de sistemas robóticos nos processos de produção oferece às empresas uma vantagem competitiva e isso se deve à otimização dos processos, que resulta em uma produção mais rápida, eficiente e com menor custo.

O benefício relacionado ao aumento da lucratividade apareceu de forma discreta na pesquisa e na literatura. A pesquisa revelou que os projetos de automatização por robôs contribuem para a lucratividade, aumentando a capacidade de gerar lucro, reduzindo custos operacionais e otimizando processos, permitindo a oferta de produtos mais acessíveis sem comprometer as margens de lucro. Essa abordagem é confirmada pelo estudo de Chen, Velu e McFarlane (2023), no qual é descrito que os benefícios dos projetos com a utilização de robôs incluem aumento da produtividade, eficiência operacional e redução de custos. Em estágios avançados de adoção, espera-se um aumento na inovação de produtos, qualidade e capacidade de diferenciação no mercado, resultando em margens de lucro mais altas (Chen, Velu & McFarlane, 2023).

## 6 CONTRIBUIÇÕES PARA A PRÁTICA

Nesta seção são apresentadas as contribuições para a prática resultantes desta dissertação. Inicialmente é apresentado o Produto Técnico/Tecnológico e posteriormente as contribuições para prática referente ao uso do *framework*.

### 6.1 PRODUTO TÉCNICO/TECNOLÓGICO - CRITÉRIOS DA CAPES

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) promove o desenvolvimento de Produtos Técnicos/Tecnológicos (PTTs) para fortalecer a pesquisa e a formação acadêmica no Brasil (Martens et al., 2022). Esses PTTs incluem ferramentas, *softwares* e recursos educacionais destinados a aprimorar o ensino, pesquisa e extensão nas instituições de ensino superior (CAPES, 2019). O relatório do GT DAV/CAPES identificou 21 PTTs para serem qualificados nas 49 áreas de avaliação, com cada área focando nos produtos mais relevantes, como a área 27, que contempla Administração Pública, Administração de Empresas, Ciências Contábeis e Turismo.

O *framework* para identificação e estruturação de benefícios em projetos de automação por robôs na manufatura, desenvolvido nesta dissertação, é classificado como Produto Tecnológico não Patenteável, conforme as diretrizes da CAPES (2019, p. 72). Embora não possua um mecanismo formal de proteção no Brasil, esse produto está alinhado com as recomendações da CAPES para avaliação de PTTs, atendendo às exigências de qualidade e relevância estabelecidas. A seguir, são analisados os critérios de avaliação da CAPES, considerando aderência, impacto, aplicabilidade, inovação e complexidade, conforme Tabela 46.

**Tabela 46 - Critérios de avaliação da CAPES.**

Tema	Objetivo	Classificação
Aderência	Relação ou afinidade com a área de concentração do programa	Se aplica
Impacto	Transformação causada pelo produto no seu ambiente	Alta, média ou baixa
Aplicabilidade	Facilidade com que se pode empregar o produto para alcançar seus objetivos	Alta, média ou baixa
Inovação	Intensidade do conhecimento inédito na criação e desenvolvimento do produto	Alta, média ou baixa
Complexidade	Grau de interação dos atores, relação e conhecimentos necessários à elaboração e ao desenvolvimento deste produto	Alta, média ou baixa

Fonte: Adaptado de Martens et al. (2022).

Em termos de aderência, a ferramenta gerencial desenvolvida, ou seja, o *framework* para identificação e estruturação de benefícios em projetos de automatização por robôs na manufatura, está alinhada à linha de pesquisa "Inovação em projetos" do PPGP. Este *framework* se integra ao projeto-eixo "Gestão de projetos e seus impactos nos resultados organizacionais," refletindo seu foco na melhoria dos resultados empresariais por meio da inovação. O uso do *framework* representa uma ferramenta que auxilia na compreensão, organização e maximização dos benefícios decorrentes da implementação de robôs em ambientes industriais.

O potencial impacto do *framework* no ambiente da manufatura é alto, pois ele otimiza os benefícios da automação, alinha as estratégias empresariais com a implementação de robôs e melhora a eficiência, qualidade e flexibilidade. Como resultado, espera-se contribuições na competitividade, inovação e integração com tecnologias emergentes, promovendo avanços sustentáveis no setor.

A aplicabilidade do *framework* é considerada alta. É uma ferramenta de gestão que oferece uma estrutura holística, integradora e processual para a identificação e estruturação de benefícios na manufatura. Em termo de abrangência realizada, envolve quatro empresas brasileiras. Devido à sua natureza generalizável na manufatura, sua replicabilidade como produção técnica é viável em qualquer projeto de automatização por robôs, já que os elementos centrais que compõem o *framework* são comuns a todos.

Em termos de inovação, a produção é avaliada como tendo um teor inovativo médio, pois envolve a adaptação de conhecimentos já estabelecidos por diferentes fontes (literatura, empresas, etc). Os conceitos envolvidos como transformação digital, indústria 4.0, robótica, gestão de projetos e gestão de benefícios estão sedimentados na literatura. Entretanto, a criação de um artefato que identifique e estruture esses benefícios é uma contribuição inédita.

O último critério definido é a complexidade, que se refere ao grau de interação entre os atores, as relações envolvidas e os conhecimentos necessários para a elaboração e desenvolvimento do produto. Trata-se de um produto de complexidade média, sendo o *framework* resultado da adaptação de conhecimentos já estabelecidos por diferentes atores, como organizações externas.

## 6.2 CONTRIBUIÇÕES PARA A PRÁTICA - USO DO FRAMEWORK

A partir da pesquisa empírica conduzida em quatro organizações, foram coletados dados relevantes para os objetivos deste estudo, utilizando o modelo RDB. Foram criadas quatro RDBs individuais, correspondentes a cada uma das organizações analisadas. Posteriormente, essas RDBs foram consolidadas em um único modelo, permitindo a realização de análises que mostram como os benefícios identificados pelas organizações podem ser alcançados. Em resumo, o modelo RDB ajudou na análise dos benefícios nesta pesquisa. Como resultado, foi desenvolvido um *framework* a partir das análises realizadas, o qual poderá ser útil tanto para futuros estudos acadêmicos quanto para a aplicação prática nas organizações.

A aplicação do *framework* desenvolvido nesta dissertação oferece uma série de contribuições práticas que são relevantes para o setor de manufatura. Este *framework* não apenas facilita a identificação e estruturação dos benefícios resultantes de projetos de automatização por robôs, mas também promove a integração desses benefícios aos objetivos estratégicos das organizações, com impacto direto na competitividade e na sustentabilidade. Uma das principais contribuições do *framework* é a estruturação sistemática dos benefícios, utilizando a Rede de Dependência de Benefícios (RDB) como base. Essa estruturação permite que as empresas identifiquem claramente os benefícios esperados, bem como as interdependências entre eles, facilitando uma gestão mais eficaz e orientada para resultados.

Ao aplicar o *framework*, as empresas podem priorizar os benefícios mais alinhados com seus objetivos estratégicos, garantindo que os recursos sejam direcionados para áreas que trarão o maior retorno sobre o investimento. Isso é particularmente relevante em projetos de automação, na qual o sucesso depende da capacidade de integrar tecnologias complexas e de gerenciar as mudanças organizacionais de forma eficiente.

Responder aos objetivos específicos delineados na dissertação ofereceu contribuições para empresas de manufatura, proporcionando uma vantagem competitiva em um cenário de rápida evolução tecnológica. A adoção da "Rede de Dependência de Benefícios" (RDB) permite que as empresas identifiquem e compreendam com precisão os elementos organizacionais e os objetivos que impulsionam a adoção de projetos de automatização por robôs. Isso resulta em uma melhor alocação de recursos, otimização de processos e garantia de retornos financeiros, fatores para a sustentabilidade e crescimento das operações.

Ao identificar os principais elementos organizacionais que orientam os projetos de robótica, as empresas podem ajustar suas estratégias de maneira mais eficaz, alinhando a tecnologia com as necessidades específicas de suas operações. A descrição clara dos objetivos organizacionais, como a melhoria da eficiência, a redução de custos e a elevação da qualidade dos produtos, oferece um roteiro claro para maximizar os benefícios dos investimentos em automação. Esses objetivos não só garantem o aumento da viabilidade econômica dos projetos, mas também melhoram a segurança e a ergonomia no ambiente de trabalho, aumentando o bem-estar dos colaboradores e reduzindo riscos.

A automação robótica também possibilita uma flexibilidade maior nas operações, permitindo que as empresas respondam rapidamente às mudanças nas demandas do mercado. A capacidade de adaptar e reprogramar robôs para diferentes tarefas promove uma agilidade operacional, mantendo a competitividade no setor de manufatura. Além disso, as tecnologias robóticas elevam a confiabilidade e precisão dos processos produtivos, resultando em produtos de alta qualidade e consistência, características para manter a posição no mercado.

A análise dos casos estudados no cenário de manufatura revela que a adoção de robôs não só melhora a eficiência e reduz custos operacionais, mas também contribui para avanços humanos e sustentáveis. Esses incluem melhorias na segurança e ergonomia, bem como uma melhor utilização da mão de obra, elementos que fortalecem a responsabilidade social das empresas. Por fim, a integração de tecnologias avançadas, como a integração de dados e sistemas de visão, assegura que as operações sejam continuamente otimizadas, promovendo um ambiente de inovação constante e adaptabilidade.

Os projetos de automatização por robôs têm um impacto nas empresas de manufatura, ajudando-as a alcançar diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. A adoção de robôs aumenta a produtividade e eficiência das operações, contribuindo para o crescimento econômico sustentável e alinhado ao ODS 8, que promove trabalho decente e crescimento econômico inclusivo. O uso de robôs na manufatura incentiva a inovação tecnológica e modernização das infraestruturas industriais, convergentes com a ODS 9, que visa uma industrialização sustentável. A integração de tecnologias avançadas, como Internet das Coisas e Inteligência Artificial, com robôs, melhora a eficiência operacional e coloca as empresas na vanguarda da inovação. No âmbito do ODS 12, a precisão dos robôs permite reduzir desperdícios e minimizar erros, promovendo um uso mais eficiente dos recursos e práticas de produção mais sustentáveis. Os projetos de automatização por robôs também melhoraram as condições de trabalho ao reduzir a exposição a riscos físicos e tarefas ergonômicas

desafiadoras, alinhando-se ao ODS 3, que visa promover saúde e bem-estar no ambiente de trabalho.

Neste cenário, o uso do *framework* para identificação e estruturação de Benefícios em Projetos de Automatização por robôs na Manufatura oferece um suporte para maximizar os benefícios dos projetos. O RDB permite que as empresas identifiquem e estruturam os benefícios esperados com esses projetos que utilizam robôs, garantindo que estejam alinhados com os objetivos organizacionais e alinhados com os ODS. Isso facilita a tomada de decisões estratégicas, assegurando que os investimentos em robótica resultem em melhorias tangíveis na sustentabilidade, na eficiência operacional e no bem-estar dos colaboradores. Por último, ainda como contribuição prática, este estudo resultará na geração de publicações em periódicos assegurando que os resultados obtidos nesta dissertação possam ser aproveitados por outras universidades e empresas.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal objetivo desta dissertação foi propor uma Rede de Dependência de Benefícios (RDB) para projetos de automação por robôs em empresas de manufatura. O modelo RDB, que tradicionalmente vincula a funcionalidade de Sistemas da Informação e Tecnologias da Informação (SI/TI) às mudanças organizacionais e benefícios identificados (Ward & Daniel, 2012), foi aplicado nesta análise para focar nas tecnologias da Indústria 4.0, com ênfase nos projetos que utilizam robôs.

Dessa forma, foram definidos objetivos específicos que deram suporte ao desenvolvimento da pesquisa, direcionando-a ao alcance do objetivo principal. Cada um desses objetivos específicos compreende os diferentes elementos da RDB. A seguir, cada objetivo secundário é descrito com base nos resultados da análise dos dados obtidos na pesquisa empírica realizada.

O primeiro objetivo específico foi identificar quais são os principais elementos organizacionais que orientam a adoção de projetos de automatização por robôs. Neste contexto, de forma geral, o principal fator identificado foi a busca pela Otimização de recursos, sustentada pela busca por Melhoria da eficiência e padronização produtiva, e guiada pela meta de Melhorar a segurança e a responsabilidade social.

Descrever quais são os objetivos organizacionais que direcionam a adoção de projetos de automatização por robôs consistiu no segundo objetivo específico. Em síntese, como desdobramento dos fatores mencionados anteriormente, os principais objetivos descritos foram aumentar a produtividade e a flexibilidade, com ênfase na utilização de sistemas robóticos facilmente adaptáveis a um portfólio de produção diversificado e a ciclos de vida de produtos mais curtos. O objetivo de garantir processos confiáveis também se destacou como relevante para as empresas de manufatura analisadas. Adicionalmente, houve um foco na busca por soluções ambientalmente sustentáveis que priorizem o bem-estar das pessoas.

O terceiro objetivo específico foi identificar quais são os benefícios decorrentes da adoção dos projetos de automatização por robôs. O principal benefício identificado foi o avanço humano e sustentável na indústria, refletindo uma preocupação tanto com o bem-estar das pessoas quanto com a sustentabilidade ambiental. Esse benefício está focado na melhor utilização da mão de obra, no aumento do conhecimento e no uso mais eficiente dos recursos. O aprimoramento da produtividade também se destacou como um benefício nesta dissertação,

direcionando a atenção para a melhoria da qualidade dos produtos, maior precisão na fabricação e o avanço no desenvolvimento de novos produtos.

O quarto objetivo específico consistiu em compreender como estas tecnologias da robótica são operacionalizadas. Nesse contexto, as principais tecnologias utilizadas nos projetos incluem robôs colaborativos para aplicações de montagem, robôs industriais para soldagem e pintura, e Robô Móvel Autônomo (*Autonomous Mobile Robot – AMR*) para movimentação interna na logística da manufatura. Para fornecer a infraestrutura necessária para que as fábricas gerenciem informações de forma inteligente e integrada, às tecnologias da Indústria 4.0 facilitaram a operacionalização dos robôs. Essas tecnologias permitem melhor desempenho por meio da integração de dados e IoT, além de proporcionar maior flexibilidade com o uso de sistemas de visão acoplados aos robôs.

O quinto objetivo específico foi compreender as alterações solicitadas para alcançar os benefícios desejados. Em relação a isso, alguns aspectos principais foram destacados como: cultura organizacional e capacitação, mudar processos, comunicação e coordenação de equipes, infraestrutura e tecnologia, direcionamento da alta direção e Analisar melhores práticas de mercado. De maneira geral, as mudanças relacionadas à cultura organizacional, à capacitação dos colaboradores e à reformulação dos processos internos se mostraram vantajosas para as empresas. Essas transformações ajudaram na adaptação de novas tecnologias e métodos de trabalho, impulsionando a eficiência e a competitividade no mercado. Além disso, a ênfase na cultura organizacional e no desenvolvimento de habilidades contribuiu para um ambiente de trabalho mais colaborativo e preparado para enfrentar os desafios da modernização.

O último objetivo específico foi investigar as transformações no ambiente organizacional resultantes destas tecnologias emergentes. Em relação a esse aspecto, devido à transformação digital, as mudanças no ambiente estão relacionadas à adoção de novos modelos de inovação nos negócios. Sendo organizações com diferentes posicionamentos no segmento de manufatura, cada uma possui um foco distinto em seus projetos de automação. No entanto, de forma geral, essas empresas buscavam, respectivamente, credibilidade e customização para o mercado, transformação nos processos, e inovação e desenvolvimento.

O principal objetivo desta dissertação foi propor um *framework* para identificação e estruturação de benefícios em projetos de automatização por robôs na Manufatura", disponível na página 185. O *framework* utiliza os preceitos da Rede de Dependência de Benefícios (RDB) para focar nas tecnologias da Indústria 4.0, especificamente nos projetos que utilizam robôs, visando otimizar recursos, melhorar processos e garantir sustentabilidade. A pesquisa aborda

objetivos organizacionais, benefícios da robótica e mudanças necessárias para maximizar os resultados na manufatura.

## 7.1 CONTRIBUIÇÕES PARA A ACADEMIA

Devido à recente introdução das tecnologias robóticas, como os robôs colaborativos e móveis, não foram encontrados estudos acadêmicos disponíveis que analisem os benefícios resultantes de sua adoção em projetos de automatização na manufatura. Essa ausência de pesquisas revelou uma oportunidade para explorar essa lacuna por meio de um estudo empírico de natureza exploratória em organizações do setor. Nesse sentido, esta dissertação oferece uma contribuição teórica ao abordar essa temática.

Ademais, a aplicação da RDB nas tecnologias robóticas pode demonstrar que esse modelo também é adaptável a outras categorias de tecnologias, além das tradicionais SI/TI frequentemente abordadas na literatura acadêmica. A contribuição teórica deste trabalho reside na proposta de uma Rede de Dependência de Benefícios (RDB) aplicada a projetos de automatização por robôs em empresas de manufatura. Ao desenvolver essa abordagem, o estudo preenche uma lacuna na literatura, proporcionando uma estrutura teórica que permite a identificação e análise dos benefícios decorrentes da adoção de tecnologias robóticas emergentes, como robôs colaborativos e móveis. A RDB facilita a compreensão das interdependências entre os objetivos organizacionais, as tecnologias implementadas e as mudanças necessárias para maximizar os benefícios na manufatura, oferecendo uma visão holística e integrada que pode ser aplicada em contextos reais.

Este trabalho contribui teoricamente ao realizar uma análise detalhada e comparativa de quatro empresas de segmentos distintos da manufatura: bens de consumo, eletrônicos, equipamentos médicos e automotivo. Por meio dessa comparação, o estudo explora como os *drivers* organizacionais e os objetivos de investimento em projetos de automatização por robôs variam de acordo com o setor industrial. A análise destaca tanto as peculiaridades específicas de cada setor quanto os fatores comuns entre as empresas estudadas. Essa abordagem permite identificar padrões e variáveis críticas que influenciam a adoção de tecnologias robóticas, em diferentes indústrias dentro do campo da manufatura, enriquecendo, assim, a literatura acadêmica com novos *insights* e perspectivas.

A contribuição teórica deste trabalho reside na proposição de um *framework* que integra a análise dos *drivers* organizacionais, objetivos de investimento, e os benefícios resultantes da adoção de robôs na automação da manufatura. Este *framework* oferece uma ferramenta estruturada para orientar empresas na tomada de decisão sobre a implementação de tecnologias robóticas, adaptando-se a diferentes cenários industriais. Ao fornecer uma abordagem sistemática para maximizar os benefícios da automação, o *framework* enriquece a literatura acadêmica com uma nova perspectiva aplicada e prática.

Este trabalho também contribui para enriquecer a literatura ao explorar a integração da automação robótica como um elemento central na transformação digital dos setores de manufatura. Além de acelerar a eficiência operacional e melhorar a competitividade, a automação robótica promove avanços em sustentabilidade ambiental e social. Isso inclui a otimização de recursos, a redução do consumo de energia e a minimização de resíduos. Ao liberar os trabalhadores de tarefas repetitivas e potencialmente perigosas, a automação também melhora a ergonomia e a segurança no ambiente de trabalho, contribuindo para um desenvolvimento industrial mais sustentável e responsável.

## 7.2 LIMITAÇÕES

A pesquisa conduzida possui algumas limitações: foram analisadas apenas quatro organizações de distintos setores da manufatura (bens de consumo, eletrônico, cuidados com a saúde e automotivo). Essa abordagem pode não refletir as práticas de organizações em outros setores, o que pode limitar as implicações práticas dos resultados, considerando que cada setor apresenta suas próprias particularidades, restringindo a aplicabilidade dos achados a todas as empresas do setor de manufatura. As quatro empresas são consideradas de grande porte, assim podem existir limitações em empresas de Pequeno e Médio Porte (PME).

Outra questão a ser destacada é que, devido ao fato de algumas tecnologias robóticas, como cobots e AMRs, ainda serem recentes, o entendimento dos benefícios por parte das organizações está em um estágio inicial. Isso pode limitar a avaliação e interpretação dos dados coletados na pesquisa empírica, podendo não gerar os resultados esperados. Considerando que as organizações apresentam diferentes níveis de maturidade, não é possível concluir que a análise dos benefícios seja uniforme. Enquanto uma organização ainda está no início desse processo, outra já possui maior experiência e mais elementos para avaliar os benefícios com maior precisão.

A robótica colaborativa e móvel ainda está em processo de implementação e maturação nas organizações, o que significa que muitos de seus benefícios ainda não foram plenamente observados. Isso se reflete na escassez de estudos acadêmicos disponíveis sobre o tema. No entanto, essa área oferece inúmeras possibilidades para futuras pesquisas, que poderão explorar mais profundamente os impactos e vantagens dessas tecnologias.

### 7.3 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

O objetivo deste estudo foi propor uma Rede de Dependência de Benefícios para projetos de automatização por robôs em empresas de manufatura. A pesquisa realizou uma Revisão Sistemática da Literatura e seguiu uma abordagem qualitativa e exploratória, analisando quatro estudos de caso em diferentes setores. Foram conduzidas 22 entrevistas, além de observação direta e análise documental, para alcançar os objetivos. Assim, foi possível atingir o objetivo estabelecido, oferecendo uma base sólida para futuras implementações na indústria. Como novas etapas, recomenda-se a condução de um grupo focal com especialistas do setor industrial para validar o *framework* desenvolvido. Essa abordagem permitirá uma análise crítica e prática, possibilitando a identificação de melhorias e adaptações necessárias para a aplicação do framework em diferentes cenários industriais.

Pesquisas futuras podem focar em desenvolver um estudo sobre Gestão de Benefícios para projetos de automação por robôs. Esse estudo envolveria o planejamento detalhado para sua realização, a execução do plano de benefícios, e a revisão contínua para avaliar os resultados e identificar o potencial para benefícios adicionais, garantindo uma implementação eficaz e sustentável.

Pesquisas futuras podem focar no desenvolvimento de um *framework* para a adoção de robôs na manufatura, especificamente adaptado ao contexto da Indústria 5.0. Esse *framework* deve considerar não apenas a eficiência e automação, mas também a colaboração entre humanos e robôs, a personalização dos processos e a sustentabilidade. A Indústria 5.0 enfatiza a sinergia entre a tecnologia avançada e a criatividade humana, buscando um equilíbrio entre produtividade e bem-estar. Portanto, o *framework* proposto deve integrar essas dimensões, orientando empresas na transição para uma manufatura mais avançada, centrada no ser humano e alinhada às novas exigências econômicas e sociais.

## REFERÊNCIAS

- Agarwal, R., Gao, G., DesRoches, C., & Jha, A. K. (2010). Research commentary—The digital transformation of healthcare: Current status and the road ahead. *Information Systems Research, 21*(4), 796-809.
- Almada-Lobo, F. (2015). The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES). *Journal of Innovation Management, 3*(4), 16-21.
- Aly, H. (2020). Digital transformation, development and productivity in developing countries: is artificial intelligence a curse or a blessing?. *Review of Economics and Political Science, 7*(4), 238-256.
- Anzolin, G., & Andreoni, A. (2023). Robotising, but how? Evidence from the automotive sector in South Africa. *Journal of Manufacturing Technology Management*. Advanced online publication.
- Anzolin, G., Andreoni, A., & Zanfei, A. (2022). What is driving robotisation in the automotive value chain? Empirical evidence on the role of FDIs and domestic capabilities in technology adoption. *Technovation, 115*, 102476.
- Ashurst, C., & Hodges, J. (2010). Exploring business transformation: The challenges of developing a benefits realization capability. *Journal of Change Management, 10*(2), 217–237.
- Ashurst, C., Doherty, N. F., & Peppard, J. (2008). Improving the impact of IT development projects: The benefits realization capability model. *European Journal of Information Systems, 17*(4), 352–370.
- Ashurst, C., Freer, A., Ekdahl, J., & Gibbons, C. (2012). Exploring IT-enabled innovation: A new paradigm? *International Journal of Information Management, 32*(4), 326-336.
- Aubry, M., Boukri, S. E., & Sergi, V. (2021). Opening the Black Box of Benefits Management in the Context of Projects. *Project Management Journal, 52*(5), 434–452.  
<https://doi.org/10.1177/87569728211020606>

- Axelson, J. V., Mattsson, S., & Langbeck, B. (2020) Planning for Nation Wide Dissemination of Robotics to SMEs.
- Badewi, A. (2016). The impact of project management (PM) and benefits management (BM) practices on project success: Towards developing a project benefits governance framework. *International Journal of Project Management*, 34(4), 761-778.
- Bagheri, B., Yang, S., Kao, H. A., & Lee, J. (2015). Cyber-physical systems architecture for self-aware machines in industry 4.0 environment. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 1622-1627.
- Ballestar, M. T., Díaz-Chao, Á., Sainz, J., & Torrent-Sellens, J. (2021). Impact of robotics on manufacturing: A longitudinal machine learning perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 162, 120348.
- Balog, K. (2020). The concept and competitiveness of agile organization in the fourth industrial revolution's drift. *Strategic Management-International Journal of Strategic Management and Decision Support Systems in Strategic Management*, 25(3).
- Bardin, L. (2016). *Análise de conteúdo: edição revista e ampliada*. São Paulo: Edições, 70, 280.
- Bekishev, Y., Pisarenko, Z., & Arkadiev, V. (2023). FMEA Model in Risk Analysis for the Implementation of AGV/AMR Robotic Technologies into the Internal Supply System of Enterprises. *Risks*, 11(10), 172.
- Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2020). Industry 4.0 innovation ecosystems: An evolutionary perspective on value cocreation. *International Journal of Production Economics*, 228, 107735.
- Bennington, P., & Baccarini, D. (2004). Project benefits management in IT projects—An Australian perspective. *Project Management Journal*, 35(2), 20–30.
- Bettoli, M., Capestro, M., Di Maria, E., & Ganau, R. (2023). Is this time different? How Industry 4.0 affects firms' labor productivity. *Small Business Economics*, 1-19.

- Bettoli, M., Capestro, M., Di Maria, E., & Micelli, S. (2021). SMEs@ Industry 4.0: a comparison between top and average performers. *Sinergie Italian Journal of Management*, 39(3), 27-48.
- Bharadwaj, A., El Sawy, O. A., Pavlou, P. A., & Venkatraman, N. V. (2013). Digital business strategy: toward a next generation of insights. *MIS Quarterly*, 471-482.
- Bhattacharyya, S. S. (2023). Co-working with robotic and automation technologies: technology anxiety of frontline workers in organisations. *Journal of Science and Technology Policy Management*.
- Biffl, S., Musil, J., Musil, A., Meixner, K., Lüder, A., Rinker, F., ... & Winkler, D. (2021, September). An industry 4.0 asset-based coordination artifact for production systems engineering. In *2021 IEEE 23rd Conference on Business Informatics (CBI)* (Vol. 1, pp. 92-101). IEEE.
- Botha, A. P. (2019). A mind model for intelligent machine innovation using future thinking principles. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(8), 1250-1264.
- Bradley, G. (2006). *Benefit realisation management: A practical guide\_to achieving benefits through change*. Gower.
- Bradley, G. (2010). *Benefit realisation management: A practical guide to achieving benefits through change*. Gower.
- Bradley, G. (2016). *Benefit realisation management: A practical guide to achieving benefits through change*. CRC Press.
- Breese, R. (2012). Benefits realisation management: Panacea or false dawn? *International Journal of Project Management*, 30(3), 341–351.
- Breese, R., Jenner, S., Serra, C. E. M., & Thorp, J. (2015). Benefits management: Lost or found in translation. *International Journal of Project Management*, 33(7), 1438-1451.
- Brill, D., Schnugg, C., & Stary, C. (2022). Digital Sensemaking: Sensemaking as a Driver of Transformation. *Proceedings International Forum on Knowledge Asset Dynamics*, 652-672.

- Buer, S. V., Strandhagen, J. O., & Chan, F. T. (2018). The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2924-2940.
- Buttrick, R. (2018). *The project workout: The ultimate guide to directing and managing business-led projects*. Routledge.
- Cammarano, A., Varriale, V., Michelino, F., & Caputo, M. (2023). A framework for investigating the adoption of key technologies: Presentation of the methodology and explorative analysis of emerging practices. *IEEE Transactions on Engineering Management*.
- CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (2019). Produção Técnica. <https://www.capes.gov.br/relatorios-tecnicos-dav>.
- CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (2023). Sobre a CAPES. <https://www.gov.br/capes/pt-br/acesso-a-informacao/perguntasfrequentes/sobre-a-cap>
- Caputo, F., Greco, A., D'Amato, E., Notaro, I., & Spada, S. (2018). On the use of Virtual Reality for a human-centered workplace design. *Procedia Structural Integrity*, 8, 297-308.
- Carbonell, J., Sánchez-Esguevillas, A., & Carro, B. (2016). The role of metaphors in the development of technologies. The case of the artificial intelligence. *Futures*, 84, 145-153.
- Čech, M., Wicher, P., Lenort, R., Malčic, T., David, J., Holman, D., ... & Záruba, J. (2020). Autonomous mobile robot technology for supplying assembly lines in the automotive industry. *Acta Logistica*, 7(2), 103-109.
- Chen, B., Wan, J., Shu, L., Li, P., Mukherjee, M., & Yin, B. (2017). Smart factory of industry 4.0: Key technologies, application case, and challenges. *Ieee Access*, 6, 6505-6519.
- Chen, Y. P., Velu, C., & McFarlane, D. (2023). The Effect of Robot Adoption on Profit Margins. *IEEE Transactions on Engineering Management*.

- Chih, Y. Y., & Zwikael, O. (2015). Project benefit management: A conceptual framework of target benefit formulation. *International Journal of Project Management*, 33(2), 352-362.
- Chirumalla, K. (2018). Managing Product Introduction Projects in Operations: Key challenges in heavy-duty vehicle industry. *The Journal of Modern Project Management*, 5(3).
- Chowdhury, T., Lecturer, J. A., & Wilkinson, S. (2019). Review of digital technologies to improve productivity of New Zealand construction industry. *ITcon - Journal of Information Technology in Construction*, pp. 569-587.
- Cimini, C., Pirola, F., & Cavalieri, S. (2023). Challenges and expectations about 5G in the industry: evidence from survey-based research. *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, 37(5-6), 492-511.
- Clarke, S., & Doherty, N. (2004). The importance of a strong business-IT relationship for the realisation of benefits in e-business projects: the experiences of Egg. *Qualitative Market Research: An International Journal*, 7(1), 58-66.
- Correa, R. D., Silva, L. F. D., & Scafuto, I. C. (2023). Mechanisms for capturing and transferring tacit knowledge between projects. *International Journal of Knowledge Management Studies*, 14(1), 50-73.
- Cortés, D., Ramírez, J., Villagómez, L. E., Batres, R., Molina, A., Velilla, A., ... & Cruz, N. (2019, June). A model for plant digitalisation, simulation and improvement: a case study in the automotive tier one supplier. In *2019 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)* (pp. 1-6). IEEE.
- Creswell, J. W. (2013). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (Fourth Edi). SAGE Publications, Inc.
- da Silva, L. F., Penha, R., & Bizarrias, F. S. (2022). Entrevistas aplicadas em pesquisas qualitativas: da aplicação da entrevista à análise dos dados. *Revista de Gestão e Projetos*, 13(3), 1-9.

- de Albuquerque Urquiza, M., & Marques, D. B. (2016). Análise de conteúdo em termos de Bardin aplicada à comunicação corporativa sob o signo de uma abordagem teórico-empírica. *Entretextos*, 16(1), 115-144.
- De Vries, G. J., Gentile, E., Miroudot, S., & Wacker, K. M. (2020). The rise of robots and the fall of routine jobs. *Labour Economics*, 66, 101885.
- Demir, K. A., Döven, G., & Sezen, B. (2019). Industry 5.0 and human-robot co-working. *Procedia Computer Science*, 158, 688-695.
- Díaz-Chao, Á., Ficapal-Cusí, P., & Torrent-Sellens, J. (2021). Environmental assets, industry 4.0 technologies and firm performance in Spain: A dynamic capabilities path to reward sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 281, 125264.
- Dixit, V., & Verma, P. (2022). Identification, assessment, and quantification of new risks for Logistics 4.0. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 1-25.
- Doherty, N. F. (2014). The role of socio-technical principles in leveraging meaningful benefits from IT investments. *Applied Ergonomics*, 45(2), 181-187.
- Doherty, N. F., Ashurst, C., & Peppard, J. (2012). Factors affecting the successful realisation of benefits from systems development projects: findings from three case studies. *Journal of Information Technology*, 27, 1-16.
- dos Santos, F. M. (2012). Análise de conteúdo: a visão de Laurence Bardin. *Revista Eletrônica de Educação*. 6(1), 383-387
- Dujin, A., Geissler, C., & Horstkötter, D. (2014). Industry 4.0 The new industrial revolution How Europe will succeed. Roland Berger Strategy Consultants,(March), 1–24.
- Dupont, D. H., & Eskerod, P. (2016). Enhancing project benefit realization through integration of line managers as project benefit managers. *International Journal of Project Management*, 34(4), 779-788.
- El Souri, M., & Gao, J. (2022). Impact of Knowledge Exchange in Cross Regional Interdisciplinary Collaboration Within a Robotic Development Project. In *Advances in Manufacturing Technology XXXV* (pp. 107-112). IOS Press.

- Enrique, D. V., Marcon, É., Charrua-Santos, F., & Frank, A. G. (2022). Industry 4.0 enabling manufacturing flexibility: technology contributions to individual resource and shop floor flexibility. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 33(5), 853-875.
- Fan, H., Hu, Y., & Tang, L. (2021). Labor costs and the adoption of robots in China. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 186, 608-631.
- Farbey, B., Land, F., & Targett, D. (1999). Moving IS evaluation forward: learning themes and research issues. *The Journal of Strategic Information Systems*, 8(2), 189–207. [https://doi.org/10.1016/s0963-8687\(99\)00021-9](https://doi.org/10.1016/s0963-8687(99)00021-9)
- Farina, J., & Fontana, J. (2021). Managing change towards Industry 4.0: How organizations design and implement Industry 4.0 projects. *International Journal of Systematic Innovation*, 6(4), 18-32.
- Fattouh, A., Chirumalla, K., Ahlskog, M., Behnam, M., Hatvani, L., & Bruch, J. (2023). Remote integration of advanced manufacturing technologies into production systems: integration processes, key challenges and mitigation actions. *Journal of Manufacturing Technology Management*. Advance online publication.
- Fedyunina, A. A., Gorodnyi, N. A., & Simachev, Y. V. (2023). The impact of robotization on productivity of manufacturing firms in Russia. *Russian Management Journal*, 66-88.
- Fernandes, G., & O'Sullivan, D. (2021). Benefits management in university-industry collaboration programs. *International Journal of Project Management*, 39(1), 71-84.
- Ferreira, C., Figueira, G., & Amorim, P. (2021). Scheduling human-robot teams in collaborative working cells. *International Journal of Production Economics*, 235, 108094.
- Forcina, A., & Falcone, D. (2021). The role of Industry 4.0 enabling technologies for safety management: A systematic literature review. *Procedia Computer Science*, 180, 436-445.
- Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, 210, 15-26.

- Friedman, B., & Hendry, D. G. (2019). *Value sensitive design: Shaping technology with moral imagination*. Mit Press.
- Gihleb, R., Giuntella, O., Stella, L., & Wang, T. (2022). Industrial robots, workers' safety, and health. *Labour Economics*, 78, 102205.
- Godoi, C. K., Bandeira-de-Mello, R., & Silva, A. D. (2010). *Pesquisa qualitativa em estudos organizacionais: paradigmas, estratégias e métodos*. São Paulo: Saraiva.
- Gomes, J., & Romão, M. (2018). Achieving dynamic capabilities through the benefits management approach. *International Journal of Information Systems in the Service Sector (IJISSS)*, 10(2), 53-68.
- Gonçalves, M. L. A., Penha, R., Silva, L. F., Martens, C. D., & Silva, V. F. (2023). The relationship between project management and digital transformation: Systematic literature review. *RAM. Revista de Administração Mackenzie*, 24, eRAMR230075.
- Greenwood, J., & Jovanovic, B. (1999). The information-technology revolution and the stock market. *American Economic Review*, 89(2), 116-122.
- Grover, A. K., & Ashraf, M. H. (2023). Leveraging autonomous mobile robots for Industry 4.0 warehouses: a multiple case study analysis. *The International Journal of Logistics Management*. Advance online publication.
- Hamidi, H. (2017). A model for impact of organizational project benefits management and its impact on end user. *Journal of Organizational and End User Computing (JOEUC)*, 29(1), 51-65.
- Hess, T., Matt, C., Benlian, A., & Wiesböck, F. (2016). Options for formulating a digital transformation strategy. *MIS Quarterly Executive*, 15(2). 123
- Hilkenmeier, F., Fechtelpeter, C., & Decius, J. (2021). How to foster innovation in SMEs: Evidence of the effectiveness of a project-based technology transfer approach. *The Journal of Technology Transfer*, 1-29.

- Ho, W. R., Tsolakis, N., Dawes, T., Dora, M., & Kumar, M. (2022). A digital strategy development framework for supply chains. *IEEE Transactions on Engineering Management*. 70(7). 2493-2506
- Hwang, W. S., & Kim, H. S. (2021). Does the adoption of emerging technologies improve technical efficiency? Evidence from Korean manufacturing SMEs. *Small Business Economics*, 1-17. 59, 627-643
- Ietto, B., Ancillai, C., Sabatini, A., Carayannis, E. G., & Gregori, G. L. (2022). The role of external actors in SMEs' human-centered industry 4.0 adoption: an empirical perspective on Italian competence centers. *IEEE Transactions on Engineering Management*. 71, 1057-1072.
- Jedynak, M., Czakon, W., Kuźniarska, A., & Mania, K. (2021). Digital transformation of organizations: what do we know and where to go next?. *Journal of Organizational Change Management*, 34(3), 629-652.
- Jenner, S. (2009). *Realising benefits from government ICT investment: A fool's errand?* Academic Conferences Limited.
- Jenner, S. (2012). *Managing benefits: Optimizing the return from investments* (1st ed.). TSO.
- Jensen, M., Nielsen, P., & Persson, J. (2023). Improving the impact of Big Data Analytics Projects with Benefits Dependency Networks. *Scandinavian Journal of Information Systems*, 35(1), Article 2.
- Jia, W., Yang, T., & Zhang, X. (2023). The rise of robots and the fall of cost stickiness: Evidence from Chinese manufacturers. *Accounting & Finance*, 63(3), 3147-3171.
- Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., & Wahlster, W. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group. *Forschungsunion: Berlin, Germany*, 12-25
- Kane, G. C. (2014). The American Red Cross: adding digital volunteers to Its ranks. *MIT Sloan Management Review*, 55(4), 1-6.
- Kanski, L., & Pizon, J. (2023). The impact of selected components of industry 4.0 on project management. *Journal of Innovation & Knowledge*, 8(1), 100336.

- Kerzner, H. (2017). *Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. John Wiley & Sons.
- Khalid, M. F., Ismail, B. I., Kandan, R., & Ong, H. H. (2019, October). Super-Convergence of Autonomous Things. In *2019 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)* (pp. 429-432). IEEE.
- Kim, S., Choi, B., & Lew, Y. (2021). Where Is the Age of Digitalization Heading? The Meaning, Characteristics, and Implications of Contemporary Digital Transformation. *Sustainability*, 13(16), 8909.
- Kolberg, D., & Zühlke, D. (2015). Lean automation enabled by industry 4.0 technologies. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 1870-1875.
- Komal. (2020). Fuzzy fault tree analysis for controlling robot-related accidents involving humans in industrial plants: a case study. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 38(6), 1342-1364.
- Kostis, A., & Ritala, P. (2020). Digital artifacts in industrial co-creation: how to use VR technology to bridge the provider-customer boundary. *California Management Review*, 62(4), 125-147.
- Kumar, P., Bhamu, J., & Sangwan, K. S. (2021). Analysis of barriers to Industry 4.0 adoption in manufacturing organizations: An ISM approach. *Procedia CIRP*, 98, 85-90.
- Kumar, U., Kaswan, M. S., Kumar, R., Chaudhary, R., Garza-Reyes, J. A., Rathi, R., & Joshi, R. (2023). A systematic review of Industry 5.0 from main aspects to the execution status. *The TQM Journal*. Advance online publication.
- Lancker, J. V., Mondelaers, K., Wauters, E., & Huylenbroeck, G. V. (25 de November de 2015). The Organizational Innovation System: A systemic framework for radical innovation at the organizational level. *Technovation*, pp. 01-11.
- Laskurain-Iturbe, I., Arana-Landin, G., Landeta-Manzano, B., & Jimenez-Redal, R. (2023). Assessing the uptake of Industry 4.0 technologies: barriers to their adoption and impact on quality management aspects. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 40(10), 2420-2442.

- Laskurain-Iturbe, I., Arana-Landín, G., Landeta-Manzano, B., & Uriarte-Gallastegi, N. (2021). Exploring the influence of industry 4.0 technologies on the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 321, 128944.
- Lee, C. C., Qin, S., & Li, Y. (2022). Does industrial robot application promote green technology innovation in the manufacturing industry?. *Technological Forecasting and Social Change*, 183, 121893.
- Lee, J., Davari, H., Singh, J., & Pandhare, V. (2018). Industrial Artificial Intelligence for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 18, 20-23.
- Lee, J., Hong, T., Seo, C. H., Jeon, Y. H., Lee, M. G., & Kim, H. Y. (2021). Implicit force and position control to improve drilling quality in CFRP flexible robotic machining. *Journal of Manufacturing Processes*, 68, 1123-1133.
- Leigh, N. G., Lee, H., & Kraft, B. (2022). Disparities in robot adoption among US manufacturers: a critical economic development challenge. *Industry and Innovation*, 29(9), 1025-1044.
- Li, D., Liang, Z., Tell, F., & Xue, L. (2021). Sectoral systems of innovation in the era of the fourth industrial revolution: an introduction to the special section. *Industrial and Corporate Change*, 30(1), 123-135.
- Love, P. E. D., & Matthews, J. (2019). The 'how' of benefits management for digital technology: From engineering to asset management. *Automation in Construction*, 107. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102930>
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-10.
- Lunelli, F. B., & Cecconello, I. (2019). Definition and Application of a Maturity Model for Smart Manufacturing, from the perspective of Industry 4.0. *Scientia cum Industria*, 7(2), 126-134.
- Luo, H., & Qiao, H. (2023). Exploring the impact of industrial robots on firm innovation under circular economy umbrella: a human capital perspective. *Management Decision*. Advance online publication.

- Macpherson, W., Werner, A., & Mey, M. R. (2022). Industry 4.0: Emerging job categories and associated competencies in the automotive industry in South Africa. *SA Journal of Human Resource Management*, 20, 10.
- Majchrzak, A., Markus, M. L., & Wareham, J. (2016). Designing for digital transformation. *MIS Quarterly*, 40(2), 267-278.
- Manda, M. I., & Ben Dhaou, S. (2019, April). Responding to the challenges and opportunities in the 4th Industrial revolution in developing countries. In *Proceedings of the 12th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance* (pp. 244-253).
- Market Research Future. (2024, February). Smart Robot Market Research Report - Global Forecast Till 2023. Retrieved from <https://www.marketresearchfuture.com/reports/smart-robot-market-6622>
- Marnewick, C., & Marnewick, A. L. (2019). The demands of industry 4.0 on project teams. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 67(3), 941-949.
- Martin, L., Gao, J., Le, C. H., Sarhan, A., Cherepeti, S., & Sarrazin, A. (2022). Modular, mobile and autonomous robotics for manufacturing SMEs. In *Advances in Manufacturing Technology XXXV* (pp. 101-106). IOS Press.
- Martin, L., Gao, J., Wilson, A., Le, C. H., & Ree, M. D. (2021). Autonomous mobile robots in high occupancy aerospace manufacturing.
- Martens, C. D. P., Scafuto, I. C., Bartholomeu Filho, J., & Zanfelicce, R. L. (2022). Como identificar possíveis produtos técnicos/tecnológicos nas dissertações e teses? Proposta de um instrumento para diagnóstico. *Revista Inovação, Projetos e Tecnologias*, 10(1), 1-9.
- McKinsey & Company. (29 de julho de 2020). Industry 4.0: Reimagining manufacturing operations after COVID-19. McKinsey & Company. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/industry-40-reimagining-manufacturing-operations-after-covid-19/pt-BR>
- Melville, N., Kraemer, K., & Gurbaxani, V. (2004). Information technology and organizational performance: An integrative model of IT business value. *MIS Quarterly*, 283-322.

- Meredith, J. R., & Zwikael, O. (2020). Achieving strategic benefits from project investments: Appoint a project owner. *Business Horizons*, 63(1), 61–71.
- Mittal, S., & Frayman, F. (1989, August). Towards a Generic Model of Configuration Tasks. In *International Joint Conferences on Artificial Intelligence* (Vol. 89, pp. 1395-1401).
- Mokyr, J. (1985). *The Economics of the Industrial Revolution*. Government Institutes. U.S: Rowman & Littlefield.
- Mokyr, J. (2018). *The British industrial revolution: an economic perspective*. Routledge.
- Morris, P. W. G., & Jamieson, A. (2005). Moving from Corporate Strategy to Project Strategy. *Project Management Journal*, 36(4), 5–18.  
<https://doi.org/10.1177/875697280503600402>
- Nanry, J., Narayanan, S., & Rassey, L. (2015). Digitizing the value chain. *McKinsey Quarterly*, 3(1).
- Ndou, A. T., Madonsela, N. S., & Twala, B. (2020). The era of digital technology: Analysis of factors contributing to economic growth and sustainability. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (Vol. 59, pp. 1109-1123).
- Ng, A. H. C. (2022, May). Challenges for manufacturing SMEs in the introduction of collaborative robots. In *SPS2022: Proceedings of the 10th Swedish Production Symposium* (Vol. 21, p. 173). IOS Press.
- Obermayer, N., Csizmadia, T., Hargitai, D. M., & Kigyós, T. (2020, December). Industry 4.0: Are we Robots?. In *European Conference on Knowledge Management* (pp. 566-XX). Academic Conferences International Limited.
- Palomés, X. P., Tuset-Peiró, P., & i Casas, P. F. (2021, October). Combining low-code programming and SDL-based modeling with snap! in the industry 4.0 Context. In *2021 ACM/IEEE International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems Companion (MODELS-C)* (pp. 741-750). IEEE.
- Papadonikolaki, E., Krystallis, I., & Morgan, B. (2022). Digital technologies in built environment projects: review and future directions. *Project Management Journal*, 53(5), 501-519.

- Peppard, J., Ward, J., & Daniel, E. (2008). Managing the Realization of Business Benefits from IT Investments. *MIS Quarterly Executive*, 6(1), 3.
- Peter, O., & Mbohwa, C. (2018, October). The interlink between sustainable supply chain management and technology development in industry. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 425-430).
- Peters, G. (1990). Beyond strategy—Benefits identification and management of specific IT investments. *Journal of Information Technology*, 5(4), 205–214
- Piccarozzi, M., Aquilani, B., & Gatti, C. (2018). Industry 4.0 in management studies: A systematic literature review. *Sustainability*, 10(10), 3821.
- Piccoli, G., Grover, V., & Rodriguez, J. (2024). Digital transformation requires digital resource primacy: Clarification and future research directions. *The Journal of Strategic Information Systems*, 33(2), 101835.
- Piroumian, V. (2023). Making digital twins work. *Computer*, 56(1), 42-51.
- Pollock, A., & Berge, E. (2018). How to do a systematic review. *International Journal of Stroke*, 13(2), 138-156.
- Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2014). How smart, connected products are transforming competition. *Harvard Business Review*, 92(11), 64-88.
- Presidente, G. (2023). Institutions, Holdup, and Automation. *Industrial and Corporate Change*, 32(4), 831-847.
- Project Management Institute (PMI) (2016). *The High Cost of Low Performance: Pulse of the Profession*. Newtown Square, PA: PMI.
- Project Management Institute (PMI). (2019). *Benefits realization management. A practice guide*. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc .
- PwC. (2023). Índice Transformação Digital Brasil 2023: Um retrato da maturidade das organizações na jornada para incorporar tecnologias digitais e criar diferenciais valiosos

para seus negócios. Recuperado de <https://www.pwc.com.br/pt/estudos/servicos/consultoria-negocios/indice-transformacao-digital-brasil-2023.html>

Rad, F. F., Oghazi, P., Palmié, M., Chirumalla, K., Pashkevich, N., Patel, P. C., & Sattari, S. (2022). Industry 4.0 and supply chain performance: A systematic literature review of the benefits, challenges, and critical success factors of 11 core technologies. *Industrial Marketing Management, 105*, 268-293.

Rane, S. B., Potdar, P. R., & Rane, S. (2021). Development of project risk management framework based on industry 4.0 technologies. *Benchmarking: An International Journal, 28*(5), 1451-1481.

Rauter, R., Globocnik, D., Perl-Vorbach, E., & Baumgartner, R. J. (12 de April de 2018). Open innovation and its effects on economic and sustainability innovation performance. *Journal Of Innovation & Knowledge*, pp. 226-233.

Remenyi, D., & Sherwood-Smith, M. (1998). Business benefits from information systems through an active benefits realization programme. *International Journal of Project Management, 16*(2), 81–98.

Samset, K. (2009). Projects, Their Quality at Entry and Challenges in the Front-end Phase. , 18-35.

Santiago, S. B., de Oliveira Almeida, E. L., & Dias, J. O. (2019, October). Automatic welding process: a study case of Soldering Machine. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Toronto* (pp. 23-25).

Sarı, T., Güleş, H. K., & Yiğitöl, B. (2020). Awareness and readiness of Industry 4.0: The case of Turkish manufacturing industry. *Advances in Production Engineering & Management, 15* (1), 57-68.

Schumacher, S., Hall, R., Waldman-Brown, A., & Sanneman, L. (2022). Technology Adoption of Collaborative Robots for Welding in Small and Medium-sized Enterprises: A Case Study Analysis. In *Proceedings of the Conference on Production Systems and Logistics: CPSL 2022* (pp. 462-471). Hannover: publish-Ing..

- Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Crown Currency.
- Serra, C. E. M. (2013). The influence of Benefits Realisation Management on the success of projects in Brazil, the United Kingdom and the United States of America. *London: Association for Project Management*.
- Serra, C. E. M., & Kunc, M. (2015). Benefits Realisation Management and its influence on project success and on the execution of business strategies. *International Journal of Project Management*, 33(1), 53–66. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.03.011>
- Sharma, A. (2024). Making electric vehicle batteries safer through better inspection using artificial intelligence and cobots. *International Journal of Production Research*, 62(4), 1277-1296.
- Shi, Z., Xie, Y., Xue, W., Chen, Y., Fu, L., & Xu, X. (2020). Smart factory in Industry 4.0. *Systems Research and Behavioral Science*, 37, 607-617.
- Si, S., & Chen, H. (2020). A literature review of disruptive innovation: What it is, how it works and where it goes. *Journal of Engineering and Technology Management*, 56, 101568.
- Silva, V., & Fernandes, J. C. (2020). Use of the Benefits Management Methodology in an Insurance Company: Case Study. *International Journal of Technology and Human Interaction (IJTHI)*, 16(4), 1-13.
- Simões, A. C., Soares, A. L., & Barros, A. C. (2020). Factors influencing the intention of managers to adopt collaborative robots (cobots) in manufacturing organizations. *Journal of Engineering and Technology Management*, 57, 101574.
- Sjödin, D. R., Parida, V., Leksell, M., & Petrovic, A. (2018). Smart Factory Implementation and Process Innovation: A Preliminary Maturity Model for Leveraging Digitalization in Manufacturing Moving to smart factories presents specific challenges that can be addressed through a structured approach focused on people, processes, and technologies. *Research-Technology Management*, 61(5), 22-31.
- Somohano-Rodríguez, F. M., & Madrid-Guijarro, A. (2022). Do industry 4.0 technologies improve Cantabrian manufacturing smes performance? The role played by industry competition. *Technology in Society*, 70, 102019.

- Szalavetz, A. (2019). Industry 4.0 and capability development in manufacturing subsidiaries. *Technological Forecasting and Social Change*, 145, 384-395.
- Tang, C. S., & Veelenturf, L. P. (2019). The strategic role of logistics in the industry 4.0 era. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 129, 1-11.
- Tao, S., Wang, Y., & Zhai, Y. (2023). Can the application of artificial intelligence in industry cut China's industrial carbon intensity?. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(33), 79571-79586.
- Teece, D. J. (2010). Business models, business strategy and innovation. *Long Range Planning*, 43(2-3), 172-194.
- Telles, R. (2001). A efetividade da matriz de amarração de Mazzon nas pesquisas em Administração. *Revista de Administração*, 36(4), 64-72.
- Terlizzi, M. A., & Albertin, A. L. (2017). IT benefits management in financial institutions: Practices and barriers. *International Journal of Project Management*, 35(5), 763-782.
- Thorp, J. A. (1998). *The information paradox: Realizing the business\_benefits of information technology*. McGraw-Hill.
- Tillmann, P. A., Tzortzopoulos, P., & Formoso, C. T. (2010, July). Analysing benefits realisation from a theoretical perspective and its contribution to value generation. In *18th Annual Conference, International Group for Lean Construction*.
- Treacy, M., & Wiersema, F. (1993). Customer intimacy and other value disciplines. *Harvard Business Review*, 71(1), 84-93.
- Turner, J. R., & Müller, R. (2003). On the nature of the project as a temporary organization. *International Journal of Project Management*, 21(1), 1-8.
- Turner, JR, 2009. The Handbook of Project-Based Management — Leading Strategic Change in Organizations, Terceira ed. The McGraw-Hill, Londres.
- Vaher, K., Mahmood, K., Otto, T., & Riives, J. (2021, May). Simulation based feasibility analysis of autonomously movable robot arm. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1140, No. 1, p. 012055). IOP Publishing.

- Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Dong, J. Q., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 122, 889-901.
- Verma, S., & Singh, V. (2022). The Employees Intention to Work in Artificial Intelligence-Based Hybrid Environments. *IEEE Transactions on Engineering Management*. 71, 3266-3277.
- Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118-144.
- Vido, M., Scur, G., Massote, A. A., & Lima, F. (2020). The impact of the collaborative robot on competitive priorities: case study of an automotive supplier. *Gestão & Produção*, 27(4), e5358.
- Waibel, M. W., Steenkamp, L. P., Moloko, N., & Oosthuizen, G. A. (2017). Investigating the effects of smart production systems on sustainability elements. *Procedia Manufacturing*, 8, 731-737.
- Wang, J., Wang, W., Liu, Y., & Wu, H. (2023). Can industrial robots reduce carbon emissions? Based on the perspective of energy rebound effect and labor factor flow in China. *Technology in Society*, 72, 102208.
- Wang, L., Zhou, Y., & Chiao, B. (2023). Robots and firm innovation: Evidence from Chinese manufacturing. *Journal of Business Research*, 162, 113878.
- Wang, Q., Liu, H., Ore, F., Wang, L., Hauge, J. B., & Meijer, S. (2023). Multi-actor perspectives on human robotic collaboration implementation in the heavy automotive manufacturing industry-A Swedish case study. *Technology in Society*, 72, 102165.
- Ward, J., Taylor, P., & Bond, P. (1996). Evaluation and realisation of IS/IT benefits: An empirical study of current practice. *European Journal of Information Systems*, 4(4), 214–225. <https://doi.org/10.1057/ejis.1996.3>
- Ward, J., De Hertogh, S., & Viaene, S. (2007, January). Managing benefits from IS/IT investments: An empirical investigation into current practice. In *2007 40th Annual*

- Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'07)* (pp. 206a-206a). IEEE.
- Ward, John, & Daniel, E. (2006). *Benefits management: Delivering value from IS & IT investments* (Vol. 30). John Wiley & Sons Chichester.
- Ward, John, & Daniel, E. (2012). *Benefits management: how to increase the business value of your IT projects*. John Wiley & Sons.
- Westerlund, M. (2020). An ethical framework for smart robots. *Technology Innovation Management Review*, 10(1).
- Willcocks, L. (1992). Evaluating information technology investments: Research findings and reappraisal. *Information Systems Journal*, 2(4), 243–268.
- Wimpenny, D. I., Pandey, P. M., & Kumar, L. J. (Eds.). (2017). *Advances in 3D printing & additive manufacturing technologies* (Vol. 1, pp. 1-184). Singapore: Springer.
- Woitsch, R. (2020). Industrial digital environments in action: the OMILAB innovation corner. In *The Practice of Enterprise Modeling: 13th IFIP Working Conference, PoEM 2020, Riga, Latvia, November 25–27, 2020, Proceedings* 13 (pp. 8-22). Springer International Publishing.
- Wu, T. (2021). Digital project management: rapid changes define new working environments. *Journal of Business Strategy*. 43(5), 323-331.
- Xu, L. D., Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941-2962.
- Yang, M., Yua, L., Wong, C., Mineo, C., Yang, E., Bomphray, I., ... & Brady, S. (2021). Comprehensive Simulation of Cooperative Robotic System for Advanced Composite Manufacturing: A Case Study. In *Advances in Manufacturing Technology XXXIV* (pp. 105-110). IOS Press.
- Yang, S., Liu, F., Lu, J., & He, X. (2022). Does occupational injury promote industrial robot applications?. *Technology in Society*, 70, 101998.
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications*. Sage.

- Zhang, F., Zhang, Q., & Wu, H. (2023). Robot adoption and export performance: evidence from Chinese industrial firms. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 34(6), 896-916.
- Zheng, C., An, Y., Wang, Z., Qin, X., Eynard, B., Bricogne, M., ... & Zhang, Y. (2023). Knowledge-based engineering approach for defining robotic manufacturing system architectures. *International Journal of Production Research*, 61(5), 1436-1454.
- Zhou, K., Liu, T., & Zhou, L. (2016). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. In Y. S. L. R. H. L. Tang Z. Du J. (Ed.), *2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, FSKD 2015* (pp. 2147–2152). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- Zott, C., & Amit, R. (2008). The fit between product market strategy and business model: Implications for firm performance. *Strategic Management Journal*, 29(1), 1-26.
- Zwikael, O. (2016). International journal of project management special issue on “project benefit management”. *International Journal of Project Management*, 34 (4), 734-735.
- Zwikael, O., & Meredith, J. R. (2019). Effective organizational support practices for setting target benefits in the project front end. *International Journal of Project Management*, 37(7), 930-939.
- Zwikael, O., Chih, Y.-Y., & Meredith, J. R. (2018). Project benefit management: Setting effective target benefits. *International Journal of Project Management*, 36(4), 650–658.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2018.01.002>

## APÊNDICE A – PROTOCOLO DE PESQUISA E COLETA DE DADOS – ESTUDO DE CASO MÚLTIPLO

### 1. Título

Os benefícios de projetos de automatização por robôs em empresas de manufatura.

### 2. Objetivo e Problema do estudo de caso

#### 2.1 Objetivo geral

Este estudo tem como objetivo propor uma Rede de Dependência de Benefícios para projetos de automatização por robôs em empresas de manufatura.

#### 2.2 Questão de pesquisa

Como identificar e estruturar os benefícios para projetos de automatização por robôs em empresas de manufatura?

### 3. Procedimento de Campo

#### 3.1 - Aspectos Metodológicos

Pesquisa de natureza exploratória, qualitativa, com uso do método de estudo de caso. Trata-se de uma investigação feita por questionário e entrevista de forma individual com colaboradores de uma equipe de engenheiros de aplicações responsáveis por projetos do segmento industrial. As entrevistas foram agendadas após o fechamento do trimestre, uma vez que existem metas individuais pré-estabelecidas relacionadas a performance trimestral da equipe de projetos. Os membros da equipe foram convidados por meio de uma carta convite por meio de e-mail, com antecedência de no mínimo 10 dias para que pudessem se programar para a entrevista.

#### 3.2 - Organização estudada

Na dissertação de pesquisa em questão, foi realizada uma análise aprofundada de empresas de manufatura que operam em variados segmentos industriais. Este estudo se concentrou em compreender as práticas, inovações e desafios enfrentados por essas organizações em setores como automotivo, cuidados com a saúde, eletrônico e de bens de consumo. O objetivo foi identificar padrões de sucesso e áreas de melhoria, permitindo uma compreensão mais completa das dinâmicas industriais. A análise foi baseada em dados reais e entrevistas com profissionais do setor, visando gerar *insights* valiosos para futuras estratégias de manufatura e desenvolvimento de negócios.

### **3.3 - Unidade de análise**

Na dissertação de pesquisa proposta, a unidade de análise focaliza especificamente em Projetos de Automatização por Robô, sob a perspectiva da Rede de Dependência de Benefícios. Esta abordagem examinou como os diferentes *stakeholders* - incluindo diretores, gestores, engenheiros e gerentes de projeto – que se relacionam e se beneficiam da integração de sistemas robóticos. Buscou-se desvendar como as interdependências entre os grupos afetam a eficácia e aceitação da automação.

### **3.4 - Fontes de Evidência**

As fontes de evidências disponíveis são entrevistas , a observação direta e a análise de documentos.

### **3.5 - Instrumentos de Coletas de dados**

Os dados foram coletados por meio de entrevistas semiestruturadas, oferecendo uma interação direta com os participantes para entender suas experiências e perspectivas. Utilizou-se um guia preliminar flexível, permitindo explorar novos temas conforme surgem, garantindo uma investigação profunda alinhada aos objetivos do estudo. A confiança com os participantes envolve a clareza dos objetivos do estudo, a confidencialidade e o consentimento informado. Realizou-se vinte e duas entrevistas *online* com indivíduos de quatro empresas de manufatura diferentes, ou existir saturação de dados, usando a plataforma TEAMS para gravação e transcrição.

Empregou-se a observação direta para entender melhor o comportamento e o ambiente sem interações diretas, complementando as informações das entrevistas com uma perspectiva mais objetiva. Manteve-se registros detalhados das observações para apoiar a análise.

Finalmente, a análise de documentos se baseou nos sites das empresas e enriqueceu o entendimento, oferecendo *insights* sobre as motivações, tecnologias e mudanças organizacionais ligadas à adoção da automação robótica. Essa combinação de métodos permitiu uma compreensão dos casos estudados.

### **3.6 - Executores da pesquisa**

A pesquisa foi desenvolvida pelo pesquisador dessa dissertação.

**4 - Questões para o levantamento de documentos e roteiro de entrevistas e observações.****4.1 – Dados da Organização.**

Nome Fictício: ALFA

Localização: Sobral – Ceará - Brasil

Números de funcionários: 25.000 funcionários no Brasil

Missão: A missão da ALFA é tornar a moda acessível e sustentável, sempre preocupando-se com as pessoas e a natureza, investindo em robótica e inovação para garantir produtos de qualidade, elevar a produtividade e a segurança dos colaboradores, e manter um negócio sustentável e competitivo

Principais produtos: Os principais produtos incluem sandálias de plástico e outros calçados que são elegantes, confortáveis, e fabricados com materiais recicláveis.

Nome Fictício: BETA

Localização: Sorocaba – São Paulo - Brasil

Números de funcionários: 10.000 funcionários no Brasil

Missão: Impulsionar um mundo mais inteligente, melhor conectado, mais sustentável, através de sua liderança em soluções de manufatura, cadeia de suprimentos e tecnologia. Eles se dedicam a criar valor por meio da inovação e colaboração com seus parceiros e clientes.

Principais produtos: Empresa do segmento digital, com foco em montagem de aparelhos eletrônicos.

Nome Fictício: OMEGA

Localização: Jundiaí – São Paulo - Brasil

Números de funcionários: 1.000 funcionários no Brasil

Missão: Melhorar a qualidade de vida e contribuir para uma sociedade melhor

Principais produtos: Empresa do segmento cuidados com a saúde. Entre os principais produtos incluem dispositivos de monitoramento de saúde, como monitores de pressão, inaladores, termômetros, balanças digitais e aparelhos de massagens .

Nome Fictício: TETA

Localização: Sorocaba – São Paulo - Brasil

Números de funcionários: 6.000 funcionários no Brasil

Missão: A TETA tem a missão de oferecer aos seus clientes experiências memoráveis em toda sua jornada de mobilidade, de forma segura, eficiente e sustentável.

Principais produtos: Empresa do segmento automotivo. Com foco na fabricação de veículos.

#### **4.2 – Dados dos Entrevistados.**

**4.2.1** – Na Tabela podemos verificar a relação dos entrevistados, seus respectivos cargos, subordinação e formação.

Tabela 8: Relação dos entrevistados

Entrevistado	Empresa	Cargo	Formação	Experiência profissional (anos)	Duração da entrevista (minutos)
E1	ALFA	Mecânico	Engenheiro elétrico	21	33
E2	ALFA	Coordenador de engenharia de processos	Mestrando em engenharia da produção	20	25
E3	ALFA	Líder de projeto	Técnico eletroeletrônica	16	30
E4	ALFA	Analista de Automação	Pós-graduação em engenharia industrial	12	32
E5	ALFA	Supervisor de operações de qualidade	Mestrando em engenharia da produção	23	34
E6	BETA	Engenheiro de projetos de automação	Engenheiro de automação	14	21
E7	BETA	Especialista de Automação	Engenheiro de produção	14	35
E8	BETA	Coordenador de projetos	Engenheiro de automação	19	40
E9	BETA	Coordenador de projetos	Engenheiro mecânico	18	31
E10	BETA	Diretor Executivo	Engenheiro eletrônico	25	60
E11	OMEGA	Líder de Produção	Tecnologia em gestão de Recursos Humanos	17	20
E12	OMEGA	Líder manutenção	Pós em manutenção e engenheiro	15	30
E13	OMEGA	Especialista de produto e projetos	Pós em gestão de projetos e engenheiro	18	37
E14	OMEGA	Presidente	Pós em controladoria e graduação em administração	21	55
E15	OMEGA	Gerente industrial	Engenheiro eletricista	28	34
E16	OMEGA	Especialista de produto e projetos	Pós em Marketing e engenheiro	13	30

E17	TETA	Analista Sênior de planejamento	Mestrando em engenharia da produção	25	38
E18	TETA	Automação de Projetos	Engenheiro de controle e automação	9	27
E19	TETA	Supervisor de Manutenção	Pós em gestão empresarial e engenheiro	25	42
E20	TETA	Eng. Manutenção	Mestrando em engenharia da produção	18	34
E21	TETA	Engenheiro de projetos	Engenheiro de automação	23	31
E22	TETA	Gerente de projetos	Mestrando em engenharia da produção	27	49

## 5 - Análise do estudo de caso

A triangulação de dados é uma técnica em estudos de caso múltiplos para assegurar a autenticidade e precisão dos resultados. Yin (2018) destaca a importância de utilizar múltiplas fontes de dados, como entrevistas semiestruturadas, observação direta e análise documental, para obter uma compreensão mais rica e detalhada do fenômeno estudado. As entrevistas semiestruturadas, que se assemelham a conversas guiadas, permitem explorar os “comos” e “porquês” dos eventos chave, fornecendo insights profundos sobre as perspectivas dos participantes. A observação, por outro lado, permite aos pesquisadores observarem eventos e comportamentos naturais, oferecendo informações adicionais que podem ser perdidas em entrevistas ou análises documentais. A análise documental complementa essas metodologias ao fornecer evidências históricas e contextuais, enriquecendo ainda mais a compreensão do caso. Yin (2018) também sublinha a importância da triangulação dentro de um mesmo estudo de caso, comparando e contrastando respostas de diferentes entrevistados para obter uma imagem mais completa e validada das percepções e experiências. Esta abordagem ajuda a identificar consistências e discrepâncias, evitando a indução de respostas que apenas corroborem hipóteses pré-concebidas.

Além disso, a análise de conteúdo, como descrita por Bardin (2016), oferece um método meticuloso e estruturado para examinar comunicações de forma qualitativa e quantitativa. Esta metodologia envolve várias fases, desde a organização da análise até a inferência e interpretação, permitindo uma interpretação objetiva e quantificável dos dados. Programas especializados em análise de dados qualitativos, como o Atlas.ti, aprimoraram o processo de categorização e análise, oferecendo flexibilidade e eficiência na exploração das dimensões qualitativas e quantitativas das mensagens.

Em síntese, a triangulação de dados e a análise de conteúdo são métodos complementares que reforçam a validade das descobertas em estudos de caso múltiplos. A combinação dessas abordagens permite abordar as complexidades do fenômeno estudado de maneira exaustiva, reforçando a confiabilidade dos dados coletados e construindo um entendimento profundo e corroborado do caso. A habilidade do pesquisador em coletar, analisar e integrar dados de várias fontes de maneira coesa enriquece a análise e contribuir para uma narrativa convincente do fenômeno estudado.

## APÊNDICE B – ROTEIRO DE ENTREVISTAS

### A) Informações gerais e objetivo da pesquisa

Neste contexto, o objetivo da dissertação é propor uma Rede de Dependência de Benefícios para projetos de automatização por robôs em empresas de manufatura.

A partir do conceito "Rede de Dependência de Benefícios", estabeleceram-se os seguintes objetivos específicos:

(a) Identificar quais são os principais elementos organizacionais que orientam a adoção de projetos de automatização por robôs.

(b) Descrever quais são os objetivos organizacionais que direcionam a adoção de projetos de automatização por robôs.

(c) Identificar quais são os benefícios decorrentes da adoção dos projetos de automatização por robôs.

(d) Compreender como estas tecnologias da robótica são operacionalizadas.

(e) Compreender as alterações solicitadas para alcançar os benefícios desejados.

(f) Investigar as transformações no ambiente organizacional resultantes destas tecnologias emergentes.

### B) Qualificação dos entrevistados

Em um estudo sobre a automação na manufatura por meio de robôs, um bom informante é caracterizado pela experiência em automação industrial. É importante que tenha sido envolvido em várias etapas de implementação de projetos de robótica. O conhecimento profundo sobre as operações da empresa e a percepção dos impactos econômicos e de eficiência são essenciais. A experiência prática aliada à responsabilidade na tomada de decisões garante que *insights* valiosos sejam fornecidos, refletindo os benefícios reais da automação para a manufatura.

### C) Categorias iniciais

<b>Conceito</b>	<b>Definição</b>	<b>Autores</b>
Robôs industriais	A definição de robô engloba um mecanismo programável com autonomia que executa tarefas como locomoção e manipulação. Um robô industrial, mais especificamente, é um manipulador programável e multifuncional, operável em três ou mais eixos, usado em ambientes industriais. Ele pode ser estacionário ou móvel e é projetado para realizar variadas tarefas automatizadas, como movimentar materiais ou ferramentas.	IFR (2023); Tao et al. (2023)
Robôs colaborativos	Os robôs colaborativos, ou cobots, surgiram em 1996, desenvolvidos para interagir com humanos em ambientes de trabalho, diferenciando-se de robôs industriais tradicionais pela flexibilidade e segurança. Destacam-se pela habilidade de compartilhar espaços de trabalho com humanos, graças a sensores avançados. Essa inovação reflete um avanço no campo da robótica, tornando-se cada vez mais presentes na indústria.	Peshking e Colgate (1996); Sarı, Güleş e Yiğitöl (2020); Ng (2022)
Robôs móveis autônomos	A definição de robô móvel seria: um "robô capaz de viajar sob seu próprio controle". Além da operação autônoma, um robô móvel pode possuir recursos para ser controlado remotamente. A patente original para um AMR foi registrada em 1987, contudo, somente nos anos recentes começaram a ser utilizados de forma prática (Grover & Ashraf, 2023).	IFR (2023); Grover e Ashraf ( 2023)
<i>Drivers</i>	Fatores que motivam investimentos na organização, sejam externos ou internos. Refletem as prioridades empresariais e as forças que instigam mudanças na condução dos negócios.	Ward e Daniel (2012); Silva e Fernandes (2020); Treacy e Wiersema (1993)
Objetivos do Investimento	Metas definidas com base nos drivers, delineando resultados esperados do projeto. Incluem fatores de sucesso e benefícios singulares visando transformações empresariais.	Ward e Daniel (2012); Silva e Fernandes (2020); Ward et al (2005)
Benefícios do Negócio	Ganhos específicos para stakeholders, vinculados aos objetivos de investimento. Refletem melhorias no desempenho e novos patamares empresariais alcançados ao atingir os objetivos.	Ward e Daniel (2012); Silva e Fernandes (2020)
Mudanças do Negócio	Novas práticas operacionais e estruturais introduzidas pela implementação tecnológica. Envolve ajustes em processos, governança, e gestão de informações para alcançar os benefícios esperados.	Ward e Daniel (2012); Jensen, Nielsen e Persson (2023)
<i>Enabling Changes</i>	Ajustes específicos que preparam a organização para mudanças duradouras e efetivas. Incluem treinamento de equipe e reestruturação de processos para facilitar as transformações empresariais.	Ward e Daniel (2012); Jensen, Nielsen e Persson (2023)

<i>SI/TI Enablers</i>	Componentes tecnológicos para facilitar os objetivos de negócio. Englobam sistemas e ferramentas de TI que suportam as mudanças empresariais e operacionais necessárias.	Ward e Daniel (2012); Jensen, Nielsen e Persson (2023)
-----------------------	--	--

#### D) Durante a entrevista

##### 1. Seções da entrevista:

- Background* do entrevistado
- Itens que quero verificar
- Validação dos itens percebidos
- Comentários finais

##### 2. Introdução da entrevista

Você foi selecionado para essa entrevista porque estamos fazendo um estudo sobre os benefícios de projetos de automatização por robôs em empresas de manufatura.

Reforço que sua participação é voluntária e muito importante para nossa pesquisa. Os resultados serão compartilhados com o senhor (a) posteriormente, caso seja de seu interesse. Para auxiliar na análise do conteúdo da entrevista a mesma será gravada, sendo que o senhor (a) poderá solicitar a interrupção da gravação ou da entrevista em qualquer momento. A gravação será de acesso somente aos pesquisadores envolvidos no processo e os nomes e empresas citadas não serão repassadas ou publicadas em nenhum momento. A transcrição da entrevista será enviada para os senhores para que sejam avaliadas e validadas.

##### 3. Dados do entrevistado e condições da entrevista

###### Questão 1 dados gerais do entrevistado

Nome:

Data da entrevista:

Local:

Duração da entrevista:

Cargo:

Formação:

Experiência:

Qual é o seu papel com projetos de automatização por robôs na empresa?

4. Itens a serem tratados na entrevista:

- ✓ Projetos de automatização por robôs em empresas de manufatura
- ✓ A Rede de Dependência de benefícios

5. Questões possíveis para cada item:

**Drivers**

2. Na sua opinião, o que motivou, ou o que levou a sua empresa a iniciar um projeto de automatização por robôs?
3. Quais foram os fatores determinantes para a decisão de implementar esses projetos de automatização por robôs na empresa?

**Objetivos**

4. Por que a sua empresa decidiu automatizar processos com a utilização de robôs?
5. Quais são os objetivos organizacionais que direcionam a adoção de projetos de automatização por robôs?

**Benefícios**

6. Chegaram a elencar possíveis benefícios com o projeto de automatização por robôs?

Benefícios levantados na RSL na comparar com o levantamento de dados:

Agrupamento	Benefícios identificados	Frequência	TOTAL
Dinamismo e competitividade no mercado	Melhoria na competitividade	11	17
	Rápida transformação e inovação	6	
Aumento da lucratividade	Aumento da lucratividade	1	1
Aprimoramento da produtividade	Aumento da eficiência de produção	27	48
	Aumento da flexibilidade produtiva	9	
	Aumento na produtividade	12	
Eficiência e otimização operacional	Redução de custos operacionais	15	20
	Redução de erros de fabricação	3	
	Redução de tempo	2	
Aprimoramento da qualidade	Melhoria na qualidade dos produtos	11	19
	Maior precisão na fabricação	6	
	Melhorias nos produtos	2	
Avanços humanos e sustentáveis na indústria	Melhorias ergonômicas e segurança para os trabalhadores	12	24
	Melhoria na sustentabilidade ambiental	2	
	Melhor utilização da mão de obra	9	
	Aumento do conhecimento	1	

Fonte: Elaborado pelo autor.

7. Em sua visão, de que maneira os benefícios podem ser obtidos?

**SI/TI Enablers - Robôs**

8. Qual é a função dos projetos de automatização por robôs?

9. Na sua opinião, de que maneira os projetos de automatização por robôs podem ajudar no desenvolvimento da empresa?

10. Como esses projetos de automatização por robôs são integrados à estrutura empresarial??

**Change Enablers**

11. Quais ajustes são requeridos na empresa para a incorporação de projetos de automatização por robôs?

12. O que é essencial para a realização destas alterações?

**Mudanças nos negócios**

13. Quais ajustes são precisos no ambiente e nas divisões de negócio para uma implementação eficaz de projetos de automatização por robôs?

14. De que maneira a adoção de projetos de automatização por robôs afeta os negócios da empresa? Quais tipos de transformações acontecem?

6. Observações durante a entrevista:

7. Anotações após a entrevista:

## TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Convidamos o (a) Sr (a) para participar da Pesquisa sob o título “.....”, sob a responsabilidade da pesquisadora ....., a qual pretende elaborar a dissertação com base na análise da literatura sobre ....., e sua entrevista, para entender como as metodologias são influenciadas neste processo. A dissertação mencionada é requisito para conclusão do curso de Mestrado Profissional em Administração - Gestão de Projetos, do Programa de Pós-graduação em Gestão de Projetos (PPGP) na Universidade Nove de Julho – UNINOVE

Sua participação é voluntária e se dará por meio de entrevista presencial ou virtual com a utilização de perguntas abertas que terão como objetivo registrar sua experiência e percepção do tema embasado em seu histórico profissional. A entrevista tem uma previsão de duração de até 1 hora.

Os riscos decorrentes de sua participação na pesquisa são inexistentes ou de baixíssima probabilidade, uma vez que o seu envolvimento na pesquisa se dará por meio de respostas verbais às perguntas. Além disso, para garantir que não ocorra nenhum constrangimento para com o entrevistado ou sua empresa, ambos serão mantidos em sigilo. É importante destacar que se o (a) Sr (a) participar estará contribuindo para um melhor entendimento sobre as decisões a respeito da .....

Se depois de consentir em sua participação o Sr (a) desistir de continuar participando, tem o direito e a liberdade de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, seja antes ou depois da coleta dos dados, independente do motivo e sem nenhum prejuízo a sua pessoa. O (a) Sr (a) não terá nenhuma despesa e também não receberá nenhuma remuneração. Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas sua identidade não será divulgada, sendo guardada em sigilo. Para qualquer outra informação, o (a) Sr (a) poderá entrar em contato com a pesquisadora no telefone (11) .....

### Consentimento Pós-Informação

Eu, \_\_\_\_\_, fui informado sobre o que a pesquisadora quer fazer e porque precisa da minha colaboração, e entendi a explicação. Por isso, eu concordo em participar do projeto, sabendo que não vou ganhar nada e que posso sair quando quiser. Este documento é emitido em duas vias que serão ambas assinadas por mim e pelo pesquisador, ficando uma via com cada um de nós.

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Assinatura do participante

---

Assinatura do Pesquisador Responsável

## APÊNDICE C – PROTOCOLO DE OBSERVAÇÃO

Este estudo tem como objetivo propor uma Rede de Dependência de Benefícios para projetos de automatização por robôs em empresas de manufatura.

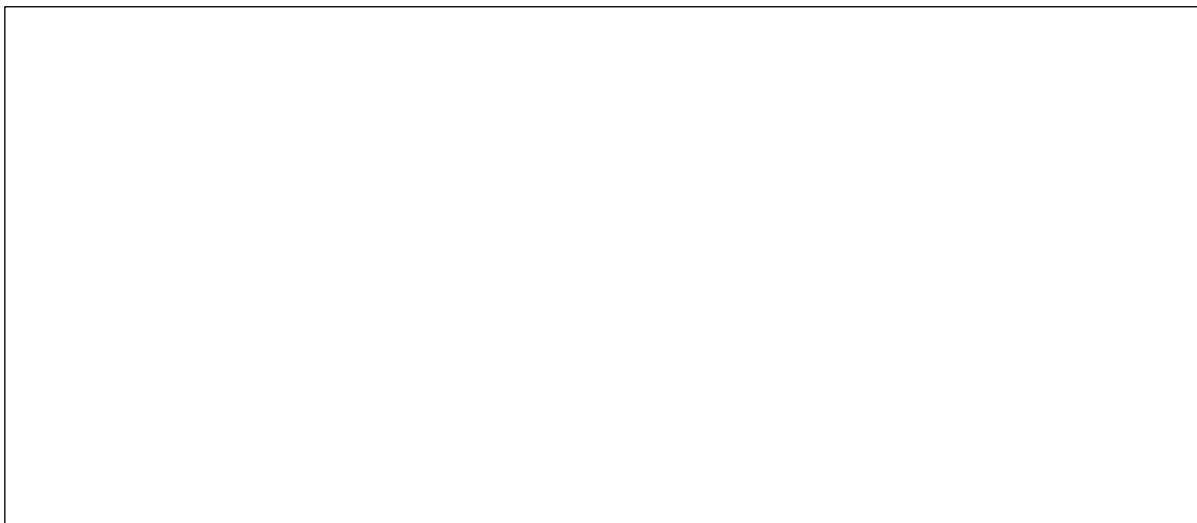
Considerando que não há consenso entre pesquisadores, a gestão de benefícios é definida como um processo de gestão interessado em benefícios que contemplam todas as etapas de um projeto - desde as decisões de investimento até a entrega do projeto, passando pela realização dos benefícios (Aubry, Boukri & Sergi, 2021). Optou-se por essa concepção global, pois permite uma ampla investigação de todas as atividades relacionadas à gestão de benefícios, não se limitando a etapas ou aspectos técnicos específicos (Aubry, Boukri & Sergi, 2021). Neste contexto, atualmente as organizações enfrentam o desafio de passar da entrega de produtos para a geração de valor e benefícios (Gomes & Romão, 2018).

**Campo de observação:** O pesquisador realizou observações no local em que os projetos de robótica foram aplicados à manufatura. Assim, mantendo registros meticulosos durante as observações, incluindo descrições detalhadas, horários, ambientes e quaisquer outros elementos relevantes que possam ajudar na interpretação dos dados, conforme descrito por Yin (2018). Esses registros serviram como uma fonte valiosa de informações para complementar e corroborar com os dados obtidos por outras metodologias. Os principais pontos observados durante as visitas foram: eficiência produtiva e redução de custos, melhoria na qualidade dos produtos, segurança e ergonomia dos trabalhadores, flexibilidade produtiva e adaptação a novos produtos e integração da robótica com outras tecnologias digitais e Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*).

**Unidades de observação:** Projetos de automatização por robôs

**Condições da observação:**

Data	Hora	Observador	Observado	ação	Comportamento verbal	Comportamento não verbal

**Ambiente observado:****Comentários gerais/notas de campo:**