



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIOECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

Emiliana Margotti

A prestação de Serviços Tecnológicos frente a Indústria 4.0: uma análise sobre o aspecto inovativo tecnológico.

Florianópolis

2021

Emiliana Margotti

A prestação de Serviços Tecnológicos frente a Indústria 4.0: uma análise sobre o aspecto inovativo tecnológico.

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Administração da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de mestra em administração.

Orientadora: Profa. Dra. Gabriela Gonçalves Silveira Fiates.

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Margotti, Emiliana

A prestação de Serviços Tecnológicos frente a Indústria 4.0: uma análise sobre o aspecto inovativo tecnológico / Emiliana Margotti ; orientadora, Gabriela Gonçalves Silveira Fiates, 2021.

144 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Sócio-Econômico, Programa de Pós-Graduação em Administração, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Administração. 2. Indústria 4.0. 3. Serviços Tecnológicos. 4. Inovação Tecnológica. I. Gonçalves Silveira Fiates, Gabriela . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Administração. III. Título.

Emiliana Margotti

A prestação de Serviços Tecnológicos frente a Indústria 4.0: uma análise sobre o aspecto inovativo tecnológico.

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. André Luis da Silva Leite, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Claudio Reis Gonçalo, Dr.
Universidade do Vale do Itajaí

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestra em Administração.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Profª. Gabriela Gonçalves Silveira Fiates, Dra.
Orientadora

Florianópolis, 2021.

A meu pai, que hoje não está aqui em corpo físico, mas tenho certeza de que está orgulhoso de onde estiver. A minha irmã, mãe e *nonna* que são meus exemplos de força e amor. Ao meu André por ser meu porto seguro.

AGRADECIMENTOS

Ao colo consolador recebido da família nos momentos que mais precisei.

Ao amor restaurador doado do meu marido que me acalantou nos dias mais difíceis e me motivou a continuar.

Ao aconselhamento ganho dos melhores profissionais que poderia ter como colegas, Kamila, Angélica, André Oliveira e Gustavo Donatelli.

Aos profissionais de saúde mental que estiveram comigo durante esse período tão turbulento de pós-graduação – o trabalho de vocês é indispensável para que o nosso possa acontecer.

A minha orientadora Gabriela, que nunca desistiu de mim e que teve muita empatia por tudo que passei ao longo desse período.

As risadas com meus amigos, aos “lambeijos” e “ronrons” dos meus filhotes.

Só o amor constrói!

A Fundação CERTI por mais essa oportunidade de evolução profissional.

Gratidão.

“A realidade não é uma entidade objetiva; em vez disso, existem múltiplas interpretações da realidade” (MERRIAM, 1998, p. 22).

“Este é o momento em que o que mais precisamos é de pessoas suficientes com a habilidade, o coração e a sabedoria para nos ajudar a sair da beira do colapso e seguir para um caminho diferente.” Otto Scharmer - Leading from the Emerging

RESUMO

As inovações são uma peça importante para a vitalidade contínua das economias. Elas atuam não apenas abrindo mercados, mas também conduzindo novas formas de servir aqueles já estabelecidos e maduros. Com aumento da complexidade dos mercados, provocados pelo avanço da globalização e proporcionado pelo surgimento de tecnologias da informação e comunicação, os requisitos em termos de capacidade de entrega e disponibilidade aumentam maciçamente, levando ao desenvolvimento e adoção de novas ferramentas aplicadas ao processo produtivo. Tal fenômeno induz ao que, atualmente, é popularmente conceituado na academia e no mercado como “quarta revolução industrial” marcada pela adoção dos princípios da “Indústria 4.0”. Aponta-se para que a propagação destas tecnologias ocorra na sociedade é fundamental realizar medições, desde a pesquisa científica ao controle do processo de produção, passando pelo desenvolvimento e ensaio do produto. Se reconhece também a necessidade de patentear e demonstrar conformidade em normas e regulamentos técnicos, sendo tais atividades inerentes ao escopo de atuação dos prestadores de serviços tecnológicos. Entende-se, desta forma, que estes serviços devam acompanhar as demandas do modelo industrial em ascensão para sua sobrevivência no mercado. Desta forma, visando aprofundar o entendimento acerca dos serviços tecnológicos, assim como, compreender como estes são impactados pelo surgimento da Indústria 4.0, o presente estudo objetivou analisar como os serviços tecnológicos podem consolidar o avanço inovativo tecnológico advindo do modelo da Indústria 4.0. Tal pesquisa possui o pragmatismo como filosofia orientadora, classifica-se como indutiva, com abordagem qualitativa, com objetivos exploratórios e descritivos, tomando como estratégias a revisão bibliográfica e o estudo de caso. Os dados foram coletados em bases secundárias e por meio de nove entrevistas realizadas com profissionais representantes de empresas demandantes de serviços tecnológicos, governo, associações de classe e ICTs ofertantes. Como resultados avaliam-se que os serviços tecnológicos cumprem um papel fundamental para a consolidação do avanço tecnológico produzido pela geração de inovações em um produto ou processo. Observa-se que o mercado brasileiro possui a infraestrutura necessária para atendimento da demanda nacional, porém ainda é carente de entendimento sobre a importância desse serviço. Evidencia-se também que há pouco profissionalismo por parte de alguns prestadores, além de uma notável carência por atividades efetivas de gestão como estratégia, logística e marketing. Avalia-se que muitos são os desafios e oportunidades para esses prestadores no novo paradigma industrial e destacam-se como exemplos a necessidade de melhorar a interatividade e a comunicação entre fornecedores e consumidores, o aumento da interação sinérgica entre os fornecedores e a qualificação dos prestadores de serviços. Complementarmente, julga-se que os prestadores de serviços tecnológicos devam melhorar a gestão de seus serviços, visando ter um olhar mais estratégico para o mercado e suas necessidades, assim como ter uma postura proativa quanto ao seu papel de desenvolvimento inovativo.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Serviços Tecnológicos; Inovação Tecnológica

ABSTRACT

Innovations are an important part of the continued vitality of economies. They act not only by opening markets, but also by leading new ways to serve those already established and mature. With the increasing complexity of markets caused by the advance of globalization and provided by the emergence of information and communication technologies, the requirements in terms of delivery capacity and availability increase massively, leading to the development and adoption of new tools applied to the production process. This phenomenon leads to what is currently popularly regarded in academia and in the market as the “fourth industrial revolution” marked by the adoption of the term “Industry 4.0”. For the propagation of these technologies to occur in society, it is essential to carry out measurements, from scientific research to the control of the production process, passing through the development and testing of the product. The need to patent and demonstrate compliance with technical standards and regulations is also recognized, such activities being inherent to the scope of performance of technological service providers. It is understood, therefore, that these services must accompany the demands of the rising industrial model for their survival in the market. Thus, aiming to deepen the understanding of technological services, as well as to understand how they impact the process of implementing the “Industry 4.0” model in Brazilian industries, this study aimed to analyze how technological services can consolidate the innovative technological advance arising from of the “Industry 4.0” model. Such research has pragmatism as a guiding philosophy, it is classified as inductive, with a qualitative approach, with exploratory and descriptive objectives, taking as strategies the bibliography and the case study. Data were collected in secondary databases and through nine interviews carried out with professionals representing industries that demand technological services, government, class associations and ICT providers. The results show that technological services play a fundamental role in consolidating the technological advance produced by the generation of technology in a product or process. It is observed that the Brazilian market has the necessary infrastructure to meet the national demand, but it lacks understanding about the importance of this service. It is also noteworthy that there is little professionalism on the part of some providers in addition to a notable lack of effective management activities such as logistics and marketing. It is estimated that there are many challenges and opportunities for these providers in the new industrial paradigm and the need to improve interactivity and communication between suppliers and consumers, the increased synergistic interaction between suppliers and the qualification of providers stands out as examples. services. It is believed that technological service providers should improve the management of their services, aiming at having a more strategic look at the market and its needs, as well as having a proactive posture in their role of innovative development.

Keywords: Industry 4.0; Technological Services; Technological Innovation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do trabalho.....	23
Figura 2 - Evolução do Progresso Técnico.....	28
Figura 3 - Organização das funções do programa TIB.....	53
Figura 4 - Modelo analítico dos componentes de estudo.	63
Figura 5 - Classificação da pesquisa.	66
Figura 6 - O processo de Inovação com TRL.....	87
Figura 7 - Nuvem de palavras conceito de "indústria 4.0"	100

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Cinco revoluções tecnológicas	30
Quadro 2 - Conceitos Fundamentais da Indústria 4.0.	41
Quadro 3 - Programas I4.0 em diferentes países.	45
Quadro 4 - Iniciativas mapeadas.	47
Quadro 5 - Principais organizações que compõem o Sinmetro.....	61
Quadro 6 - Operacionalização Metodológica do Estudo.....	69
Quadro 7 – Sujeitos da Pesquisa.....	73
Quadro 8 - Quadro resumo dos principais resultados encontrados	116

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
CBM	Comitê Brasileiro de Metrologia
CLP	Controle Lógico Programável
CNI	Confederação Nacional da Indústria
Conmetro	Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
CPS	(<i>Cyber-Physical Systems</i>) Sistemas Ciberfísicos
CT&I	Ciência, Tecnologia e Inovação
ENCTI	Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação
ERP	(<i>Enterprise Resource Planning</i>) Sistema integrado de gestão empresarial
HMI	(<i>Human-Machine Interface</i>) Interface Homem-Máquina
I4.0	Indústria 4.0
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICT	Instituições de Ciência e Tecnologia
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IoT	(<i>Internet of Things</i>) Internet das coisas
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
P&D+I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
Pintec	Pesquisa Industrial da Inovação Tecnológica
PSS	(<i>Product-Service System</i>) Sistema conjunto de Produto e Serviço
PTB	(<i>Physikalisch-Technische Bundesanstalt</i>) Instituto Nacional de Metrologia alemão
PWC	Price Water House Coopers
RFID	(<i>Radio-Frequency Identification</i>) Identificação por radiofrequência
RTLS	(<i>Real time location system</i>) Sistema de Localização em tempo real
SIBRATEC	Sistema Brasileiro de Tecnologia
Sinmetro	Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
TIB	Tecnologia Industrial Básica
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
TRL	(<i>Technology Readiness Level</i>) Nível de prontidão tecnológica
WEF	(<i>World Economic Forum</i>) Fórum Econômico Mundial

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA E APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA	15
1.2	OBJETIVOS	19
1.2.1	Geral	20
1.2.2	Específicos	20
1.3	JUSTIFICATIVA	20
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	22
2	REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1	INOVAÇÃO TECNOLÓGICA PARA CRESCIMENTO DA ECONOMIA	25
2.1.1	Ciclos de Inovação – conceitos de revoluções tecnológicas, paradigmas tecnoeconômicos e janelas de oportunidade	28
2.1.2	A inovação tecnológica no contexto brasileiro	31
2.2	INDÚSTRIA COMO MOTOR DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA	34
2.2.1	Evolução Histórica e Tecnológica: da primeira revolução industrial ao modelo “Indústria 4.0”	36
2.2.1.1	<i>Primeira Revolução Industrial – Advento da mecanização</i>	36
2.2.1.2	<i>Segunda Revolução Industrial – Produção em massa</i>	37
2.2.1.3	<i>Terceira Revolução – Automação</i>	38
2.2.1.4	<i>Quarta Revolução Industrial – Inteligência autônoma</i>	40
2.2.2	Políticas Industriais Nacionais de Transformação Digital	45
2.2.3	Indústria 4.0 no Brasil	47
2.3	INFRAESTRUTURA TECNOLÓGICA E SERVIÇOS TECNOLÓGICOS COMO ALICERCES DA INDÚSTRIA PARA DE CONSOLIDAÇÃO DO AVANÇO TECNOLÓGICO	51
2.3.1	Estratégia Nacional de Infraestrutura Tecnológica	52
2.3.1.1	<i>Metrologia</i>	54
2.3.1.2	<i>Normatização, Regulamentação técnica e Avaliação da Conformidade</i>	55
2.3.1.3	<i>Funções conexas</i>	56
2.3.2	Serviços tecnológicos	57
2.3.2.1	<i>Infraestrutura nacional de serviços tecnológicos</i>	59
2.4	RESUMO TEÓRICO: UMA ESQUEMATIZAÇÃO DA TEORIA EM FORMA DE UM MODELO ANALÍTICO	63
3	METODOLOGIA	66
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	66
3.1.1	Filosofia da pesquisa	67
3.1.2	Lógica da pesquisa	67
3.1.3	Abordagem da pesquisa	68
3.1.4	Objetivo da pesquisa	68
3.1.5	Estratégia da pesquisa	69

3.1.6	Horizonte temporal	70
3.2	PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS	70
3.2.1	Pesquisa bibliográfica	70
3.2.1.1	<i>Pesquisa bibliográfica adicional</i>	71
3.2.2	Estudo de caso	72
3.2.2.1	<i>Sujeitos da pesquisa</i>	72
3.2.2.2	<i>Instrumento de coleta</i>	76
3.2.2.3	<i>Procedimento de coleta</i>	78
3.2.2.4	<i>Análise de dados</i>	79
3.3	LIMITAÇÕES DO ESTUDO	79
4	ANÁLISE DE RESULTADOS	81
4.1	Organizações representadas.....	81
4.1.1	Empresas	81
4.1.2	Governo e Associações de Classe	82
4.1.3	Instituições de Ciência e Tecnologia	83
4.2	ANÁLISE DO RELATO DOS PARTICIPANTES	84
4.2.1	Inovação Tecnológica	84
4.2.1.1	<i>Conceitos sobre inovação</i>	84
4.2.1.2	<i>Responsáveis pelo processo inovativo</i>	88
4.2.2	Serviços Tecnológicos	92
4.2.2.1	<i>Atuação</i>	92
4.2.2.2	<i>Mercado e Infraestrutura</i>	96
4.2.3	Indústria 4.0	100
4.2.3.1	<i>Conceitualização</i>	100
4.2.3.2	<i>Desafios da Implementação do modelo no Brasil</i>	103
4.2.4	Olhando para a Frente: o futuro dos serviços Tecnológicos	107
4.2.4.1	<i>Desafios e oportunidades</i>	107
4.2.4.2	<i>Melhoria nos processos</i>	114
4.2.5	Síntese dos principais resultados encontrados	116
5	CONCLUSÕES	118
5.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	120
	REFERÊNCIAS	122
	APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido	140
	APÊNDICE B – Carta convite para participação na pesquisa	141
	APÊNDICE C – Roteiro de entrevista	142

1 INTRODUÇÃO

Neste presente capítulo, apresenta-se o contexto em que se insere o tema estudado, delimita-se o problema de pesquisa, objetivo geral, objetivos específicos e a justificativa de realização do estudo, levando em conta a importância do tema, sua viabilidade e relevância. Apresenta-se também a estrutura geral do trabalho.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA E APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

As inovações são uma peça importante para a vitalidade contínua das empresas, regiões e economias (FEITOSA, 2011). O seu uso transforma continuamente a maneira como tecnologias, pessoas e organizações interagem remodelando a sociedade (FREEMAN; PEREZ, 1988; TIDD; BESSANT, 2015). Em acordo com Tidd e Bessant (2015), a inovação não atua apenas para abrir novos mercados, ela também conduz à novas formas de servir aqueles já estabelecidos e maduros. Deste ponto de vista, a inovação não é somente importante para o empreendimento individualizado – que se apropria da inovação tecnológica para gerar um novo produto ou processo a fim de obter vantagem estratégica – mas, como a fonte principal do crescimento econômico das nações (SCHUMPETER, 1997; TIDD; BESSANT, 2015). Tendo a inovação tecnológica como combustível fundamental para o capitalismo, reconhece-se que o seu desenvolvimento envolve a solução de problemas, satisfazendo necessidades de uso, custo e comercialização de produtos (DOSI, 1988b; TIGRE, 2006).

Economicamente, a inovação em seu período de implementação pode não gerar ganhos comerciais significativos (EDLER; FAGERBERG, 2017; PEREZ, 2004). Neste sentido, embora a inovação abra oportunidades para empresas crescerem, criarem mercados e exercerem um poder monopolista temporário, somente sua difusão ampla pode, de fato, trazer impacto macroeconômico (TIGRE, 2005). No entanto, tal difusão depende de um conjunto de fatores favoráveis, econômicos e institucionais, endógenos ou exógenos, como: a criação de inovações incrementais; posse de infraestrutura apropriada; quebra de resistência de empresários e consumidores; regulações e; aprendizados (DOSI, 1988b; TIGRE, 2006). Nesse contexto, as inovações servem como um mecanismo de crescimento orgânico para as empresas, como um

catalisador para o desenvolvimento regional e como uma base para a vantagem comparativa das nações (GARUD; TUERTSCHER; VAN DE VEN, 2013).

Entende-se que as inovações individuais se conectam formando um paradigma técnico, que servirá como impulsor da difusão tecnológica, proporcionando um modelo funcional a ser seguido (PÉREZ, 2005). Tal paradigma ao ser absorvido pela sociedade cria uma revolução tecnológica que, pela característica de *path dependence*, combina produtos, processos e indústrias novas, com outras já existentes, causando um impacto capaz de influenciar toda a economia (DOSI, 2006). Julga-se que cada revolução tecnológica traz consigo não somente a reorganização da estrutura produtiva, mas também uma transformação profunda das instituições governamentais e da sociedade (AREND, 2012; PÉREZ, 2005). Desta forma, uma onda de desenvolvimento é definida como o processo no qual uma revolução tecnológica e seu paradigma propagam-se por toda a economia, trazendo consigo mudanças estruturais na produção, na distribuição, na comunicação e no consumo, assim como mudanças qualitativas profundas na sociedade (PEREZ, 2009).

Na ótica da teoria evolucionária estamos vivenciando um período de transição, marcado pelo final da quinta onda longa de desenvolvimento – que iniciou na década de 60 com forte uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) - nos encaminhando para o início de uma sexta, que será caracterizada pela exploração da automação, robotização, digitalização e sustentabilidade (PÉREZ, 2005). Julga-se que a quinta onda esgotar-se-á na medida em que a microeletrônica atingir patamares elevados de difusão e as oportunidades de crescimento e de investimentos começarem a declinar. Condições essas favoráveis ao processo de “destruição criativa”, que levará, simultaneamente, ao desmantelamento da velha matriz e à instalação gradual da nova (PEREZ, 2004).

Desde o início de sua criação, as TICs vêm sendo destacadas como instrumentos de transformação econômica e social. A combinação de fatores dinâmicos como inovação, desenvolvimento de novas aplicações e crescente competição, vem contribuindo para a redução de custos, viabilizando o crescimento e a expansão comercial não só em nações desenvolvidas como também em países periféricos (TIGRE, 2005). Nos últimos anos, empresas de quase todos os setores, realizaram várias iniciativas para explorar novas tecnologias digitais e seus benefícios. Isso frequentemente envolve transformações das principais operações de negócios e afeta produtos e processos, bem como estruturas organizacionais e conceitos de gerenciamento (MATT; HESS; BENLIAN, 2015).

Neste ponto, devido às inúmeras facetas deste fenômeno cabe conceitualizar, embora não seja o foco deste trabalho, alguns termos correlacionados. A **digitalização** (*digitization*) é a codificação de informações analógicas em um formato digital, de modo que os computadores possam armazenar o processo e transmitir essas informações; a **digitalização** (*digitalization*) descreve como as TICs podem ser usadas para alterar os processos de negócios existentes e; a **transformação digital** (*digital transformation*) aponta para uma mudança em toda a empresa que leva ao desenvolvimento de novos modelos de negócios (COLLIN et al., 2015; FITZGERALD et al., 2013; REIS et al., 2018; VERHOEF et al., 2021).

Nesse cenário, se torna bastante visível que transformação digital poderá ser foco estratégico para empresas em diferentes setores da indústria, mesmo aquelas que ainda não tenham experimentado toda a força das consequências disruptivas da digitalização (ZAKI, 2019). Cabe ressaltar que tal questão vai além do empreendedorismo no sentido tradicional: tornou-se sistêmica. Desta forma novas perspectivas e ideias precisam ser integradas por meio de pesquisa e ação (BOUNFOUR, 2016). Em 2013, Fitzgerald et al. já avaliavam que a transformação digital seria crítica para a maioria das organizações nos anos subsequentes, e quase nenhuma empresa estaria blindada da concorrência causada pela adoção generalizada de tecnologias digitais (FITZGERALD et al., 2013). Por consequência, é perceptível que esta mudança afeta toda a cadeia produtiva nos mais diversos ramos e setores, se tornando muito ampla e de extrema complexidade (LEE; LEE; CHOU, 2017; SCHWAB, 2016). Collin et al. (2015) sugerem que as empresas precisam projetar a experiência certa para seus clientes e também lidar com os desafios e obstáculos da transformação digital (por exemplo liderança, cultura institucional, etc.) que podem atrapalhar uma implementação bem-sucedida, o que foi corroborado por Zaki (2019).

Tendo a indústria como principal fonte econômica das nações e como engrenagem difusora de novas tecnologias para a sociedade, nota-se que digitalização já afeta esse setor. Conseqüentemente, as organizações industriais são cada vez mais dependentes de TI para obter vantagem competitiva por meio do uso extensivo de informações, controle operacional eficaz, inovação rápida, velocidade de entrada no mercado e aumento da satisfação do cliente (COLLIN et al., 2015).

Observa-se que diversos países têm proposto políticas industriais para gerar inovações e progresso técnico, elevando a produtividade de seus parques fabris por meio da transformação digital (IEDI, 2018a; KAGERMANN et al., 2016). Entende-se que muitos são os termos utilizados para conceituar e apresentar esse fenômeno (LIAO et al., 2017; SCHUMACHER;

EROL; SIHN, 2016). Dentre estas iniciativas, destaca-se a “Industrie 4.0”, projeto alemão que destaca-se mundialmente pela convergência da produção industrial e tecnologias digitais disruptivas para fortalecer a competitividade da sua indústria manufatureira (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016; KAGERMANN et al., 2013). Este trabalho também abordará esse tema por meio do termo “Indústria 4.0”, entendendo ser o mais consistente entre a comunidade científica indo além da fronteira da Alemanha (SCHNEIDER, 2018).

Rennung, Luminosu e Draghici (2016) entendem que nesse cenário, marcado por uma necessidade de um rearranjo industrial, há uma forte necessidade de aumentar a eficiência dos recursos e reduzir o tempo de comercialização dos produtos. Neste sentido, a prestação e gestão de serviços a jusante são componentes importantes que devem ser observados (KANS; INGWALD, 2016; RENNUNG; LUMINOSU; DRAGHICI, 2016). Destaca-se dentre esses serviços, os tecnológicos - foco deste estudo.

Os serviços tecnológicos são uma das ferramentas de aplicação da Tecnologia Industrial Básica (TIB), sistema multidimensional que visa garantir às empresas e aos consumidores a qualidade de produtos em diferentes mercados, envolvendo um conjunto de funções encadeadas relativas a metrologia, calibração, inspeção, certificação e acreditação (DIAS, 2007; GALLINA; FLEURY, 2013; TIRONI, 2016a). Entende-se que a medição é inerente ao processo de inovação, desde a pesquisa científica ao controle do processo de produção, passando pelo desenvolvimento e ensaio do produto. Se reconhece também a necessidade de patentear, demonstrar conformidade a requisitos especificados em normas e regulamentos técnicos, sem esquecer o design, importante tecnologia de produto, capaz de agregar valor de forma significativa ao objeto da inovação. Desta forma, com a ênfase estratégica atribuída à inovação, deve-se prever a demanda por serviços tecnológicos, os quais, por sua vez, necessitam ser cada vez mais ágeis e suas estruturas técnicas mais capilares (CNI, 2005).

Sendo assim, essa categoria de serviços tem um forte impacto econômico auxiliando o fluxo de inovação, apoiando a construção de instrumentos regulatórios, contribuindo para o aumento da qualidade de vida dos consumidores, reduzindo o risco do mecanismo de mercado, ajudando a aumentar a competitividade de bens e serviços e dando suporte à pequenas e médias empresas (OKREPILOV; KRUTIKOV; EL’KIN, 2014). Entende-se que o prestador de serviços tecnológicos não deva se limitar ao atendimento de demanda, mas seja, sobretudo, um agente catalisador dos elementos que condicionam o processo de inovação (CNI, 2005).

Partindo do entendimento que os serviços tecnológicos são fundamentais para a garantia da qualidade dos produtos industriais, entende-se que estes devam acompanhar as demandas do

modelo industrial em ascensão, necessitando adotar características modernas e inovadoras. Nesse contexto, a flexibilidade e customização em massa na fabricação proposta pela Indústria 4.0 requer maleabilidade e adaptabilidade nos serviços a ela ofertados. Isso implica que o produto deve ser focado na necessidade real do cliente e envolver intensivo conhecimento, tornando-o de alto valor e complexidade e exigindo uma perspectiva holística da cadeia de valor (MARQUARDT, 2017; PAGALDAY et al., 2018).

Para países em desenvolvimento, como o Brasil, os serviços tecnológicos são fundamentais para assegurar o fluxo de mercadorias no mercado externo, pois de forma a superar as barreiras técnicas, a indústria precisa demonstrar que seus produtos têm a qualidade exigida a um custo competitivo (FLEURY, 2007). Apesar de sua expressiva importância aponta-se como características do mercado nacional: uma alta adoção de normas de economias industrial e tecnologicamente mais maduras; a falta de oferta interna de serviços e; a demanda do país por instrumentos de medida, de teste e de controle (TIRONI, 2014, 2015). Tais carências mercadológicas se refletem no meio acadêmico brasileiro onde há poucos estudos que visam contribuir para a disseminação da importância dos serviços tecnológicos, bem como para o desenvolvimento de bases mais sólidas para executá-los. Em pesquisa exploratória na BDTD – Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, realizada em julho de 2020, foram encontrados apenas 5 estudos sobre a temática.

Diante desse cenário, nota-se a necessidade de investigar possíveis lacunas dos serviços tecnológicos frente as demandas da “indústria 4.0”, seja por meio da oferta de novos produtos, adoção de novas tecnologias ou, melhoria de processos. Desta forma, visando aprofundar-se sobre o entendimento acerca dos serviços tecnológicos brasileiros, assim como, compreender como estes impactam no processo de implantação do modelo Indústria 4.0 nas indústrias brasileiras, o presente estudo apresenta a seguinte questão de pesquisa:

Como os serviços tecnológicos podem consolidar o avanço inovativo tecnológico advindo do modelo Indústria 4.0?

A partir dessa questão de pesquisa buscar-se-á elucidar a forma como os serviços tecnológicos podem atuar como agentes consolidadores do avanço tecnológico e quais as adversidades e as oportunidades para esse setor frente a ascensão do novo modelo industrial.

1.2 OBJETIVOS

Para responder à pergunta de pesquisa apresentada foram definidos os seguintes objetivos:

1.2.1 Geral

Analisar como os serviços tecnológicos podem consolidar o avanço inovativo tecnológico advindo do modelo Indústria 4.0.

1.2.2 Específicos

- a) caracterizar teoricamente a relação entre o processo de desenvolvimento da indústria, a inovação tecnológica e os serviços tecnológicos;
- b) descrever a estruturação dos serviços tecnológicos brasileiros atual apontando características e fragilidades desse processo sob a ótica da teoria evolucionária;
- c) identificar demandas, desafios e oportunidades para o setor percebidos pela crescente adoção do modelo Indústria 4.0.

1.3 JUSTIFICATIVA

As inovações tecnológicas promovem um impacto profundo nas cadeias de valor, demandando uma busca constante por assimilação, capacitação e adequação de produtos e modelos de negócio (FIGUEIREDO, 2009). A vantagem competitiva nesse cenário está fortemente ligada à criação de valor de uso ao cliente, por meio do uso de tecnologias de forma estratégica (FEITOSA, 2011). A transformação digital tem proposto novos desafios para a sociedade seja pelo uso de novas tecnologias em novos processos ou produtos (YOO et al., 2012) ou mesmo por maneiras de garantir a confiabilidade, qualidade e integridade destes (LAZZARI et al., 2017; OKREPILOV; KRUTIKOV; EL’KIN, 2014). Ressalta-se que o cenário atual, em que se vive uma pandemia, tem obrigado as mais diversas organizações a digitalizarem seus processos, acelerando o processo de transformação digital (FARRUGIA; PLUTOWSKI, 2020; GEORGE; LAKHANI; PURANAM, 2020; KATZ; JUNG; CALLORDA, 2020; SARAIVA; OLIVEIRA; MOREJON, 2020).

Apesar de seu longo tempo de atuação em nossa sociedade, a temática da transformação digital começou a ser debatida cientificamente nos últimos anos no Brasil. Tendo como foco de

interesse a Indústria 4.0 e a prestação de serviços tecnológicos, buscou-se nas base de dados¹ Scopus® e Web of Science® estudos correlatos com lacunas a serem supridas por esse estudo. Aponta-se que não foram encontradas publicações que correlacionem Indústria 4.0 e Serviços Tecnológicos, mesmo utilizando critérios de pesquisa em outros idiomas. Portanto buscou-se de maneira mais genérica por “serviços” e “indústria 4.0”. A partir dos dados obtidos nota-se um crescimento exponencial em estudos a partir de 2013.

Diante do volume de resultados com o tema Indústria 4.0 (que ultrapassa 15.000² publicações) verificou-se que em sua maioria há uma concentração de foco nas áreas de engenharias e da ciência da computação, objetivando o próprio desenvolvimento das tecnologias digitais. Observou-se que no âmbito científico muito se têm discutido sobre os aspectos tecnológicos da Indústria 4.0, Menelau et al. (2019) corroboram com essa questão. Porém ainda há uma lacuna nos estudos sobre sua forma de gestão e os impactos da adoção do modelo na cadeia produtiva, aspecto também trazido por Liere-Netheler (2017).

Quando foca-se a análise no âmbito dos serviços, Shamim et al. (2017) pontuam que a Indústria 4.0 e seu impacto no setor de manufatura estão bem documentados, no entanto, o setor de serviços é pouco estudado e também enfrenta os desafios de personalização em massa, aprimoramento digital, ambiente de trabalho inteligente e cadeia de suprimentos eficiente. Concluem que o setor de serviços está sempre incluído nas formulações dos objetivos das indústrias, mas não tem sido considerado em pesquisas científicas, bem como no desenvolvimento de conceitos. Julgam como relevante e oportuno estudar o setor de serviços no contexto do projeto "Indústria 4.0" para que se possa auxiliar os Estados a alcançar maior estabilidade em situações de crise e maior competitividade.

Bodiova e Martinez (2017) e Marquardt (2017) apontam que há muito potencial no estabelecimento de serviços inteligentes, mas, para isso, são necessárias mudanças paradigmáticas na maneira de cooperar, gerenciar e consumir esses serviços. Os autores apontam que mudanças profundas aparecerão nos próximos anos, o que influenciará em iniciativas governamentais e industriais que deverão estabelecer padrões e regulamentos de apoio.

Aprofundando-se o resultado da busca nas bases de referências supracitadas, esta resultou em apenas 34 pesquisas, sendo que destas 24 são artigos publicados em congressos o

¹ Entende-se que essas bases apresentam a maior contribuição científica, atualmente, para o tema pesquisado

² Pesquisa realizada na base Scopus Elsevier com o termo “Industr* 4.0” no dia 23/03/2021.

que justifica a atualidade do assunto, a incipiência do tema em vias acadêmicas e a potencial contribuição que um estudo nessa temática pode proporcionar.

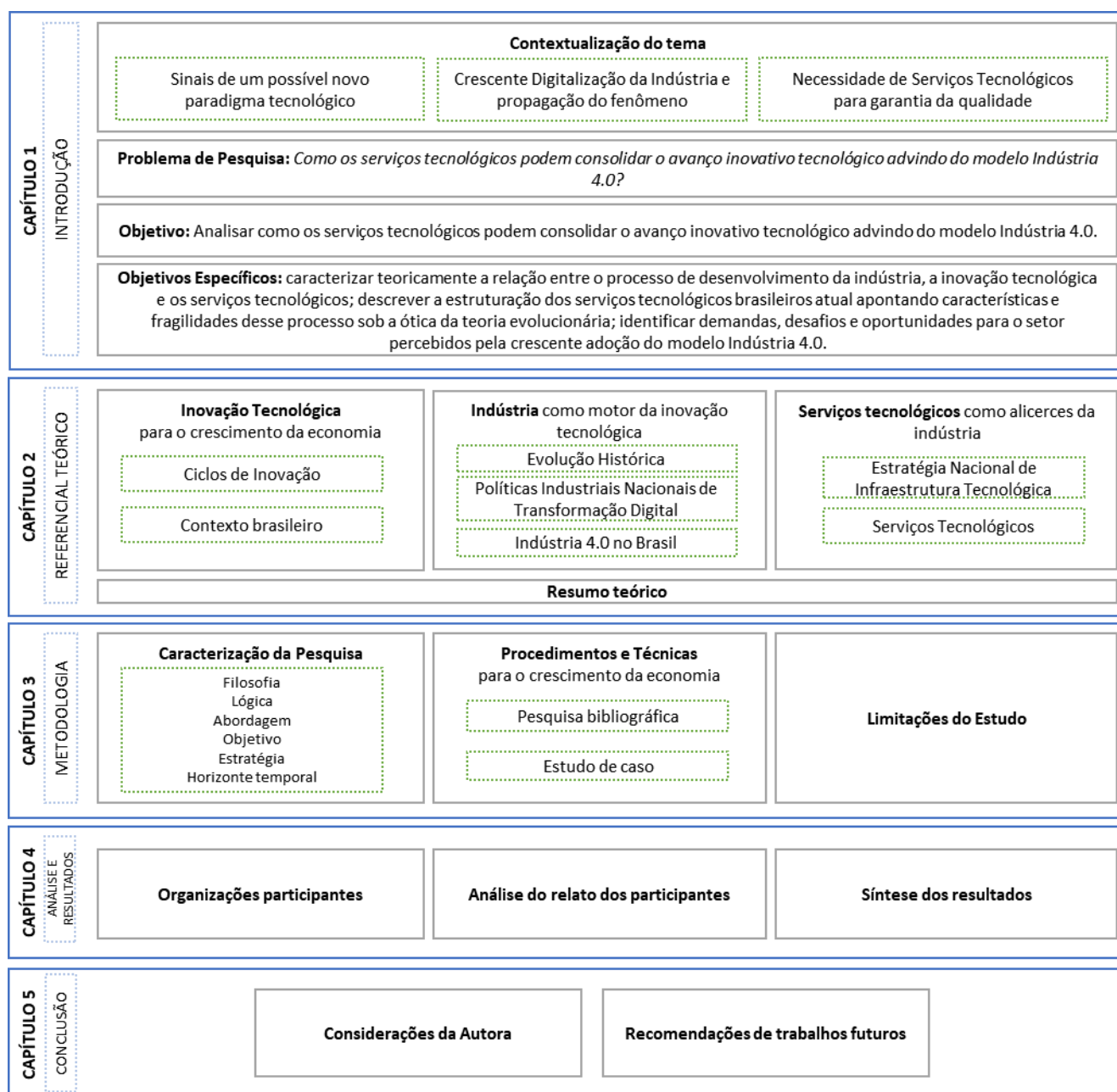
Adicionalmente, verifica-se que no contexto brasileiro há interesse do governo federal em avaliar os impactos das inovações tecnológicas na cadeia de valor (BRASIL, 2021a, 2017; IEDI, 2018b). Entre os membros do Governo já há o entendimento que o processo de transformação digital não ocorre de maneira isolada e faz-se necessário a compreensão desta nos mais diversos componentes de uma cadeia de valor. Apontam-se algumas iniciativas como: a Agenda Brasileira para a Indústria 4.0, promovida pelo Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços; o projeto Inovação, manufatura avançada e o futuro da indústria, da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial; Câmaras para desenvolvimento da Internet das Coisas com foco na Indústria 4.0, cidades inteligentes, saúde e agronegócio (BRASIL, 2021a; IEDI, 2018b). Acrescenta-se que no ano de 2020, o governo Federal lançou a Seleção Pública MCTI/FINEP/FNDCT 04/2020 para conceder recursos de subvenção econômica para o desenvolvimento de produtos, processos e/ou serviços inovadores dentro do escopo das linhas temáticas e tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. Trata-se de um edital que propõe aplicar 50 milhões de reais em pesquisa e desenvolvimento no setor, o que corrobora a relevância e o oportunismo do tema (FINEP, 2020).

Por fim, explicita-se a motivação da pesquisadora para o desenvolvimento desta pesquisa. A prévia afinidade com tema é dada pelos 10 anos de atuação na área de gestão da qualidade de serviços tecnológicos, sendo estes vividos no âmbito de um laboratório de metrologia dimensional com mais de 35 anos de atuação no mercado, situado em uma Instituição de Ciência e Tecnologia privada, sem fins lucrativos. Ao longo destes, a pesquisadora desenvolveu atividades relacionadas à gestão e operação do sistema de gestão da qualidade laboratorial, desenvolvimento de projetos de sistemas da qualidade e inovação e, mais recentemente, a gestão de duas Redes do Sistema Brasileiro de Tecnologias em Serviços Tecnológicos (SIBRATEC-ST), nas quais buscou a estruturação de laboratórios para atendimento a demanda de serviços do mercado brasileiro no setor da saúde e metalmeccânica.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Afora a introdução já apresentada, essa dissertação é composta por mais quatro capítulos, conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1 - Estrutura do trabalho



Fonte: Elaboração Própria (2020).

O Capítulo 2 apresenta o referencial teórico acerca do tema abordado, onde são apresentados os conceitos das principais literaturas sobre inovação tecnológica, digitalização da indústria e serviços tecnológicos.

O terceiro capítulo, apresenta a metodologia proposta para o desenvolvimento desta pesquisa. Delineia-se os procedimentos e técnicas que foram adotadas para o cumprimento da pesquisa realizada. O Capítulo 4 consiste na análise dos dados, que está organizada nos

seguintes tópicos: caracterização das empresas participantes, caracterização dos entrevistados e análise do relato dos participantes, sendo este último dividido nas quatro principais categorias: “inovação tecnológica”; “indústria 4.0”; “serviços tecnológicos” e “o futuro dos serviços tecnológicos”. O quinto capítulo abrange as considerações finais e recomendações para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nessa etapa é apresentada a revisão de literatura acerca do tema proposto. No primeiro momento serão abordados os conceitos de inovação tecnológica, o impacto desta para a indústria. Em seguida, é explorada a temática da Indústria 4.0, contextualizando o seu histórico, tecnologias habilitadoras, posicionamento global e nacional do fenômeno. Finda-se avaliando o processo de prestação de serviços tecnológicos e apontando sua importância para economia do Brasil.

2.1 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA PARA CRESCIMENTO DA ECONOMIA

Em um mundo cada vez mais competitivo, onde há uma busca constante pelo lucro, a inovação é um fator-chave para alcançar as expectativas reais dos clientes sendo reconhecida como uma fonte crucial de vantagem competitiva, desempenho e crescimento (FERREIRA; LISBOA, 2019). Entende-se que as firmas inovam, tanto para proteger sua atual posição competitiva, como para buscar novas posições em seu mercado (OCDE, 2005). Desta forma, a inovação não é somente importante para o empreendimento individualmente – que se apropria da inovação tecnológica para gerar um novo produto ou processo a fim de obter vantagem estratégica – mas como fonte principal do crescimento econômico das nações (EDLER; FAGERBERG, 2017; SCHUMPETER, 1997; TIDD; BESSANT, 2015).

Quando trazido para a academia, nota-se que o escopo da literatura sobre inovação é vasto, apresentando uma grande variedade de definições que mudam em acordo com a área na qual é aplicada (FAGERBERG; MOWERY, 2006; OCDE, 2005). Dada tamanha complexidade por trás desse fenômeno, Baunsgaard e Clegg (2015) aconselham que se busque uma linha teórica para guiar as pesquisas com o tema inovação. Visando atender a esse pressuposto, este estudo tem sua linha teórica pautada nas correntes schumpeteriana e neoschumpeteriana. Entende-se que essa última foi de grande importância para elaboração do Manual de Oslo, que influencia o entendimento da indústria sobre inovação (OCDE, 2005).

Os estudos que correlacionam a inovação como pré-requisito fundamental para o crescimento e desenvolvimento econômico são numerosos (CIMOLI; DOSI; STIGLITZ, 2009). Um dos economistas mais representativos e pioneiros para o estudo da inovação é Joseph Schumpeter. Este destaca que o desenvolvimento econômico é obtido a partir de mudanças técnicas, compreendidas como um conjunto de modificações radicais nos fatores de produção.

Tais relações podem advir por meio da: introdução de um novo bem; introdução de um novo método de produção; abertura de um novo mercado; conquista de uma nova fonte de oferta de matérias primas ou de bens semimanufaturados; estabelecimento de uma nova organização de qualquer indústria (SCHUMPETER, 1961).

Na visão de Schumpeter (1997), a inovação está fortemente ligada à figura do empreendedor sendo, desta forma, um fenômeno social de liderança associado à decisão de se fazer o que nunca foi feito. Para o autor, as inovações possuem um aspecto desestabilizador capaz de desorganizar e organizar as estruturas sociais e econômicas. Aos olhos de Laplane (1997, p. 62), Schumpeter caracteriza a inovação como “uma mudança descontínua de origem endógena que afasta a economia irrevogavelmente da posição de equilíbrio existente”. Assim, destaca-se a distinção entre invenção e inovação proposta por Schumpeter: enquanto não forem levadas à prática, as invenções são economicamente irrelevantes, ou seja, pressupõe-se que somente as inovações possuem um resultado econômico. Atualmente, no entanto, o conceito de inovação é mais amplo, uma vez que nem sempre as inovações estão atreladas à dimensão econômica, como as inovações sociais (BIGNETTI, 2011).

Evoluindo o pressuposto de Schumpeter, Freeman (1979) afirma que a demanda do mercado não é a única determinante da escala e direção da atividade inovadora. Para o autor, a influência do mercado pode variar bastante, com mudanças cíclicas e descontinuidades na indústria, citando também um grande papel do acaso como agente inovador. Partindo desse entendimento avalia-se que há duas correntes teóricas sobre o surgimento do processo inovativo. A primeira seria *demand-pull* tendo como base as forças de mercado como principais determinantes da mudança técnica – esse modelo preconiza que há uma forma de prever as necessidades futuras do mercado e inovar para satisfazê-las. Porém, em geral, a percepção de um mercado potencial faz parte das condições necessárias para a inovação, mas não constitui uma situação suficiente abrindo espaço para uma segunda teoria caracterizada como *technology-push* que define a tecnologia como fator quase autônomo do processo inovativo (DOSI, 1982).

Dosi (1982) pressupõe que a tecnologia deva ser compreendida como conjunto de conhecimentos práticos e teóricos, como *know how*, métodos, procedimentos, experiências de sucessos e insucessos e, é claro, dispositivos físicos e equipamentos. A tecnologia, nessa visão, inclui a "percepção" de um conjunto limitado de possíveis alternativas tecnológicas e de desenvolvimentos futuros fictícios. Entende-se que toda tecnologia é composta por

conhecimentos tácitos e específicos, deste modo não podendo ser considerado como um bem livre (DOSI; FREEMAN; FABIANI, 1994).

A tecnologia está intrínseca nas estruturas organizacionais (firmas, redes, instituições etc.) tornando a sua transferência, frequentemente, difícil e custosa. Assim, a mudança tecnológica é o resultado conjunto de atividades de inovação e aprendizado dentro das organizações e da interação destas com seu ambiente (FAGERBERG, 1994). Neste âmbito, as atividades inovativas possuem características cumulativas (*path-dependent*), locais e específicas dotadas de um grande processo de acumulação de conhecimento e recursos, tanto no nível de indivíduos quanto de organizações (CIMOLI; DOSI; STIGLITZ, 2009; DOSI, 1982).

Dosi (1982) destaca a necessidade do uso de experiências anteriores e do conhecimento formal para constituir o processo inovativo, formalmente chamada de “base de conhecimento”. Tal alicerce é dotada de conhecimentos tácitos, explícitos e implica desenvolvimento e refinamento de modelos e procedimentos específicos. Desta forma, a inovação é influenciada pelas rotinas, que geram competências e capacitações, que, por sua vez, estão condicionadas pela interação dos agentes econômicos e as instituições (PEREIRA; DATHEIN, 2012).

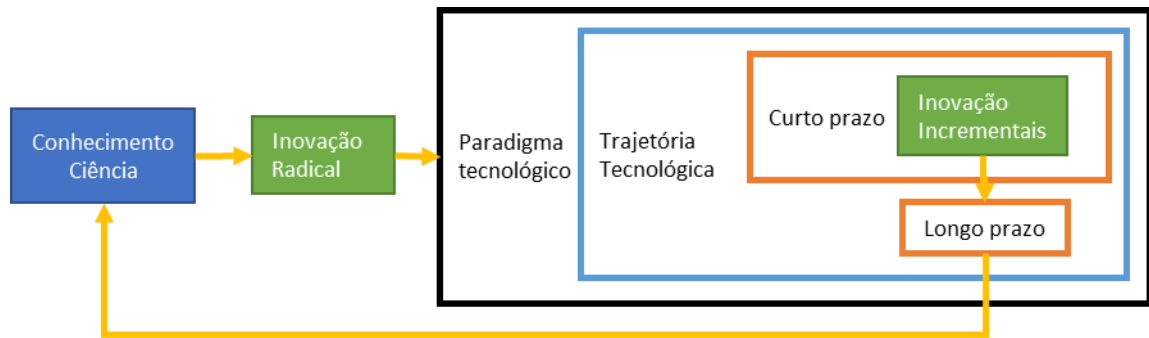
Em sua criação, as inovações tecnológicas são moldadas para atender condições particulares de uso e ampliação do leque de situações específicas e em seguida, ao serem comercializadas, são aprimoradas para atingir padrões de desempenho mais altos além dos alcançados originalmente (BELL; PAVITT, 1993; EDLER; FAGERBERG, 2017; PEREZ, 2003). Entende-se, desta forma, que as tecnologias não são desenvolvidas isoladamente, mas estão conectadas entre si, em sistemas, dando-se apoio mútuo e aproveitando a experiência, o desenvolvimento de fornecedores, a educação do consumidor e outras externalidades criadas por seus predecessores no sistema (PEREZ, 2003). Desta forma, o processo inovativo continua mesmo após o processo de difusão da tecnologia, sendo ressaltada a importância da geração, exploração e difusão do conhecimento para o desenvolvimento e crescimento econômico (OCDE, 2005).

Dosi (1982) avalia que o processo inovativo ocorre por meio de trajetórias tecnológicas, inseridas em um paradigma tecnológico. Um paradigma tecnológico é uma heurística, ou seja, um padrão de solução de problemas tecnológicos, baseado em determinados princípios derivados das ciências naturais e em tecnologias materiais. A evolução das diferentes tecnologias, transformadas em bens e/ou processos derivados de aplicações efetivas ou

potenciais desse paradigma tecnológico, para a solução de problemas do sistema produtivo, constitui uma trajetória tecnológica.

De uma forma simplista, ilustrado na Figura 2, o progresso técnico é guiado por um paradigma tecnológico específico, resultando em trajetórias tecnológicas que melhoram a tecnologia correspondente às necessidades existentes dos seus usuários. No curto prazo surgem inovações incrementais, devido ao atendimento das necessidades reais de controle e aperfeiçoamento do processo de melhoria tecnológica ao longo de trajetórias tecnológicas. A longo prazo, os paradigmas tecnológicos tendem a ser superados e substituídos por outros, mais “avançados” ou “superiores”, em função de determinadas descobertas ou inovações radicais que desencadeiam o surgimento de um novo paradigma tecnológico.

Figura 2 - Evolução do Progresso Técnico.



Fonte: Elaboração Própria (2020), adaptado de Dosi (1982).

Dosi (1982) não aborda o paradigma tecnológico como um processo determinístico, visto que há fatores contingências que influenciam o processo inovativo, tratando-se então de um processo com certos traços guias, que levam a um número limitado de alternativas factíveis. Entende-se que muitos são os fatores impulsionadores do processo inovativo. Destacam-se as variáveis ambientais econômicas e institucionais, endógenas ou exógenas, tais como incentivos, políticas públicas, educação, sistema financeiro, instituições legais, traços culturais e formas de organização social.

2.1.1 Ciclos de Inovação – conceitos de revoluções tecnológicas, paradigmas tecnoeconômicos e janelas de oportunidade

Conforme exposto anteriormente, os processos inovativos não são aleatórios, são moldados por um contexto que inclui fatores institucionais e a percepção do potencial de

mercado das inovações em questão (PÉREZ, 2005). Neste contexto, a ligação do passado com o presente se torna uma característica fundamental dos ciclos econômicos, característica de *path dependence*. À vista disso, a realidade vem sendo transformada pelos processos inovativos baseados na evolução dos conceitos, que evoluem também os tratamentos teóricos.

Os estudiosos neo-schumpeterianos se fundamentam na visão cíclica de Schumpeter para entender a inovação e identificar as regularidades, continuidades e discontinuidades do processo de inovação (PÉREZ, 2005). O desenvolvimento econômico passa a ser compreendido como um processo de ondas que levam a profundas mudanças estruturais e produtivas dentro da economia e em quase toda a sociedade (AREND, 2012).

Tais ondas são iniciadas com inovações - incrementais ou radicais (FREEMAN; PEREZ, 1988). As incrementais são aquelas que causam, gradual e periodicamente, pequenas modificações à situação consolidada, já as inovações radicais são um tipo de criação que atinge e altera a base das coisas. Avalia-se que as inovações radicais são introduzidas em uma versão relativamente primitiva e, uma vez aceitas pelo mercado, estão sujeitas a uma séria de inovações incrementais (PÉREZ, 2005). O coletivo de atores que contribuem para o desenvolvimento de tais inovações é conceituado como um sistema de inovação (EDQUIST, 2006). Entende-se que quando há uma convergência entre os agentes envolvidos em torno de uma potencial tecnologia, que servirá como impulsora da difusão tecnológica, surge uma oportunidade para estruturar um modelo que pode ser seguido por todos (AREND, 2012). Assim, da mesma forma que as inovações individuais se conectam formando sistemas tecnológicos, esses sistemas se interconectam em revoluções tecnológicas. Nota-se que cada movimento revolucionário elege alguns elementos chaves para a mudança, Sara e Pérez (2005) os definem como: ramos motrizes, considerados os insumos da tecnologia; ramos vetores, que divulgam as novas oportunidades e; infraestruturas, que serão responsáveis por expandir as fronteiras de mercado.

Tal revolução tecnológica pela característica de *path dependence*, combina produtos, processos e indústrias novas, com outras já existentes, criando um impacto capaz de influir em toda a economia podendo estar em toda parte (AREND, 2012; PÉREZ, 2005). Julga-se que cada revolução tecnológica traz consigo não somente a reorganização da estrutura produtiva, mas uma transformação profunda das instituições governamentais, da sociedade e, inclusive, da ideologia, podendo-se falar da construção de paradigmas tecno-econômicos sucessivos e distintos na história do capitalismo (AREND, 2012).

Posto isto, revoluções tecnológicas promovem discontinuidades na trajetória do progresso técnico, ou mudança de paradigmas. Tal movimento não é fluido, sem atritos, uma

vez que as inovações são incertas e se propagam através de diversos mecanismos. Perez (2005) aponta que o crescimento econômico atravessou cinco etapas distintas, associadas a cinco revoluções tecnológicas sucessivas, que são denominados segundo as tecnologias mais notáveis de sua época: era da Revolução Industrial; era do vapor e das ferrovias; era do aço e da eletricidade; era do automóvel e da produção em massa; era da informática e da sociedade do conhecimento. Estas estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1 - Cinco revoluções tecnológicas

Revolução tecnológica	Nome popular	País-núcleo (difusão)	Inovações iniciadoras da revolução (big-bang)	Infraestruturas novas ou redefinidas
Primeira (1771)	Revolução Industrial	Inglaterra	Fábrica de algodão de Arkwright/ Cromford	Canais e vias fluviais; energia hidráulica
Segunda (1829)	Era do vapor e das ferrovias	Inglaterra (espalhando para Europa e EUA)	Motor a vapor Rocket para a ferrovia Liverpool/Manchester	Ferrovias; telégrafo; grandes portos, grandes depósitos e grandes barcos de navegação mundial; gás urbano
Terceira (1875)	Era do aço, da eletricidade e da engenharia pesada	EUA e Alemanha (ultrapassando Inglaterra)	Fábrica de aço Bessemer de Carnegie/Pensilvânia	Navegação mundial em velozes barcos de aço; redes transnacionais de ferrovias; grandes pontes e túneis; telefone; redes elétricas.
Quarta (1908)	Era do petróleo, do automóvel e da produção em massa	EUA (disputando com Alemanha liderança mundial)	Primeiro modelo-T da planta de Ford em Detroit/Michigan	Produção em Massa; Estradas, portos e aeroportos; redes de oleodutos; eletricidade de plena cobertura (industrial e doméstica); telecomunicação analógica
Quinta (1971)	Era da informática e das telecomunicações	EUA (espalhando para Europa e Ásia)	Anúncio do microprocessador Intel, em Santa Clara/Califórnia	Comunicação digital mundial; Internet e outros serviços eletrônicos; Instrumentos de Controle, Biotecnologia e Novos Materiais

Fonte: Adaptado de Perez (2005).

Na ótica da teoria evolucionária o mundo está vivenciando um período de transição, marcado pelo final da quinta onda longa de desenvolvimento – que iniciou na década de 60 com forte uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) - nos encaminhando para o início de uma sexta, que será caracterizada pela exploração da automação, robotização, digitalização e sustentabilidade (PÉREZ, 2005). Julga-se que a quinta onda esgotar-se-á na medida que a microeletrônica atingir patamares elevados de difusão e as oportunidades de crescimento e de investimentos começarem a declinar. Condições essas favoráveis ao processo de “destruição criadora”, que levará, simultaneamente, ao desmantelamento da velha matriz e à instalação gradual da nova (PEREZ, 2004). Desta forma, é fundamental que as firmas estejam

atentas a tal movimento para que possam assimilar as novas tecnologias criando inovações em seus processos e produtos para adentrarem nessa nova revolução.

Nas análises de Nelson e Winter (2005), as firmas recebem atenção especial por ser o local onde acontece a inovação e o desenvolvimento de rotinas, que estabelecem o comportamento dos agentes no processo produtivo. As firmas são o organismo em evolução, pois suas rotinas e conhecimento acumulado resultam dos mecanismos de seleção e adaptação que se processam ao longo do tempo. Nessa perspectiva, a metáfora evolucionista serve exatamente para explicar o desenvolvimento e prosperidade das inovações e a consolidação das rotinas mais eficazes. Firms com rotinas mais adequadas às condições de mercado serão as com maior possibilidade de sobrevivência e mais aptas a adquirir maior participação no mercado (*market share*).

Apesar da diversidade ser um aspecto essencial para o progresso econômico, é possível notar rotinas/aptidões compartilhados entre um grupo de empresas. Tal característica fica muito perceptível quando o olhar é direcionado a padrões setoriais ou mesmo locais de inovações. Essa similaridade muito se justifica como resultado do ambiente institucional, como no conceito de “Sistemas Nacionais de Inovação” de Ben Ake Lundvall e Richard Nelson, que consideram que os diferentes agentes econômicos e sociais que permeiam as firmas, influenciam no nível de aprendizado e na capacidade de inovar na indústria nacional (BITTENCOURT; CARIO, 2016; EDLER; FAGERBERG, 2017; FREEMAN, 2004, 1979). Isto posto, torna-se fundamental compreender como a inovação tecnológica acontece no contexto do qual a firma está incluída, para analisar seus comportamentos inovativos. Nessa dissertação, apresentaremos como essa ocorre no Brasil.

2.1.2 A inovação tecnológica no contexto brasileiro

Como já descrito nas subseções anteriores, na literatura crescem os estudos que apontam a importância do aspecto inovativo tecnológico para o desenvolvimento econômico de uma nação. Ao avaliar a inovação tecnológica no contexto brasileiro, nota-se que o país apresenta características tecnológicas típicas de países em desenvolvimento (baixa escolaridade e intensidade tecnológica), por outro lado, reúne comprovada capacitação para desenvolver e utilizar tecnologias avançadas em setores específicos como petróleo e aéreo (TIGRE, 2006).

Tais aspectos remetem a desafios significativos na construção e no aprofundamento de suas capacidades tecnológicas e de inovação, na formação de habilidades apropriadas e no

fortalecimento das instituições relacionadas para aumentar a competitividade geral (PIETROBELLI; RABELLOTTI, 2010).

Dada a importância da indústria como força motriz da inovação tecnológica, ao avaliar o parque fabril brasileiro nota-se que este é marcado pela dependência tecnológica, apresentando uma planta industrial nacional baseada na ciência especializada dos países desenvolvidos. Tal característica muito se deve ao movimento de entrada de empresas estrangeiras no parque nacional, o que dificultou o desenvolvimento de empresas locais e, ao mesmo tempo, manteve seus esforços principais em P&D no país de origem (AREND, 2012). Nota-se que a interconectividade global, criou oportunidades de aprendizado e inovações mas, por outro lado, tornou-se um obstáculo para a construção de suas capacidades de inovação (PINTO; FIANI; CORRÊA, 2016).

Algumas características do SNI brasileiro são: caráter predominantemente adaptativo das atividades tecnológicas das firmas estrangeiras; baixo envolvimento das firmas em atividades inovadoras; papel declinante do setor produtor de bens de máquinas e equipamentos (ALBUQUERQUE; SICSÚ, 2000; MAMEDE et al., 2016). Julga-se que a tardia industrialização brasileira, as poucas instituições de ciência e pesquisa, a falta de políticas públicas de incentivo à inovação, a incapacidade do sistema bancário em financiamentos de longa duração e a baixa articulação entre governo, empresas e universidades, são fatores que contribuem para tal (ALBUQUERQUE; SICSÚ, 2000).

Ao avaliar os investimentos em inovação por meio das firmas, a Pesquisa Industrial da Inovação Tecnológica – Pintec (do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE) datada de 2017, estima que, de um universo de 116.962 empresas brasileiras com 10 ou mais pessoas ocupadas, aproximadamente 1/3 foram inovadoras em produto ou processo, perfazendo uma taxa geral de inovação de 33,6% no período 2015-2017 (IBGE, 2020). Os dispêndios em atividades inovativas das empresas inovadoras atingiram o montante de R\$ 67,3 bilhões em 2017, representando 1,95% da receita líquida de vendas do universo de empresas, representando uma queda de 1,65% comparado ao último período.

Avalia-se que tal resultado, que transmite um fraco engajamento das empresas em atividades tecnológicas, particularmente em pesquisa e desenvolvimento (P&D), pode ser reflexo de um baixo investimento governamental no tema. Tal avaliação encontra respaldo em Arend (2012), que resgata o papel das instituições como influenciadoras dos processos inovativos. Acredita-se que o seu poder isomórfico pode fazer com que as economias fiquem

estagnadas em determinadas estruturas institucionais, mesmo quando são avaliadas como improdutivas, impedindo o desenvolvimento de atividades que melhorem o seu desempenho.

Para driblar tal condição, é de fundamental entendimento que a tecnologia e inovação são essenciais para o aumento da competitividade e, por isso, o investimento público orientado para esse fim deve ser preservado – e mesmo elevado –, de modo a contrabalançar a queda no investimento privado (OCDE, 2005). Nesse sentido, ao analisar as leis brasileiras de inovação, observa-se que estas procuram reforçar a combinação compra-capacitação através de incentivos fiscais que permitem o abatimento de gastos com compra de tecnologia no imposto de renda desde que a empresa comprove que realizou o dobro desses gastos em tecnologia própria (MAMEDE et al., 2016). No entanto, entende-se que apenas focar na compra de bens é insuficiente. Figueiredo (2005) afirma que a real transferência de tecnologia de economias industrializadas para economias em desenvolvimento envolve, de um lado, a gestão da aquisição, instalação e operação da tecnologia importada, de outro, implica assegurar o engajamento da organização recipiente em um contínuo e sistemático processo de aprendizagem tecnológica. Entende-se que tal atenção que é dada apenas à compra de máquinas avançadas reflete uma percepção limitada do conceito de capacidade tecnológica. Apontar esforços apenas para a parte “visível” da capacidade tecnológica (oferta de capital e de sistemas físicos), sem considerar o desenvolvimento do capital organizacional, conduzirá, certamente, a resultados insignificantes em termos de inovação e produtividade (FIGUEIREDO, 2005).

A literatura aponta, que para o crescimento da inovação em países em desenvolvimento, tal como o Brasil, há necessidade de evolução dos conceitos acerca da política tecnológica, sendo orientada para a sua realidade, com um olhar acolhedor de suas demandas e não apenas utilizar modelos prontos elaborados para outras realidades. Figueiredo (2005, 2009) afirma que deve-se parar de apontar as dificuldades em resolver questões já superadas em outros países, e começarmos a buscar explicações para tal descompasso. Há necessidade de colocar o olhar em aprimorar as questões gerenciais voltadas para o aprimoramento de estratégias de inovação industrial no Brasil. “A agenda de política macroeconômica, em vez de centrar-se tão somente em aspectos monetários, fiscais e cambiais, também deve incorporar, com semelhante grau de importância, estratégias de desenvolvimento industrial e tecnológico” (FIGUEIREDO, 2009, p. 327).

Conforme proposto por De Backer, Desnoyers-James e Moussiégt (2015), a manufatura determina as habilidades dos países em desenvolver novas tecnologias, bem como a capacidade de absorção para assimilar o conhecimento estrangeiro. Desta forma, a preocupação com o setor

manufatureiro é legítima, pois a evolução ou declínio deste provoca efeitos em todos os demais setores nas economias nacionais.

2.2 INDÚSTRIA COMO MOTOR DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

O crescimento das economias modernas é caracterizado pelo surgimento, desenvolvimento e declínio de diferentes indústrias (MALERBA; ORSENIGO, 1996). A perspectiva tecnológica argumenta que a inovação de processos e produtos é o principal fator dinâmico da evolução da sociedade, destacando o setor industrial como importante ferramenta para a difusão tecnológica para o restante da economia (MELO; FUCIDJI; POSSAS, 2015).

Entende-se que a economia é composta por diversos setores que se desenvolvem de maneira diferente e seu processo de crescimento envolve a transferência de recursos de um setor para outro (NELSON, 1994). Um caso bastante explorado na academia é o apresentado por Dosi (2006) tomando como exemplo a indústria de semicondutores que impulsionou uma forte onda de mudanças na sociedade. Com o surgimento desta tecnologia houve um aumento substancial na capacidade de processamento dos microprocessadores e formas de armazenamento de informação, implicando na queda de custos de produção juntamente com uma ampla difusão computacional e a utilização de aplicativos inteligentes. Surge uma nova geração de produtos dotados de capacidades computacionais – como celulares, tablets e vários outros dispositivos. Essa ampla difusão de novos equipamentos, bem como sua utilização, ocasionou novas profissões e serviços com demandas até então inexistentes.

Perez (2003) aponta que evolução da tecnologia é um processo complexo. Nesse entendimento, as tecnologias estão interligadas em sistemas, e estes, por sua vez, estão entrelaçados e interdependentes, tanto entre si quanto em relação ao ambiente físico, social e institucional. Conforme exposto por Dosi (1982), apesar de suas diferenças específicas, a maioria das tecnologias tende a seguir uma trajetória semelhante no que diz respeito à taxa e direção de mudança e melhoria, desde a inovação inicial até a maturidade. Como consequência desse processo, a estrutura das empresas e da sociedade coevoluem com a tecnologia (NELSON, 1994). O caso dos semicondutores, por exemplo, criou e destruiu produtos e processos, alterou o fluxo econômico e continua a seguir uma trajetória de arraste, o qual poucos ficam à margem da mudança.

Esta evolução coincide mais ou menos com a dos seus mercados: da introdução à saturação. Depois que uma inovação radical dá origem ao surgimento de um novo produto,

capaz de gerar uma nova indústria, há um período inicial de intensa inovação e otimização, até que o produto ganhe aceitação no segmento de mercado correspondente. A interação com o mercado logo determina a direção que as melhorias tomarão, e estas frequentemente definem um *design* dominante. A partir daí, conforme os mercados crescem, inovações incrementais sucessivas são feitas para melhorar a qualidade do produto, a produtividade dos processos e a posição dos produtores no mercado. Esse processo culmina na maturidade, quando novos investimentos em inovações começam a ter retornos decrescentes.

É fato que o surgimento de novas tecnologias culmina na necessidade de adaptação do modelo produtivo (PEREZ, 2003). Tal movimento pode levar a “revoluções industriais”, ou seja, a mudança do modo tecnológico industrial como resultado da implementação em massa de inovações incrementais acumuladas. Popkova, Ragulina e Bogoviz (2019) entendem que todas as evoluções disruptivas da indústria têm características comuns que permitem defini-las como revoluções e não como simples mudanças incrementais. Os autores apontam que a acumulação, de um volume suficiente, de novas tecnologias de produção, seja o fator que culmina as revoluções industriais. Tal processo, no seu início, tem característica de desenvolvimento local, e aplicação da tecnologia se limita a pequenos sistemas produtivos modelos de testes. Entende-se que quando essas tecnologias se tornam maduras e são aplicadas na produção industrial real, dá-se início a sua escalada, ou seja, ela transita do estado qualitativo para quantitativo³. E é justamente essa transição que marca o início de uma revolução industrial. Tal processo resulta na necessidade de nova infraestrutura industrial, trazendo desafios para o Estado (aumento de gastos com a modernização da real economia do setor) e para sociedade (domínio de novas tecnologias, aumento da especialização do trabalhador, etc.) (POPKOVA; RAGULINA; BOGOVIZ, 2019).

Nesse ponto, indústrias maduras existentes não permanecem inalteradas. Assim os princípios, sobre os quais este processo de modernização é baseado, são gradualmente incorporadas em um conjunto de práticas modelo recomendadas modelo. O resultado é o rejuvenescimento gradual de toda a estrutura produtiva, para que as indústrias maduras atualizadas possam novamente se comportar como novas indústrias em termos de dinamismo, produtividade e lucratividade (PEREZ, 2003).

³ Os autores apoiam o seu modelo na base filosófica da dialética materialista de Hegel onde a mudança de uma propriedade altera um objeto.

Desta forma, um novo modelo tecnológico é estabelecido e há a transição para tecnologias completamente novas de produção industrial. Há uma reorganização da produção e modernização dos equipamentos que levam a uma série de consequências como: o crescimento da eficiência da produção industrial; redução de custo por meio do alcance do “efeito de escala”; melhoria da logística (aumento da velocidade de transporte de produtos, possibilidade de transporte de grandes quantidades etc.) e; crescimento da complexidade dos produtos industriais emitidos (aumento da qualidade com novas exigências de precisão, confiabilidade, sustentabilidade e melhoria das características técnicas) (POPKOVA; RAGULINA; BOGOVIZ, 2019).

É certo que os avanços tecnológicos sempre foram extremamente importantes para a evolução da sociedade. Partindo dos pressupostos supracitados, conclui-se que as revoluções industriais, somadas aos grandes avanços tecnológicos, principalmente na área digital, culminaram no modelo industrial o que hoje está se chamando de Indústria 4.0 ou quarta Revolução Industrial. O seu processo de construção é detalhado no tópico 2.2.1.

2.2.1 Evolução Histórica e Tecnológica: da primeira revolução industrial ao modelo “Indústria 4.0”

A sociedade moderna é definida por grandes saltos quantitativos – que modificaram os processos produtivos e as estruturas sociais. Entende-se que o processo de transição para o modelo Indústria 4.0 foi formado pelas revoluções industriais que ocorreram nos séculos 19 e 20 que impactaram na capacidade de produtiva e formação de todo o sistema de produção global (POZDNYAKOVA et al., 2019). Desta forma, compreender as estruturas passadas permite avaliar melhor o modelo emergente.

2.2.1.1 Primeira Revolução Industrial – Advento da mecanização

A primeira grande revolução no contexto industrial teria dado surgimento à primeira indústria, que aqui poderia ser chamada de “1.0”. A construção de ferrovias e a invenção da máquina a vapor entre 1760 e 1840 possibilitaram a introdução de instalações de produção mecânicas, dando início às organizações fabris centralizadas e hierárquicas. Essa mudança no modo de produção afetou a sociedade, mudou as relações de produção na medida em que retirou dos artesãos a propriedade sobre o produto de seu trabalho, remodelando os trabalhos para um

sistema proletariado industrial urbano. Neste contexto, surgem as “classes sociais”, em substituição às “ordens” do sistema feudal, que exprimiam diferentes formas de poder na sociedade (CARVALHO; PALADINI, 2012; TIGRE, 2006; WEBER, 2004). Esse desenvolvimento levou a uma explosão populacional, que se beneficiava, pelo recebimento otimizado roupas e alimentos, através do aprimoramento do sistema de transporte e também pelo aumento da produtividade na fabricação de suprimentos básicos, como a agricultura (BAUERNHANSL; IPA; STUTTGART, 2014; PIRES, 2018).

Neste período, há uma evolução considerável da ciência fundamental para formação das tecnologias de base para produção. A customização, antes proporcionada pelos trabalhos manuais dos artesãos, deu espaço para padronização e produção em larga escala. A verificação da qualidade da produção passa a ser atestada por meio da fixação das marcas nos tecidos, processo realizado pelas guildas profissionais (CARVALHO; PALADINI, 2012; ROMERO et al., 2019; ZONNENSHAIN; KENETT, 2020). Com o aumento tecnológico houve mudanças na estrutura e nível de qualificação da força de trabalho, crescendo o número de acadêmicos, engenheiros e técnicos envolvidos no processo de produção. Porém, com o desenvolvimento técnico também cresceu a intensidade do trabalho e os problemas sociais se agravaram, pois muitas pessoas se mudaram para as cidades, o que levou à pobreza estrutural entre os operários (BAUERNHANSL; IPA; STUTTGART, 2014; PIRES, 2018; POZDNYAKOVA et al., 2019).

2.2.1.2 Segunda Revolução Industrial – Produção em massa

A invenção da energia elétrica, datada do final do século XIX, e a introdução de linhas de produção desenvolvidas por Taylor e implantadas principalmente por Henry Ford, dão início à segunda revolução industrial, marcada pela aplicação de métodos da ciência positiva, racional e metódica aos problemas administrativos, a fim de alcançar a máxima produtividade. Taylor propunha uma padronização e rotinização crescente das atividades do trabalhador, deixando que as tarefas de planejamento e organização da atividade produtiva ficassem a cargo de engenheiros e especialistas. Supervisores e operários apenas obedeceriam a procedimentos simplificados (TAYLOR, 1995). Foram criadas empresas complexas, altamente produtivas, com um alto nível de divisão do trabalho, exploração de novos materiais e uso de novos combustíveis (CARVALHO; PALADINI, 2012; SCHWAB, 2016). Essa revolução criou atividades envolvendo muitos conhecimentos com baixo grau de inovação.

Na década de 20 surgem os gráficos de controle e o ciclo PDCA (*plan-do-check-act*) de Walter A. Shewhart. Nos anos 30, o controle da qualidade evolui com o desenvolvimento dos sistemas de medidas e surgimento de normas específicas para essa área. Nesse período há uma evolução da verificação da qualidade do produto com a criação de departamentos de inspeção nas indústrias. Surgem técnicas de amostragem que permitem a verificação de apenas alguns componentes por lote, reduzindo os custos indiretos de produção (CARVALHO; PALADINI, 2012). Porém, para que tais técnicas fossem eficientes em uma escala maior, exigia-se aplicação do exame das matérias-primas ao teste do produto final, e assim, por uma inevitável avaliação de todo o processo (DIAS, 2007). Visando fechar tal lacuna Deming, na década de 50, com base na “Carta de Controle” desenvolvida por Shewhart, iniciou a disseminação da filosofia do Controle Estatístico do Processo (CEP), demonstrando a importância da observação do processo, mensuração da variabilidade e atuação nas causas de variação como técnica de melhoria contínua da qualidade (CARVALHO; PALADINI, 2012; ROMERO et al., 2019).

Com o aumento da escala e complexidade da produção, o aperfeiçoamento tecnológico resulta em maiores oportunidades de incremento produtivo e a uma divisão do trabalho mais minuciosa, as quais requerem a criação de mecanismos de organização ou coordenação cada vez mais eficientes. Desta forma, o plano normativo, que anteriormente era focado em processos para padronização de produtos, começava a mudar de escala e de natureza por conta da necessidade natural de estender o processo de normalização às técnicas da qualidade. Em lugar de simplesmente multiplicar as normas para produtos, equipamentos e serviços, o objetivo agora era fixar em escala global as melhores normas para o próprio processo produtivo (DIAS, 2007). É neste momento que surgem as primeiras normas de sistema de Garantia da Qualidade a nível mundial, que mais tarde, na década de 1980, deram origem às normas internacionais ISO 9000 (ACOSTA, 2008; ROMERO et al., 2019; ZONNENSHAIN; KENETT, 2020).

2.2.1.3 Terceira Revolução – Automação

A terceira revolução, iniciada na década de 60, conceituada como “revolução digital” foi impulsionada pelo avanço da eletrônica avançada e da tecnologia da informação que em conjunto desenvolveram ainda mais a automação dos processos de produção (BAUERNHANSL; IPA; STUTTGART, 2014; HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015).

Ressalta-se que o período entre o final da Segunda Guerra Mundial e o início dos anos 1970 foi considerada por muitos como a 'idade de ouro', com alto crescimento da produtividade e da renda e próximo do pleno emprego em todo o mundo ocidental (DIAS, 2007; EDLER; FAGERBERG, 2017). Durante o período de guerra as conquistas do controle estatístico da qualidade se difundiram, mas foi no período pós-guerra que novos elementos surgiram na Gestão da Qualidade (CARVALHO; PALADINI, 2012). Visando reconstruir a economia pós-guerra o Japão evolui seus sistemas de controle da qualidade, principalmente com o apoio de William Edwards Deming e Joseph Moses Juran. Deming enfatizou o uso do pensamento estatístico e Juran desenvolveu um sistema de gestão abrangente apresentando a chamada trilogia de qualidade de planejamento, melhoria e controle. Na década de 60, há a criação do Método de desdobramento da qualidade (QFD) e uma atenção especial é dada a satisfação do cliente (CARVALHO; PALADINI, 2012; ZONNENSHAIN; KENETT, 2020).

Entende-se que o aumento da produtividade permitiu a ampliação do mercado consumidor, tornando-se a própria classe trabalhadora parte importante da demanda para a produção massificada (PIRES, 2018). Deste ponto, os clientes se tornam cada vez mais diferenciados, e seus desejos se tornam mais individuais (BAUERNHANSL; IPA; STUTTGART, 2014). Foi dada especial atenção à qualidade com o surgimento de serviços de teste de produtos, a elaboração das primeiras formas organizadas de certificação, a produção de bancos de dados sobre as práticas comerciais das empresas, entre tantas outras formas de defesa do consumidor (DIAS, 2007).

Com a evolução da tecnologia da informação, o surgimento dos computadores e a descoberta dos microchips, dispositivos eletrônicos passam a ser usados também na produção, resultando na evolução das ferramentas de controle de processos (PIRES, 2018). Neste ponto, projetistas, depois de criar um conceito de projeto inicial, usam simulação computacional para avaliar o impacto da variabilidade do material, processos de fabricação e condições operacionais em seu projeto proposto. O design é então aprimorado iterativamente com base nesses resultados. Paralelamente ao projeto do sistema, especialistas configuram os processos de fabricação e programam a produção usando ferramentas de manufatura auxiliadas por computador. Então, durante a fabricação, os testes fornecem os controles de produção necessários. Finalmente, a manufatura integrada por computador reúne tudo. Em última análise, é claro, o objetivo é minimizar o impacto dispendioso de falhas em um produto após a entrega ao cliente (ZONNENSHAIN; KENETT, 2020).

Na década de 80, surgem novas práticas de qualidade como o Six Sigma (que visa identificar e eliminar flutuações em um processo de manufatura, a fim de garantir um resultado de qualidade uniforme) e a filosofia *Lean* postulada pela Toyota Production System. Neste modelo, a “produção enxuta” proporcionava as indústrias japonesas plantas industriais em menor escala que as similares ocidentais e operação com estoques mínimos, visto que o suprimento de peças e componentes era coordenado para chegar à linha de produção apenas no momento de seu manuseio e montagem. (PIRES, 2018; ROMERO et al., 2019; SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016).

Há uma evolução dos modelos tradicionais de negócios centralizados e nacionais para estruturas distribuídas, aumentando a interação global e iniciando o processo de desindustrialização dos países ricos. Nesse período há aplicação do conhecimento tecnológico do país proprietário em países emergentes com mercados promissores, onde sem um conhecimento específico não existiria a produção desses produtos – por exemplo o caso das indústrias automobilísticas no Brasil (BOEHE, 2007; GOMES; STRACHMAN, 2005). Sobre esse pano de fundo, constituído por uma economia com presença crescente do setor de serviços e menor importância do governo, percebia-se correlatamente a crescente necessidade de serviços tecnológicos induzida pela globalização (PIRES, 2018; POZDNYAKOVA et al., 2019). A intensidade da competição no comércio mundial e a sofisticação crescente dos processos de produção e comercialização – mesmo dos produtos primários – gerava uma enorme massa de regulação e, por consequência, uma igualmente vasta exigência de medições precisas e confiáveis internacionalmente (DIAS, 2007). Desta forma, as atividades de padronização técnica adquirem uma importância fundamental na medida em que facilitavam a comunicação e as transações entre os agentes inseridos em uma ou mais cadeias produtivas (ACOSTA, 2008).

2.2.1.4 *Quarta Revolução Industrial – Inteligência autônoma*

Com aumento da complexidade dos mercados provocados pelo avanço da globalização e proporcionado pelo surgimento de tecnologias da informação e comunicação, os requisitos em termos de capacidade de entrega e disponibilidade aumentam maciçamente. Por consequência há o desenvolvimento e adoção de novas ferramentas aplicadas ao processo produtivo como: a robótica adaptativa; análise de dados; inteligência artificial; simulação avançada; sistemas incorporados; comunicação em redes industriais; sistemas em nuvem;

fabricação aditiva e; virtualização tecnológicas (SALKIN et al., 2018). Tal fenômeno induz ao que atualmente é conceituado na academia e no mercado como “quarta revolução industrial” marcada pela adoção do termo “Indústria 4.0”. Entende-se que este contexto, poderá desencadear uma mudança de paradigma de produção, onde o produto poderá se comunicar, de forma autônoma, com as instalações de produção, sendo capaz de haver interferência na linha sem a necessidade de interação humana (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015). Schwab (2016) entende que tal fenômeno não se materializa apenas em máquinas com tecnologias digitais sofisticadas e integradas, sendo o seu escopo também abrangente ao domínio físico, digital e biológico.

Hermann, Pentek e Otto (2016) entendem que a Indústria 4.0 visa a convergência da produção industrial e tecnologias de informação e comunicação, estando fundamentada em seis princípios: interoperabilidade; virtualização; descentralização; análise de dados em tempo real; orientação a serviços e; modularização. Em um ponto de vista mais holístico e integrativo, atentando-se a aspectos organizacionais e sociais, Roblek, Meško e Krapež (2016) apontam que a Indústria 4.0 é fundamentada em nove conceitos, descritos no Quadro 2.

Quadro 2 - Conceitos Fundamentais da Indústria 4.0.

Expressão / Conceito Fundamental	Explicação
<i>Smart factory, smart manufacturing, intelligent factory, factory of the future</i>	A indústria será mais “inteligente”, flexível e dinâmica, equipada com sensores, atuadores e sistemas autônomos. Máquinas e equipamentos terão a capacidade de melhorar os processos por meio da auto otimização e tomada de decisão autônoma.
Novos sistemas no desenvolvimento de produtos e serviços	O desenvolvimento de produtos e serviços será individualizado. Nesse contexto, abordagens de inovação aberta e inteligência de produtos, bem como memória de produtos, são de grande importância.
Auto-organização (<i>Self-Organization</i>)	Na manufatura, os processos mudam em toda a cadeia de suprimentos e manufatura impactando também a logística e o gerenciamento do ciclo de vida de um produto. Tais mudanças exigem maior descentralização dos sistemas de manufatura existentes levando a uma decomposição da hierarquia clássica da produção e na mudança para a auto-organização descentralizada.
Produto inteligente (<i>Smart Product</i>)	Os produtos são inseridos com sensores e microchips que permitem a comunicação via IoT entre si e com os seres humanos. Carros, camisetas, relógios, sabão em pó etc. devem ficar “inteligentes”.
Novos sistemas de distribuição e compras	A distribuição e as aquisições serão cada vez mais individualizadas.
Adaptação às necessidades humanas	Os novos sistemas de manufatura e varejistas devem ser projetados para seguir as necessidades humanas, e não o contrário. Sugere-se que esses sistemas possam muito bem ser uma combinação de ferramentas semelhantes a robôs, como agentes pessoais inteligentes, como Siri, Viv, Cortana, Google Now e outros, e a IoT.
Sistemas ciber-físicos (<i>CPS - Cyber-physical systems</i>)	Os sistemas integrarão computação, rede e processos físicos. Computadores e redes embarcados monitorarão e controlarão os

Expressão / Conceito Fundamental	Explicação
	processos físicos, com loops de feedback nos quais os processos físicos afetam os cálculos e vice-versa.
Cidade inteligente (<i>Smart city</i>)	Cidade inteligente é definida como uma cidade que compreende seis fatores em sua política de desenvolvimento: economia inteligente, mobilidade inteligente, ambiente inteligente, pessoas inteligentes, vida inteligente e governança inteligente. É o produto do desenvolvimento acelerado da nova geração de TI e economia baseada no conhecimento, com base na combinação de rede da Internet, rede de telecomunicações, rede de transmissão, rede de banda larga sem fio e outras redes de sensores com a IoT como núcleo.
Sustentabilidade digital	A sustentabilidade e a eficiência dos recursos estão cada vez mais no foco do design de cidades e fábricas inteligentes. É necessário respeitar as regras éticas ao usar informações privadas. Esses fatores são condições fundamentais da estrutura para produtos de sucesso.

Fonte: Roblek, Meško e Krapež (2016).

Salkin et al. (2018) e Oztemel e Gursev (2020) avaliam que para uma implementação bem-sucedida do modelo “Indústria 4.0” algumas tecnologias são essenciais como: robótica adaptativa; análise de dados e inteligência artificial; simulação; sistemas embarcados; comunicação e redes; cibersegurança; tecnologias em nuvem; fabricação aditiva; tecnologias de virtualização; sensores e atuadores; tecnologias RFID (*radio frequency identification*) e RTLS (*real time location system*) e; tecnologias móveis. Schumacher, Erol e Sihn (2016) afirmam que a Indústria 4.0 utilizará essas tecnologias para otimizar a cadeia de valor por meio de uma sistemática de inovação de processo, tendo foco sobre os seguintes aspectos fundamentais de integração: horizontal através de redes de valores; digital *peer-to-peer* da engenharia em toda a cadeia de valor e; vertical e sistema de manufatura em rede. Crnjac, Veža e Banduka (2017) apontam que a tecnologia tende a ser um grande facilitador, porém, os maiores desafios estarão relacionados a padronização dos processos, onde sistemas, plataformas, processos e operações deverão se convergir em um único modelo. Avalia-se também que será necessário que as empresas criem um modelo de negócios e ponderem custos e riscos da introdução deste novo modelo (DAVIES; COOLE; SMITH, 2017).

Nota-se que nem todas as tecnologias citadas por Roblek, Meško e Krapež (2016), Salkin et al. (2018), e Oztemel e Gursev (2020) estão disponíveis no momento, muitas inclusive apresentam ainda um baixo índice de maturidade tecnológica. Algumas empresas de consultoria, como a Roland Berger© e Gartner Inc. (2018), propõem modelos ilustrativos como um caminho a seguir rumo à “indústria 4.0” em relação a algumas áreas tecnológicas importantes.

Daudt e Willcox (2016) apontam que além das tecnologias há outros fatores que influenciam o futuro da manufatura como:

- a demanda: marcada pela mudança da demanda global, imersão dos países emergentes na CGV; fragmentação da demanda e customização, modelos intensivos em serviços; a mudança demográfica e preocupação com sustentabilidade;
- tecnologias atreladas à inovação, como novos materiais, novos designs de produtos; e o imperativo verde;
- oferta: mudanças nos custos relativos ao trabalho; escassez de talentos, preço das commodities; custos de energia e transporte;
- regulação: segurança, qualidade e sustentabilidade e proteção à propriedade intelectual.

Olhando para o fenômeno com as lentes da garantia da qualidade, Illés (2017) visualiza que o aumento da complexidade da fabricação resultará em novos desafios na garantia da qualidade dos processos de fabricação. O autor explicita que com o uso das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0, será possível coletar dados de qualidade até então desconhecidos, desta forma, o desafio será identificar onde, como e o que coletar, além de como analisar os dados produzidos. Com o uso destes será possível a criação de sistemas preditivos que servirão de base para alerta de problemas e podem ajudar as pessoas a identificar correlações complexas de causa e efeito (CHIARINI, 2020). Isso abre um novo cenário onde dados e informações típicas de garantia e controle de qualidade, como resultados de inspeção e auditoria, produtos não-conformes e resultados de calibração, dentre outros que poderão ser coletados e analisados automaticamente. Da mesma forma, CPS como sensores inteligentes, *smarts* HMI (*Human-Machine Interface*) e RFID também podem ajudar na redução de erros e defeitos durante trabalhos manuais e de máquina (ZÁVADSKÁ; ZÁVADSKÝ, 2020). CPS e ERP (*Enterprise Resource Planning*) também poderão ser usados para automatizar o processo de controle de documentos exigido pela garantia de qualidade e sistemas de gestão de qualidade, como ISO 9001 (CHIARINI, 2020).

Neste contexto, surgem termos como:

- *Digital Quality Management*: propõe uma governança digital semiautomatizada ou automatizada de ativos de produção física ciberfísica. Ter por objetivo oferecer rastreamento e relatórios em tempo real do desempenho

em conformidade com padrões de qualidade predefinidos e alertando proativamente em caso de possíveis desvios para evitar problemas de qualidade antes que se materializem (CHIARINI, 2020; ILLÉS et al., 2017; ROMERO et al., 2019; ZÁVADSKÁ; ZÁVADSKÝ, 2020);

- *Digital Lean Manufacturing ou Lean Automation*: prática que visa o uso de dados para detectar, corrigir, prever e prevenir parâmetros de processo instáveis e/ou evitar problemas de qualidade dentro de faixas de tolerância definidas que pode levar a qualquer tipo de desperdício nos mundos digital e/ou físico (ROMERO et al., 2019; TORTORELLA et al., 2019).

Ressalta-se que a digitalização da indústria é um fenômeno em evolução, ainda dito como um modelo “ideal”. Atualmente não há nada mais do que implementações parciais (RÜTTIMANN; STÖCKLI, 2016). Resumidamente, as regras da Indústria 4.0 ainda estão sendo escritas, onde o foco está principalmente concentrado na implantação técnica bem-sucedida (DAVIES; COOLE; SMITH, 2017). Daudt e Willcox (2016) apontam que, por mais que essas novas tecnologias ofereçam perspectivas positivas, ainda parece ser precipitado aclamá-las como uma nova revolução. Em um contexto global muitos países, principalmente aqueles com economias emergentes, ainda se baseiam em processos de produção tecnologicamente menos complexos (SCHWAB, 2016). O modelo “4.0” aponta grandes desafios - empresariais, econômicos e sociais – e para alguns países esses serão ainda maiores, pois, para se manterem competitivos, haverá a necessidade de fazer um salto do modelo 2.0 direto para o 4.0, com fortes investimentos em formação profissional, reestruturação na economia e reorganização das fábricas (BOGOVIZ et al., 2019).

Atenta-se que para que tal implantação ocorra haverá a necessidade de olhar para a estrutura institucional relacionada ao ecossistema de inovação que contribui para o fortalecimento da indústria - apoiada de forma decisiva por instâncias federais e locais por meio de políticas industriais (DAUDT; WILLCOX, 2016). Tal sistema deve envolver indústrias, governo, Instituições de Ciência e Tecnologia – ICT⁴ e universidades. Entende-se que unindo organizações educacionais, industriais, empresarias e financeiras, compõe-se um circuito de “agentes que são responsáveis pela geração, implementação e difusão das inovações tecnológicas” (ALBUQUERQUE, 1996, p. 228; EDLER; FAGERBERG, 2017).

⁴ Considera-se ICT a instituição pública ou privada sem fins lucrativos, que realiza pesquisa básica ou aplicada de caráter científico ou tecnológico, ou o desenvolvimento de novos produtos, serviços ou processos, nos termos da Lei nº 10.973/2004 (Lei de Inovação).

2.2.2 Políticas Industriais Nacionais de Transformação Digital

Ao incorporar a transformação digital no ramo industrial, observa-se que os seus movimentos são fonte de interesse de diversos países, que instituem fortes políticas para sua implementação, liderados principalmente por aqueles com alto investimento em pesquisa, desenvolvimento e inovação. Cita-se aqui, como exemplo, países como Estados Unidos, Alemanha, Japão e China que buscam viabilizar o fortalecimento do seu parque industrial por meio de fortes políticas industriais (DAUDT; WILLCOX, 2016; IEDI, 2018a; VIEIRA; OURIQUES; AREND, 2020). O modelo popular é o da “Indústria 4.0” na visão alemã, que trata especificamente da digitalização da indústria. Ressalta-se que esse foi inicialmente visto pelo mercado como uma operação de marketing de fornecedores de equipamento industrial porém, tornou-se, em alguns anos, uma preocupação global compartilhada por todas as nações industrializadas (BLANCHET, 2016; DRATH; HORCH, 2014).

Observa-se que nessa corrida tecnológica, impulsionada pela digitalização das indústrias, diversos países têm proposto arquiteturas - que variam de acordo com as tradições políticas, a infraestrutura institucional, campo de intervenção (treinamento, pesquisa, apoio ao investimento), nível de centralização e tecnologias que priorizam – para gerar inovações e progresso técnico, elevando a produtividade das suas indústrias (IEDI, 2018a; KAGERMANN et al., 2016). Para Daudt e Willcox (2016, p.6), tais iniciativas podem ser vistas “como um conjunto de políticas visando a retomada da primazia industrial em um ambiente de acirrada concorrência global que dá origem a políticas a partir das especificidades e dos problemas de cada país.”. O Quadro 3, sintetiza alguns programas.

Quadro 3 - Programas I4.0 em diferentes países.

País	Nome do programa	Data	Principais objetivos
Alemanha	<i>Industrie 4.0</i>	2011	<ul style="list-style-type: none"> • Garantir a liderança no desenvolvimento de uma oferta tecnológica de máquinas de alta gama • Difundir das suas tecnologias no tecido industrial (mundial)
Coréia do Sul	<i>Manufacturing Innovation 3.0</i>	2014	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelecer um ecossistema industrial avançado • Digitalizar o aparelho produtivo
China	<i>Made in China</i>	2015	<ul style="list-style-type: none"> • Modernizar o aparelho produtivo para preservar o status de “fábrica do mundo” • Desenvolver um setor produtor de máquinas e equipamentos industriais
Estados Unidos	<i>Advanced Manufacturing Partnership</i>	2013	<ul style="list-style-type: none"> • Revitalizar a indústria e digitalizar as relações com as cadeias de fornecimento • Criar uma rede nacional de centros de inovação indústria
França	<i>Industrie du future</i>	2013	<ul style="list-style-type: none"> • Revitalizar e digitalizar o aparelho produtivo

País	Nome do programa	Data	Principais objetivos
			<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver uma oferta tecnológica
Índia	<i>Make in India</i>	2015	<ul style="list-style-type: none"> • Modernizar a indústria indiana e transformação do país em um centro de produção para a indústria mundial
Japão	<i>Industrial Value Chain Initiative</i>	2015 2017	<ul style="list-style-type: none"> • Modernizar e digitalizar o aparelho produtivo para preservar a competitividade internacional
Reino Unido	<i>Catapult Centers / 4IR</i>	2011	<ul style="list-style-type: none"> • Criar uma rede de centros tecnológicos e de inovação para acelerar a comercialização dos resultados das pesquisas e revitalizar a indústria

Fonte: Adaptado de Oztemel, Gursev (2020), IEDI (2018a) e Blanchet (2016).

Nota-se que países como Alemanha, Japão e Coreia do Sul focam suas políticas para manter a participação da indústria em sua estrutura produtiva e buscam assegurar sua competitividade frente à concorrência crescente das potências industriais emergentes. Outros países como Estados Unidos, Reino Unido e França passaram por intenso processo de regressão e procuram reforçar suas competências industriais comprometidas ao longo dos anos, para ampliar o peso da produção e do emprego industrial nas economias domésticas e capturar uma parcela significativa de valor nas articulações estratégicas das cadeias globalizadas. Há ainda aqueles que, como China e Índia, procuram garantir suas trajetórias de *catching up* em direção às economias desenvolvidas por meio da ascensão de sua indústria, em particular, do segmento de alta tecnologia, no panorama mundial (IEDI, 2018a).

Cavalcante e Almeida (2018) apontam que apesar do objetivo semelhante de todas essas iniciativas não há na literatura um consenso para definição do termo, dificultando a aplicação prática do mesmo. Anteriormente Kagermann et al. (2016) já apontavam a necessidade de padronização de taxonomias para a criação de interoperabilidade entre as diferentes tecnologias envolvidas em um campo complexo e extremamente heterogêneo. A diversidade de definições provenientes das diferentes iniciativas e o *marketing*, que Drath e Horch (2014) definem como “excessivamente ambicioso”, criaram confusão em vez de aumentar a transparência do tema. Tais divergências obscurecem as visões futuras reais e sólidas por trás do “*Industrie 4.0*”, levando muitos a não compreender se o termo representa um nome popularmente utilizado para vender algo, ou uma realidade. No Brasil termos como “manufatura avançada” e “indústria 4.0” são muito empregados, culminando em uma alta expectativa em torno de determinadas tecnologias, porém nem sempre são feitas as devidas ponderações do uso destas (DAUDT; WILLCOX, 2016).

2.2.3 Indústria 4.0 no Brasil

Um levantamento realizado por Bogoviz et al. em 2019 para identificação do estágio de formação da Indústria 4.0 em alguns países em desenvolvimento (Brasil, África do Sul, China e Índia) aponta que estes ainda estão na fase preliminar de formação da Indústria 4.0, o que mostra que nestes países o processo ainda não começou e provavelmente será iniciado em breve. Assim, o nível de digitalização da sociedade nestes países menor do que nos desenvolvidos, sendo elas de 42% na África do Sul, 65 % na China, 22% na Índia e 60 % no Brasil. Nestes o termo “Indústria 4.0” ainda não é mencionado em documentos normativos e legais, e as pesquisas científicas na esfera da Indústria 4.0 não são, ou são muito poucas, financiadas pelo Estado. Os autores relatam que nos países desenvolvidos a avaliação da eficácia da Indústria 4.0, do ponto de vista do estímulo ao desenvolvimento da economia, é realizada com base em previsões precedidas de análises em larga escala com base em informações estatísticas previsíveis. Já nos países em desenvolvimento realiza-se avaliações com base em estatísticas dispersas e resultados de pesquisas sociológicas de empresários, o que pode ser um motivo para grande distorção dos dados iniciais e precisão dos resultados e conclusões recebidos (BOGOVIZ et al., 2019).

Ao focarmos a atenção no movimento de transformação digital da indústria no Brasil, nota-se que os esforços e estudos a respeito desta temática ainda são bastante recentes (BRASIL, 2017; CNI, 2016). Segundo o IEL (2018), o país ainda não alcançou um consenso acerca de uma perspectiva e de uma estratégia a longo prazo, o que permitiria ao país a adoção de uma abordagem visando alavancar as oportunidades dos diferentes setores.

Ao analisar as estratégias propostas pelo Governo Federal, realizando um recorte de 2016 a 2020, destacam-se alguns esforços para a implantação da digitalização do parque fabril nacional, conforme exposto no Quadro 4.

Quadro 4 - Iniciativas mapeadas.

Ano	Iniciativas	Instituição
2016	Desafios para indústria 4.0 no Brasil	CNI
	Perspectivas de Especialistas Brasileiros sobre a Manufatura Avançada no Brasil	MCTIC e MICES
2017	Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil	MCTIC
	Inovação, manufatura avançada e o futuro da indústria	ABDI
	Oportunidades para a Indústria 4.0 – Aspectos da demanda e da oferta no Brasil	CNI
	Centro de Pesquisa em Engenharia em Manufatura Avançada	FAPESP
	Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades para o Brasil	IEDI
2018	Agenda Brasileira para a Indústria 4.0	MDIC e ABDI

Ano	Iniciativas	Instituição
	Indústria 2027	CNI, IEL, UNICAMP, UFRJ,
2019	Câmara Brasileira da Indústria 4.0	MCTIC
	Câmara Agro 4.0	MAPA e MCTIC
2020	Câmara da Saúde 4.0	MCTIC e MS
	C4IR - Centro Afiliado para 4ª Revolução Industrial	ME

Fonte: elaboração própria (2020).

Nota-se que as inúmeras propostas do governo brasileiro para a implantação da “Indústria 4.0” são pautadas no modelo alemão. A criação do “Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil”, em 2017, gerou a expectativa de que esse pudesse ter um documento balizador para orientar a ação dos agentes brasileiros. Seu objetivo é “propiciar condições de acesso e inserção das empresas brasileiras no ecossistema de manufatura avançada, com suporte da ciência, tecnologia e inovação para desenvolvimento de cadeias produtivas de setores econômicos estratégicos” (BRASIL, 2017, p. 13). Mesmo após três anos esse documento possui pouco conhecimento pela academia ou mesmo pelas empresas. Em uma breve busca no Google Acadêmico, nota-se que apenas 10 citações a ele são encontradas.

Entende-se que o balizamento pretendido, pelo documento supracitado, ainda não foi encontrado. Corroborando com esta afirmação a publicação do IEDI intitulada “A indústria do futuro no Brasil e no mundo” que faz uma forte crítica ao desenvolvimento do modelo indústria 4.0 no Brasil afirmando “que a indústria 4.0 é tão importante no Brasil que temos uma meia dúzia de planos nacionais, no MCTIC, na ABDI, no MDIC, dentre outros. Obviamente, quem tem meia dúzia, não tem nenhum” (IEDI, 2019, p. 26).

Somente no Brasil, Camargo e Mendonça (2017) identificaram 61 instituições que desenvolvem o tema Indústria 4.0. Dentre essas foram apontados 2 associações privadas, 6 fundações, 5 órgãos do governo, e 1 instituição privada desenvolvendo pesquisas em 5 estados, 1 organização social com 16 unidades credenciadas e 26 instituições de ensino superior. As instituições estão distribuídas em 11 unidades da federação, existindo uma concentração na região Sul e Sudeste, explicada pelo interesse da indústria no tema, provocando os pesquisadores e organizações a uma análise do impacto e/ou oferta de respostas às demandas que se apresentam. O projeto “mapeamento 4.0”, do MCTIC e do SENAI-DN, apresenta que o Brasil conta atualmente com 92 iniciativas à luz do Plano CT&I para Manufatura Avançada no Brasil – ProFuturo (BRASIL, 2021b).

Nota-se o grande volume de instituições que estão envolvidas no tema, porém observa-se que não há um ator em posição central de coordenação, isto é, um balizador entre os agentes dessa revolução. Suzigan e Furtado apontavam ainda em 2010 apontam que as instituições

brasileiras estão “aprisionadas” em suas rotinas antigas e estão “enfraquecidas” de maneira política e financeira (SUZIGAN; FURTADO, 2010). Nota-se que apesar da notável mudança institucional ocorrida no Brasil, marcada por ações como abertura da economia, privatizações, regulações, suas instituições pouco evoluíram não conseguindo ainda serem capazes de atuar em uma reorganização institucional, pelo agrupamento das estruturas, dos instrumentos e das competências.

O ambiente institucional brasileiro apresenta movimentos na tentativa de desenvolvimento de um sistema nacional de inovação, porém esse é ainda imaturo, quando comparados ao Alemão ou Norte Americano (DAUDT; WILLCOX, 2016). Há instituições de pesquisa e ensino construídas, mas que ainda não conseguem mobilizar contingentes de pessoal qualificado; as instalações de pesquisa no Brasil são predominantemente públicas; há baixa conexão entre a academia e o setor produtivo (IPEA, 2017). Nota-se que apesar dos fortes esforços e dos recentes investimentos - para o desenvolvimento de produtos, processos e/ou serviços inovadores dentro do escopo das linhas temáticas e tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 - há ainda uma grande dispersão e a ausência de foco, relativas a projetos estratégicos para o desenvolvimento econômico e social que garantam a confiabilidade interna e externa do país (IPEA, 2017).

Em relação as iniciativas da indústria, o levantamento realizado pela *Price Water* em 2016, constatou que apenas 9% das empresas brasileiras se classificam em nível avançado de digitalização e integração em diferentes áreas de suas empresas (PWC, 2016). A consultoria conclui que isso significa que as melhorias de desempenho esperadas pela Indústria 4.0 aqui no Brasil ainda não foram alçadas ou ainda estão em estágio muito incipiente. Julga-se que a baixa implantação da digitalização nas indústrias também é fruto de uma baixa conscientização acerca do tema. Heindl *et al.* (2016) notam que os gestores brasileiros têm dificuldades em compreender a utilidade operacional de soluções da Indústria 4.0 no âmbito de decisões de investimento. Contador *et al.* (2020) corroboram afirmando que a indústria 4.0 introduz mais complexidade no processo de manufatura, o que leva os gestores a ficarem inseguros sobre o investimento necessário em novos recursos, tecnologias mais adequadas, treinamento, o impacto que pode representar em seus modelos de negócios atuais e outros assuntos importantes para implementar os conceitos da Indústria 4.0.

Aliado a este baixo conhecimento sobre os possíveis benefícios da digitalização, coexistem preocupações como: a ausência de mão de obra qualificada; baixo nível de conhecimentos em tecnologias habilitadoras; falta de apoio político (regulações, propriedade

intelectual, burocracia, morosidade legislativa) e; baixa infraestrutura de internet no Brasil (redes tradicionais não inteligentes, *blackouts*) (HEINDL *et al.*, 2016).

Ao avaliar o fenômeno “indústria 4.0” no Brasil, uma característica do mercado industrial nacional deve ser avaliada: o número de multinacionais externas e as brasileiras que aumentou consideravelmente nos últimos anos. Somente no ano de 2015 houve o registro de 210 multinacionais, sendo 11 do setor primário, 120 do secundário e 79 do de serviços. Se antes elas se movimentavam para além das fronteiras em busca de novos mercados, hoje isso ocorre devido ao acesso a tecnologias, conhecimento e recursos (FLEURY; FLEURY, 2016). Neste contexto, um estudo realizado por Tortorella *et al.* (2019) aponta que embora as evidências da literatura sugiram que as economias desenvolvidas podem fornecer um cenário socioeconômico mais favorável para a adoção da Indústria 4.0, o crescimento das corporações transnacionais e suas abordagens de gestão padronizadas podem mitigar esse efeito socioeconômico. No entanto, os autores também sugerem que, se gerenciado adequadamente, um alto nível de implementação é viável, independentemente das barreiras socioeconômicas e desafios que os fabricantes possam enfrentar. Além disso, as características das empresas que favorecem níveis mais elevados de implantação também podem variar entre economias emergentes e desenvolvidas, enfatizando a importância de uma compreensão clara das especificidades socioeconômicas dos contextos.

A pesquisa intitulada “*Implementation of Industry 4.0 in Germany, Brazil and Portugal: Barriers and Benefits*”, realizada por Satyro *et al.* (2019) com empresários brasileiros de 246 empresas de diversos setores, indica que a estrutura e a cultura das empresas são a maior barreira interna para a implantação da Indústria 4.0. Tal fator é precedido dos altos custos, falta de benefícios claros, financiamento da tecnologia e custos para educação / treinamento adicional. O estudo também aponta fatores externos de barreira, trazendo condições como ausência de: discussões sólidas acerca da segurança de dados; vantagem fiscal para investimento; padronização técnica e; demanda por parte de clientes e fornecedores.

Contador *et al.* (2020) realizaram uma pesquisa com líderes de 39 empresas nacionais e multinacionais de manufatura sediadas no Brasil, que possuem iniciativas típicas da Indústria 4.0. Como resultado trazem 5 desafios a serem superados:

- infraestrutura das empresas deve melhorar muito para suportar as tecnologias necessárias à implantação da Indústria 4.0;
- são esperados altos investimentos, portanto, deve-se disponibilizar subsídios para auxiliar as empresas nesse processo;

- a dificuldade em mudar a cultura organizacional exige o envolvimento da gestão da empresa, bem como de seus líderes, tarefa que exige tempo, paciência, persistência e determinação;
- as novas tecnologias e novos conceitos trazidos pela Indústria 4.0 exigem a necessidade de novas habilidades de gestão, um desafio que universidades, acadêmicos, pesquisadores, consultorias e consultores devem se unir para cooperar no fornecimento de teoria e prática; por outro lado, é necessário que os líderes das empresas entendam que é importante aprender continuamente para se adaptar a um mundo em constante mudança;
- a implantação da Indústria 4.0 é um processo desafiador, com poucos exemplos a serem seguidos até o momento, dificultando o estabelecimento de um programa de investimento.

Nota-se que em ambas as pesquisas (CONTADOR et al., 2020; SATYRO et al., 2019), os resultados são estatisticamente conclusivos, e apontam desafios comuns se tratando de conscientização do mercado sobre importância, visto o grau de abstração que ainda se encontra o fenômeno, ausência de políticas governamentais de incentivo para subsídios de tecnologias e, falta de mão de obra qualificada seja em aspectos técnicos ou de gestão moderna.

2.3 INFRAESTRUTURA TECNOLÓGICA E SERVIÇOS TECNOLÓGICOS COMO ALICERCES DA INDÚSTRIA PARA DE CONSOLIDAÇÃO DO AVANÇO TECNOLÓGICO

Como apontado anteriormente, as tecnologias mudaram as estruturas industriais e sociais e permitiram a expansão comercial a nível mundial, fenômeno popularmente conhecido como globalização, que tem possibilitado a integração os *players* em nível mundial. O avanço das TICs, impulsionaram novos modelos de negócios, novos produtos, configurando um novo arranjo da governança e integração da cadeia produtiva. Com isso, as Cadeias Globais de Valor têm se tornado a forma predominante da organização da produção nos mais diversos ramos (PINTO; FIANI; CORRÊA, 2016).

Desta forma, exige-se cada vez mais uma padronização dos produtos, em observância às normas técnicas internacionais e processos produtivos submetidos a rígidos controles de qualidade. Neste cenário, as atividades nas áreas de metrologia, normalização e avaliação da conformidade constituem importantes estratégias para garantir o acesso ao mercado externo,

especialmente em razão do intenso uso de barreiras não-tarifárias e de barreiras técnicas pelos países desenvolvidos. Entende-se, também, que a inovação de tecnologia com alta qualidade pode promover um padrão de tecnologia e um padrão de tecnologia de alto nível, quando amplamente implementado, pode impulsionar a inovação tecnológica (JIANG et al., 2012).

Com a demanda crescente de produtos e serviços personalizados, característica da Indústria 4.0, aumentam também os requisitos de eficiência de recursos e a flexibilidade dos processos de produção atuais. Um grande desafio é como garantir a qualidade desses processos e produtos (LAZZARI et al., 2017). Desta forma, desenvolver a infraestrutura tecnológica nacional, (padronização, acreditação, avaliação de conformidade, metrologia, segurança técnica de produtos e fiscalização do mercado – denominadas no contexto brasileiro de “tecnologias básicas”) é fundamental para que se mantenham as relações de confiança e segurança entre produtores e consumidores (PTB, 2017a).

2.3.1 Estratégia Nacional de Infraestrutura Tecnológica

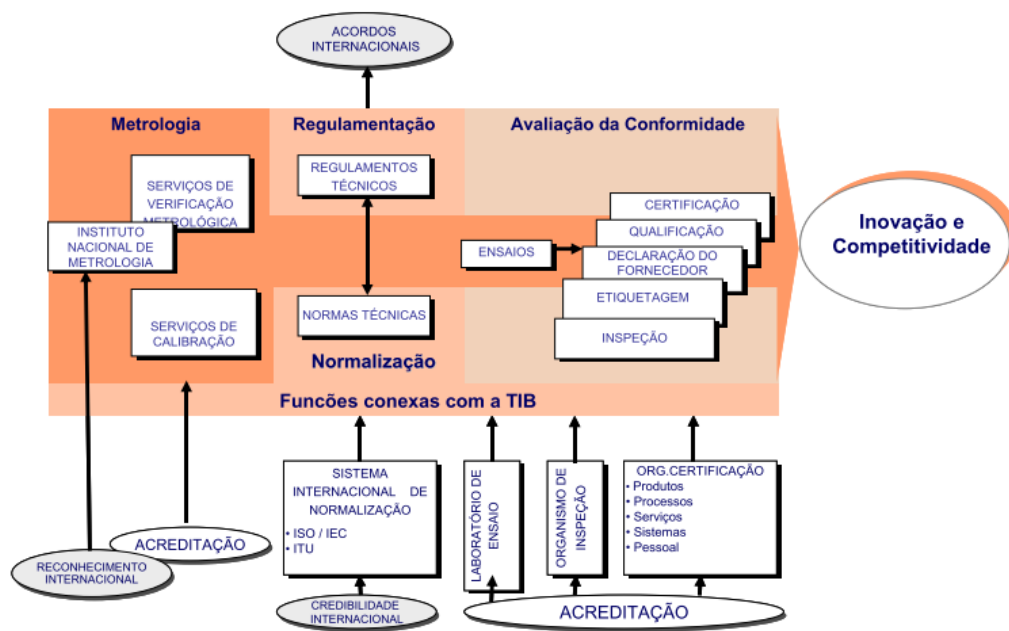
O Brasil ao enfrentar barreiras técnicas comerciais, no final da década de 70, com o surgimento de um novo patamar de competição industrial proporcionado pela abertura de mercados, levou o governo brasileiro a criar o programa de “Tecnologia Industrial Básica (TIB) e serviços tecnológicos para a inovação e competitividade”. O objetivo era montar, expandir e melhorar, com visão de conjunto e abordagem estratégica, a infraestrutura tecnológica necessária para a indústria brasileira (CNI, 2005; FLEURY, 2007). Juarez Távora Veado, ex-presidente do Inmetro e um dos criadores do Programa TIB, esclarece, apud Dias (2007), que é “Tecnologia” porque trata do conhecimento aplicado; “Industrial” no sentido *lato* do termo indústria (transformação da natureza pela ação humana) e; “Básica” porque é de uso indiferenciado por todos os setores da economia.

As funções da TIB estão diretamente relacionadas à forma pela qual os diferentes atores econômicos estabelecem canais de comunicação e interação entre si, por meio da criação de códigos de linguagem técnica comuns. Ao identificar as peculiaridades entre as organizações produtivas, no nível intra e inter setorial, as atividades de padronização técnica asseguram uma intensificação da coordenação existente no conjunto da economia, aumentando a possibilidade de planejamento e organização da produção (ACOSTA, 2008).

Desta forma, conforme a Figura 3, nota-se que as funções de infraestrutura técnica se inserem desde o momento da geração de tecnologia nos ramos industriais e de serviços, com

participação da metrologia, passando pela normalização e regulamentação técnica, e avaliação da conformidade, chegando à efetiva utilização e difusão da tecnologia. Esse caminho também pode ser feito diretamente por meio de outras funções da TIB como a informação tecnológica, tecnologias de gestão e de propriedade intelectual.

Figura 3 - Organização das funções do programa TIB



Fonte: Brasil (2001).

Avalia-se que nos últimos 40 anos o Brasil evoluiu muito sua Infraestrutura Tecnológica. Extrapolou a fase inicial de criação de uma capacidade laboratorial, implantação de serviços de informação tecnológica e difusão da gestão de qualidade, para alcançar o estágio, que busca a harmonização dos sistemas de metrologia, normalização e avaliação da conformidade com outros países; a ampliação do grau de proteção à propriedade intelectual e a difusão das tecnologias de gestão (CNI, 2005; DIAS, 2007). Apesar destes progressos, há de se ressaltar que as necessidades e prioridades se modificam, com os próprios avanços tecnológicos e com as mudanças de paradigma e na economia do País e do mundo. Desta forma,

Não há como imaginar um cenário futuro sem agregação constante de conteúdos tecnológicos a produtos e serviços e sem, portanto, um deslocamento contínuo da fronteira entre os requisitos 'básicos' do funcionamento do setor produtivo e as inovações que apenas o empreendedor individual pode conceber e em que apostará seu capital (DIAS, 2007, p. 191)

Assim, julga-se que, para que países em desenvolvimento, como o Brasil, que visam aumentar o seu número de exportações de produtos de maior valor agregado e ampliar a capacidade de penetração dos produtos nacionais em mercados externos mais sofisticados,

intensificar as ações nas áreas associadas à TIB, sobretudo as estratégias voltadas para a ampliação do Sinmetro, seja fundamental (CONMETRO, 2017).

A seguir é apresentada uma análise das funções da TIB.

2.3.1.1 *Metrologia*

A metrologia é definida pelo Conmetro como a ciência da medição e suas aplicações e tem como foco principal prover e garantir a confiabilidade, credibilidade, universalidade e qualidade às medições (CONMETRO, 2017). Na sua essência, a metrologia pode ser considerada um conjunto de metodologias associadas às ciências e engenharias, visando prover confiança às medições, bem como desenvolver medições mais exatas e de validade e aceitação mais amplas. A metrologia lida com conhecimentos de várias disciplinas e envolve sistematização, protocolos de trabalho documentação de informações tudo isto estruturado num complexo sistema de nível internacional, regional e nacional, o qual está em contínuo aperfeiçoamento (CNI, 2005)

A metrologia pode ser classificada em: **científica**, que utiliza de instrumentos laboratoriais, pesquisas e metodologias científicas, que têm por base os serviços de calibração que verificam padrões de medição nacionais e internacionais, para o alcance de altos níveis de qualidade; **industrial** cujos sistemas de medição controlam processos produtivos industriais e são responsáveis pela garantia da qualidade dos produtos acabados e; **legal** que está relacionada a requisitos técnicos obrigatórios com exigências nas áreas de saúde, segurança e meio ambiente (CNI, 2002a)

Destaca-se que a demanda por medições exatas e confiáveis tem crescido não só no setor industrial e naquelas atividades relacionadas ao comércio, seja interno ou internacional, mas, também, nas áreas da saúde e segurança, da proteção do meio ambiente, das comunicações, do agronegócio e em todos os campos da ciência e engenharia (CNI, 2005; TIRONI, 2016b).

Julga-se que a credibilidade e a eficácia dos sistemas nacionais de metrologia científica e industrial dependem da existência de laboratórios que: garantam a realização e a uniformização das unidades de medidas do Sistema Internacional de Unidades e a consequente rastreabilidade das medições; atendam aos requerimentos da indústria e; realizem a verificação metrológica para o atendimento aos requisitos do comércio nacional e internacional (BRASIL, 2001).

Ela é utilizada em todos os setores da economia (indústria, comércio, agricultura e serviços) sendo considerada essencial para a geração e harmonização de produtos e processos (FERREIRA, 2009). Entende-se que possuir uma infraestrutura metrológica eficiente é a base de uma economia e sociedade estáveis e bem-sucedidas (PTB, 2017a).

2.3.1.2 Normatização, Regulamentação técnica e Avaliação da Conformidade

Esse componente compreende as normas e regulamentos técnicos que visam instituir regras comuns estabelecidas pelas partes interessadas visando obter requisitos mínimos para que produtos, processos e profissionais atendam determinados padrões. Julga-se que esse é um dos instrumentos básicos para a organização da produção, assim como para a racionalização dos mercados. Por meio dessa componente induz-se à economia de escala, promove-se a inovação e codifica-se instruções técnicas em sistemas estruturados de informação (FERREIRA, 2009).

A normalização é, portanto, atividade exercida visando à solução de problemas e, especialmente, à sua prevenção. Busca reunir e registrar o melhor resultado obtido a partir da troca de conhecimento entre os diversos interessados, evitando que outros errem naquilo que já se encontrou uma solução (OLIVEIRA, 2015).

Estas atividades, em virtude da intensificação do comércio internacional, têm adquirido importância crescente como instrumentos fundamentais para a competitividade e o desenvolvimento tecnológico, havendo uma tendência à crescente internacionalização e integração entre as funções tecnológicas envolvidas. Entretanto, o resultado da normalização, de modo geral, passa quase imperceptível aos olhares da sociedade como um todo. Os valores estabelecidos para tipos de papéis, tamanhos de portas e janelas, e o encaixe perfeito das lâmpadas com os mesmos bocais, independentemente do lugar onde estejam instalados, não surpreendem e costumam ser vistos como algo normal, resultante do processo produtivo (DIAS, 2007).

A avaliação da conformidade avalia sistematicamente a conformidade de um produto, processo ou serviço em relação a requisitos especificados (BRASIL, 2001). Tal processo pode ser voluntário ou compulsório, e está fortemente ligado a normas e regulamentos. Alguns serviços que fazem parte deste processo são: amostragem; ensaio e inspeção; certificação, registro; aprovação; bem como suas combinações (REIS, 2018; TIRONI, 2019).

Essa atividade como parte da metrologia legal beneficia a indústria e os prestadores de serviços que por meio da garantia da conformidade de seus produtos, processos, conseguem superar barreiras técnicas e comerciais aumento a competitividade, através da redução de custos e de desperdícios. Além disso, cita-se também como benefícios: informação ao consumidor em quesitos de saúde, segurança e meio ambiente; apoio a concorrência justa; facilitação do comércio internacional (INMETRO, 2017).

O processo de avaliação de conformidade é composto por três partes: o fornecedor (1ª parte), o comprador (2ª parte) e o organismo independente de avaliação da conformidade (3ª parte) que deve ser acreditado, ou seja, necessita ter o reconhecimento formal, concedido por um organismo autorizado, de que a entidade foi avaliada, segundo guias e normas nacionais e internacionais e tem competência técnica e gerencial para realizar tarefas específicas de avaliação da conformidade (BRASIL, 2001; INMETRO, 2017).

2.3.1.3 *Funções conexas*

Assim como as funções essenciais da TIB, que são tratadas pelo Acordo sobre Barreiras Técnicas ao Comércio, as funções conexas têm seu papel de destaque no comércio internacional, sendo objeto do Acordo sobre Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual, que destaca as funções de propriedade intelectual e informação tecnológica. Esse destaque pode ser entendido a partir da análise de cada um dos serviços de infraestrutura tecnológica, conforme resumidamente apresentados a seguir.

A *propriedade intelectual* trata de todas as criações de caráter técnico, comercial e artístico como invenções, desenho industrial, marcas e indicações geográficas, por exemplo, pintura, música, escultura, literatura, e novos segmentos como os ligados à informática (BRASIL, 2001). No Brasil, o Instituto Nacional de Propriedade Intelectual - INPI é a instituição responsável pela gestão do Sistema da Propriedade Industrial (SPI). Entre os serviços do INPI, estão os registros de marcas, desenhos industriais, indicações geográficas, programas de computador e topografias de circuitos, as concessões de patentes e as averbações de contratos de franquia e das distintas modalidades de transferência de tecnologia

A *informação tecnológica*, com foco no setor produtivo, constitui o elo integrador dos diferentes conhecimentos básicos e especializados sobre tecnologias de processos e de gestão (BRASIL, 2001). Ela é de grande importância principalmente no ambiente econômico atual

marcado pela incorporação de novas tecnologias de produto e processo em escala crescente, devido ao seu valor estratégico cada vez mais acentuado.

As *tecnologias de gestão* compreendem uma área que confere mais visibilidade ao conjunto das disciplinas da TIB, pois lidam, em sua essência, com a função qualidade, focando inicialmente a diminuição das variabilidades do processo produtivo e a qualidade do produto, estendendo-se aos domínios da governança corporativa no mais amplo sentido (BRASIL, 2001; CNI, 2005).

Destaca-se que a demanda crescente por inovação, se traduz no aumento da demanda por projetos de P&D e conseqüentemente por serviços tecnológicos (SILVA, 2007). Desta forma, para que essa estrutura de tecnologia industrial básica seja funcional é necessário que se tenha uma organização dos atores que integram a chamada infraestrutura tecnológica voltada para a qualidade e inovação (MELO, 2014)

2.3.2 Serviços tecnológicos

Entende-se que serviços estão embutidos em todos os setores e todos incluídos no mercado são prestadores de serviços, apontando a grande abrangência deste tipo de negócio (MATHIEU, 2001). Os serviços são fundamentais para a atividade econômica em qualquer sociedade. Em uma economia industrializada, empresas especializadas podem prestar serviços aos setores de manufatura de forma mais barata e eficiente do que se as próprias indústrias realizassem o serviço. (FITZSIMMONS; FITZSIMMONS, 2014).

Mathieu (2001) elucida que há benefícios estratégicos, financeiros e mercadológicos na oferta de serviço. Oliva e Kallenberg (2003) complementam definindo que há três fatores principais para o oferta de serviços. O primeiro é de cunho econômico: os serviços, em geral, têm margens mais altas que os produtos e fornecem uma fonte de receita mais estável, pois são resistentes aos ciclos econômicos que impulsionam o investimento e a compra de equipamentos. O segundo é com relação ao mercado: os clientes estão exigindo mais serviços, principalmente com o aumento da complexidade tecnológica. E terceiro, os serviços, por serem menos visíveis e mais dependentes de mão-de-obra, são muito mais difíceis de imitar, tornando-se uma fonte sustentável de renda e vantagem competitiva.

Entende-se que há uma grande relação entre a manufatura e a prestação de serviços. Aponta-se como exemplos: distribuição de bens, reparo, treinamentos, pós-venda e

financiamento (MATHIEU, 2001). Por exemplo, uma máquina industrial pode ser transformada em um serviço para um cliente, contanto que atenda às demandas exigidas por este.

Este trabalho aborda os serviços tecnológicos compostos pelos serviços de metrologia, calibração, inspeção, certificação e acreditação. Tirone (2016b) justifica que o tratamento separado destes em relação ao conjunto maior de serviços técnico-científicos que compõem a TIB é devido à natureza do seu papel não só junto ao sistema de inovação, mas também junto ao sistema econômico. Estes serviços são um requisito básico da atividade industrial para garantir a intercambiabilidade de peças e a fidelidade dimensional de materiais (química) e de desempenho do produto ao projetado e contratado (TIRONI, 2016b).

De maneira mais clara, os serviços tecnológicos são aqueles minimamente essenciais para o desenvolvimento da atividade produtiva de acordo com os requisitos do mercado (com vistas à supressão de barreiras técnicas e comerciais), sendo estes prestados pelas demais organizações do sistema de inovação. Estes serviços englobam ensaios, testes, análises, calibração de máquinas e equipamentos, normas técnicas, certificação de conformidade, inspeção. Além desses, constam também aqueles serviços tecnológicos mais relacionados a serviços de simulação, prototipagem, CAD/CAM/CAE e automação industrial. Portanto, os serviços tecnológicos amparam a indústria no desenvolvimento de diversas atividades de inovação.

Apesar de entrelaçadas às atividades de P&D&I as atividades de prestação de serviços tecnológicos são distintas a estas, pois as primeiras são caracterizadas pelo longo prazo em um ambiente, normalmente, de cooperação (redes cooperativas de pesquisa). Já os serviços são imersos em um ambiente competitivo, caracterizado pela disponibilidade imediata ou de curto prazo. Desta forma, são influenciados, assim como qualquer outro negócio, por fatores econômico-financeiros, socioambientais, políticos-legais e tecnológicos. Por exemplo, o baixo desempenho econômico derivado do resultado da produção de bens de consumo no mercado interno impacta negativamente, mesmo que de modo indireto, a demanda por serviços tecnológicos. Assim, esses prestadores necessitam estabelecer estratégias competitivas sustentáveis, além de práticas e técnicas de gestão que garantam a eficiência operacional sem prejuízo da qualidade e do nível de atendimento (SILVA, 2007).

Os serviços tecnológicos evoluem impulsionados pelas: tradicionais necessidades do sistema econômico relativas à asseguarção da qualidade e intercambiabilidade necessária ao comércio; barreiras técnicas nas relações comerciais; demanda da sociedade por bens que garantam boas condições sanitárias, segurança, saúde, sustentabilidade ambiental; emergência

de novas tecnologias como as de informação e comunicação; novos materiais, biotecnologia, nanotecnologia e novas fontes energéticas. As políticas públicas e a ação governamental ecoam as demandas da sociedade e amplificam a demanda por serviços tecnológicos (TIRONI, 2016b).

No Brasil, a última Pesquisa da Demanda Nacional por Serviços Tecnológicos (PDNST) foi realizada em 2002 pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), com o apoio de Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). Baseada em 627 empresas de pequeno, médio e grande porte em 21 setores industriais no país, identificou as principais dificuldades enfrentadas por essas empresas na contratação de serviços tecnológicos. Na ocasião 33% reclamaram de preços altos, 16% de desconhecimentos e falta de informação, 14% de prazos, 11% de distância e 8% de excesso de burocracia. Foram identificadas algumas particularidades nos resultados estratificados por porte da empresa. Preços elevados, por exemplo, é uma reclamação comum entre as empresas de menor porte, bem como o desconhecimento e falta de informação. Por outro lado, os longos prazos são reclamações mais comuns entre as grandes empresas que entre as pequenas e médias empresas (CNI, 2002b).

2.3.2.1 Infraestrutura nacional de serviços tecnológicos

Entende-se que a infraestrutura nacional de serviços tecnológicos seja um sistema que representa a base requerida por qualquer país para promover o seu desenvolvimento econômico e tecnológico, garantindo-lhes suprir as demandas de serviços básicos impostas por mercados competitivos (REIS, 2018). Tironi (2016a, p. 19) afirma que a “infraestrutura de serviços tecnológicos é uma porta de entrada da firma em ambientes de pesquisa e desenvolvimento tecnológico”. No Brasil diversos são os atores deste sistema. Reis (2018) e Melo (2014) citam:

- organismo nacional de normalização, entidade que reúne interesses e desenvolve normas para diversos setores. No Brasil é representada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT;
- Instituto Nacional de Metrologia, entidade responsável por realizar, manter e disseminar as unidades de medida de um país, assegurando sua rastreabilidade às unidades do Sistema Internacional de Unidades (SI). No Brasil é representada pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro, vinculado à Secretaria Especial de Produtividade, Emprego e Competitividade, do Ministério da Economia;

- organismos de certificação, garantem que determinados produto, serviço, sistema, processo ou material de referência está em conformidade com normas ou com um conjunto de especificações técnicas predeterminadas. Para garantia da credibilidade a certificação é realizada por organismos de terceira parte⁵;
- organismo nacional de acreditação, autoridade que atesta a competência técnica de uma organização para desenvolver uma determinada atividade (como calibração, ensaio, certificação);
- laboratório de calibração, opera com o propósito de assegurar que calibrações e medições realizadas são confiáveis (para determinado nível de incerteza declarado);
- laboratórios de ensaio e organismos de inspeção verificam a conformidade de produtos em atendimento a normas e regulamentação técnicas. Ensaio e inspeções são normalmente utilizados por fabricantes, clientes, reguladores e comerciantes para examinar conformidade a normas;
- organismo de avaliação da conformidade (OAC), um organismo acreditado por um organismo (independente) para realizar serviços de avaliação da conformidade. Avaliação da conformidade é a atividade que determina se produtos, processos, serviços e sistemas preenchem os requisitos para os quais foram especificados.

O Brasil conta com o Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - Sinmetro, constituído por entidades públicas e privadas, que exercem atividades relacionadas com metrologia, normalização, qualidade industrial e certificação da conformidade. O Sinmetro conta com uma infraestrutura de serviços tecnológicos capaz de avaliar e certificar a qualidade de produtos, processos e serviços por meio de organismos de certificação, rede de laboratórios de ensaio e de calibração, organismos de treinamento, organismos de ensaios de proficiência e organismos de inspeção, todos acreditados pelo Inmetro. Essa estrutura está formada para atender às necessidades da indústria, do comércio, do governo e do consumidor. O Quadro 5 apresenta as principais organizações que compõem o Sinmetro.

⁵ É considerada de terceira parte o organismo que avalia e não possui interesse comercial no produto.

Quadro 5 - Principais organizações que compõem o Sinmetro.

Organismo	Composição
Conmetro	- Ministros de Estado da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, que o presidirá; da Justiça e Segurança Pública; da Defesa; das Relações Exteriores; da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; da Educação; do Trabalho; da Saúde; da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações; do Meio Ambiente; e das Cidades; - Presidente do Inmetro; - Presidentes da ABNT, CNI, Instituto de Defesa do Consumidor – IDEC, Confederação Nacional do Comércio de Bens, Serviços e Turismo – CNC
Comitês Técnicos - submetidos ao Conmetro	Seis no total. São eles: Normalização, Avaliação da Conformidade, Metrologia, Codex Alimentarius do Brasil, Coordenação de Barreiras Técnicas ao Comércio, Regulamentação.
Inmetro	Atua como Secretaria Executiva do Conmetro. Atualmente é composto por seis diretorias e três coordenações.
Organismos de Certificação Acreditados	A base do Inmetro conta atualmente com 234 organismos que certificam produtos, sistemas de gestão (ambiental, qualidade, manejo de florestas, segurança de alimentos, responsabilidade social, entre outros)
Organismos de Inspeção Acreditados	A base do Inmetro conta atualmente com 814 organismos de inspeção sendo estas de eficiência energética de edificações, empreendimentos de infraestrutura, ensaios não destrutivos, instalações prediais com gás combustível, produtos perigosos, segurança veicular e veicular.
Organismo Provedor de Ensaio de Proficiência Credenciado	17 organismos reconhecidos pela Cgcre do Inmetro
Laboratórios acreditados de Calibrações e Ensaios	Rede Brasileira de Calibração – RBC, composta por 446 laboratórios Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios – RBLE, composta por mais de 1.200 laboratórios
Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT	Composta por 255 comitês normativos, conta com 8.593 normas publicadas e 875 projetos em normas para consulta nacional.
Institutos Estaduais de Pesos e Medidas – IPEM	Motivado pela grande extensão territorial, o Inmetro optou por um modelo descentralizado, delegando a execução do controle metrológico aos Órgãos Metrológicos Estaduais que compõe a Rede Brasileira de Metrologia Legal e Qualidade - Inmetro (RBMLQ-I) composta por 26 órgãos metrológicos regionais, sendo 23 órgãos da estrutura dos governos estaduais, 1 órgão municipal, e os 2 restantes administrados pelo próprio Inmetro
Redes Metrológicas Estaduais	São associações civis, de direito privado, sem fins lucrativos, de interesse público, que reúnem laboratórios de calibração e de ensaios, com o objetivo de fortalecer as suas infraestruturas para apoiar o sistema produtivo da região. No Brasil são 16 redes no total

Fonte: adaptado de ABNT (2020), Inmetro (2020), Reis (2018) e Melo (2014).

Além do Sinmetro, o Brasil também conta com agências reguladoras em nível federal, estadual e municipal, que são responsáveis por regular e/ou fiscalizar a atividade de determinado setor da economia. Cita-se como exemplos: Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa); Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS); Departamento Nacional de Trânsito (Denatran); Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT); Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP); Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama); Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama).

O arcabouço institucional da prestação de serviços tecnológicos no Brasil é consistente e tem condições de responder ao crescimento da demanda. A infraestrutura laboratorial da prestação de serviços tecnológicos conta com provedores de elevado grau de capacitação. É bastante diversificada em termos das especificidades jurídicas dos agentes, que podem ser empresas privadas, instituições públicas de ensino, de pesquisa científica e tecnológica, fundações privadas ou públicas, e suas combinações (TIRONI, 2016b).

Com relação aos prestadores destes serviços tecnológicos estes podem ser de primeira, segunda ou terceira parte. Tal classificação é baseada no agente econômico:

- primeira parte: é realizado dentro das indústrias, por meio de laboratórios próprios do fabricante ou do fornecedor do produto. Nele, a marca realiza testes preliminares de qualidade em seus processos, produtos em relação a requisitos especificados.
- segunda parte: é feita pelo comprador, ou seja, o fabricante vai até o laboratório diretamente, sem a indicação de Organismos de Certificação de Produtos (OCPs). Esse contato normalmente acontece quando clientes procuram fazer pré-testes (ensaios não oficiais para certificação), desenvolvimento de novos produtos, alterações em layouts, novas matérias-primas etc.
- terceira parte: é feita por uma organização previamente acreditada, com independência em relação ao fornecedor e ao cliente. Nesta o reconhecimento da conformidade é feito por um organismo acreditado pelo INMETRO. Grande parte destes prestadores, no Brasil, estão situados em Instituições de Ciência e Tecnologia, como universidades e fundações.

O Brasil possui uma estrutura produtiva diversificada e, ainda que tenha estruturado um sistema de normalização, certificação e acreditação, seus procedimentos nestes campos basicamente repetem os procedimentos das economias industrial e tecnologicamente mais maduras (TIRONI, 2014).

Apesar dos grandes aportes realizados em infraestrutura de serviços tecnológicos, a exemplo do programa SIBRATEC – Sistema Brasileiro de Tecnologia⁶ decretado em 2007 pelo Governo Federal para apoiar o desenvolvimento tecnológico do setor empresarial nacional,

⁶ Decreto número 6.259, de 20 de novembro de 2007, que instituiu o Sibratec. Sua finalidade é apoiar o desenvolvimento tecnológico do setor empresarial nacional, por meio da promoção de atividades de pesquisa e desenvolvimento de processos ou produtos voltados para a inovação, e a prestação de serviços de metrologia, extensão, assistência e transferência de tecnologia.

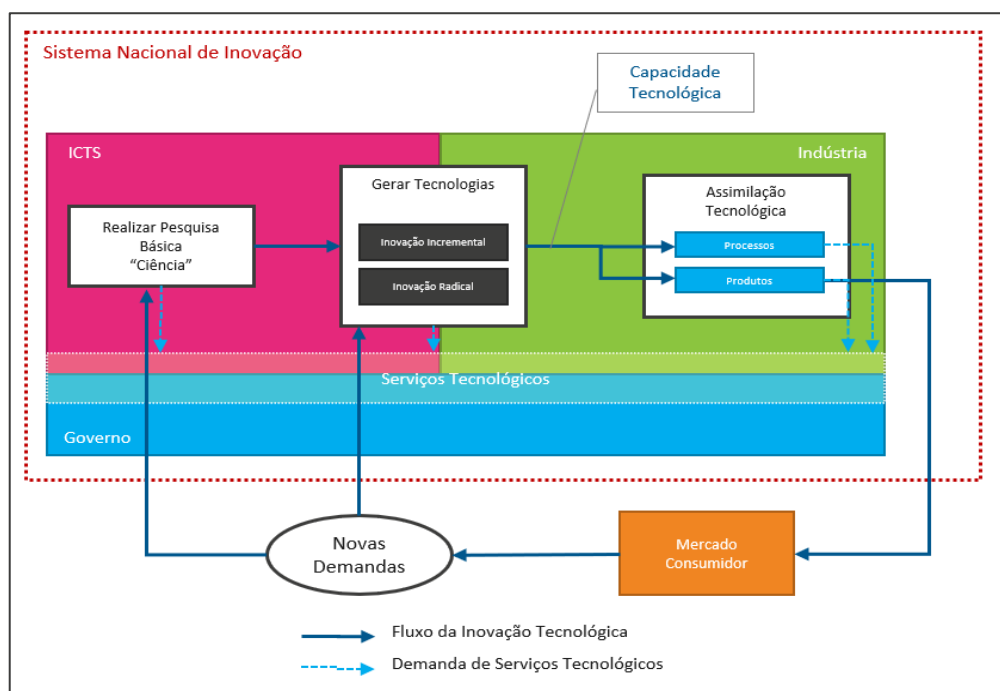
atualmente a “TIB” distanciou-se da representatividade que respondesse ao escopo de tantas necessidades (TIRONI, 2016a). As novas políticas de inovação, como o Novo Marco Legal - Lei 13.243/2016 ao invés de apontar a importância da TIB afastaram a sua atenção, muito provavelmente por estarem focadas apenas na inovação no núcleo da firma. Desta forma os serviços tecnológicos passaram a ter um papel subsidiário no Sistema Nacional de Inovação.

2.4 RESUMO TEÓRICO: UMA ESQUEMATIZAÇÃO DA TEORIA EM FORMA DE UM MODELO ANALÍTICO

Dada a multidisciplinaridade do tema inovação, visando reduzir a complexidade do fenômeno por meio da sua racionalidade, é proposto como resultado da revisão da literatura, um modelo analítico para ilustrar o processo de correlação entre a inovação tecnológica, indústria e serviços tecnológicos – três dimensões principais dessa pesquisa.

Tal modelo visa apresentar as principais características do processo inovativo tecnológico de maneira sintética facilitando a compreensão do assunto por meio da combinação dos componentes distintos. Desta maneira, ilustra-se um esquema, que permite novos *insights*, facilita o reconhecimento de oportunidades, e, ao mesmo tempo, altera a forma como os atores se veem e se percebem em seu ambiente. O modelo proposto, é apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Modelo analítico dos componentes de estudo.



Fonte: Elaboração própria (2020).

Como pode ser observado na Figura 4, o processo de inovação tecnológica é *embedded*, *path dependent*, interativo e cumulativo no que se refere à sua trajetória (MALERBA, 1992; NELSON; WINTER, 2005). Desta forma, sua estruturação depende do local onde acontece, das características que o antecedem e dos interesses dos atores envolvidos.

Não há necessariamente um único ponto fundamental de início para o processo inovativo, desta forma, entende-se que a exploração de uma inovação tecnológica pode partir de uma necessidade vinda do mercado (*demand-pull*) ou como um fator autônomo do processo inovativo (*technology-push*) (DOSI, 1982; FREEMAN, 1979). Em ambos os casos a inovação tecnológica parte do aprofundamento do conhecimento científico, que leva a determinadas descobertas ou invenções. Tal característica é a condição fundamental para o progresso técnico, que guiará um paradigma tecnológico específico, resultando em trajetórias tecnológicas que melhoram a tecnologia correspondente às necessidades existentes dos usuários da tecnologia (AREND, 2012; FREEMAN; PEREZ, 1988; PÉREZ, 2005). No curto prazo surgem novas inovações incrementais, devido ao atendimento das necessidades reais de controle e aperfeiçoamento do processo de melhoria tecnológica ao longo de trajetórias tecnológicas (DOSI, 1982, 1988a).

Destaca-se a importância dos sistemas nacionais de inovação, que devem ser vistos como mais do que estruturas de interação; eles são repositórios de vários recursos dos quais as empresas dependem em suas atividades de inovação e abrigam várias instituições que as influenciam. Pesquisa empírica mostra como a inovação bem-sucedida depende de uma série de fatores diferentes, como conhecimento, habilidades, recursos financeiros, demanda e assim por diante, que em grande medida foram considerados como fornecidos dentro da nação (EDLER; FAGERBERG, 2017; FREEMAN, 2004, 1987).

Tais inovações ao serem assimiladas pelas indústrias modificam os produtos e processos, que podem implicar também novas formas de gestão, novos mercados e/ou novos insumos de produção (FIGUEIREDO, 2005). Firms que possuem uma boa capacidade tecnológica possuem os recursos necessários para gerar e gerir mudanças tecnológicas por meio de seus indivíduos, suas aptidões, conhecimentos e experiência, e aos seus sistemas organizacionais (BELL; PAVITT, 1993). Tais organizações possuem um sistema (tecido) organizacional composto por estratégias gerenciais, procedimentos e rotinas organizacionais que induzem a geração, assimilação, acumulação de conhecimentos para oportunizar inovações (NELSON; WINTER, 2005).

Ao assimilar uma nova tecnologia e incorporá-la a seu processo produtivo - por meio de inúmeras inovações incrementais, possibilitando a entrega de um produto com as características desejadas pelo consumidor - as organizações devem garantir a qualidade dos seus processos e a confiabilidade de seus produtos para que os mesmos possam ser comercializados no mercado nacional e/ou internacional (CARVALHO; PALADINI, 2012; DIAS, 2007).

Desta forma, é necessário que o país possua uma infraestrutura de serviços tecnológicos capaz de atender a essa demanda (padronização, acreditação e avaliação de conformidade, metrologia, segurança técnica de produtos e fiscalização do mercado – denominadas no contexto brasileiro de “tecnologias básicas”) para que se mantenham as relações de confiança e segurança entre produtores e consumidores (PTB, 2017).

No Brasil, o Sinmetro conta com uma infraestrutura de serviços tecnológicos capaz de avaliar e certificar a qualidade de produtos, processos e serviços por meio de organismos de certificação, rede de laboratórios de ensaio e de calibração, organismos de treinamento, organismos de ensaios de proficiência e organismos de inspeção, todos acreditados pelo Inmetro.

Esse caminho de evolução tecnológica é contínuo e evolutivo. Nota-se que os serviços tecnológicos são essenciais ao longo de todo o ciclo de inovação tecnológica, da pesquisa científica ao controle do processo de produção, passando pelo desenvolvimento, ensaio e patenteamento do produto inovador, além de avaliar continuamente a conformidade em relação a requisitos especificados por normas e regulamentos técnicos. Entende-se que estes serviços cumprem um papel fundamental para a consolidação do avanço tecnológico produzido pela geração de tecnologia em um produto ou processo. A partir da pesquisa básica, se viabiliza a inovação que, por sua vez, no contexto de um ciclo produtivo, impacta na melhoria da qualidade de bens e serviços, gera novas demandas e estimula o mercado.

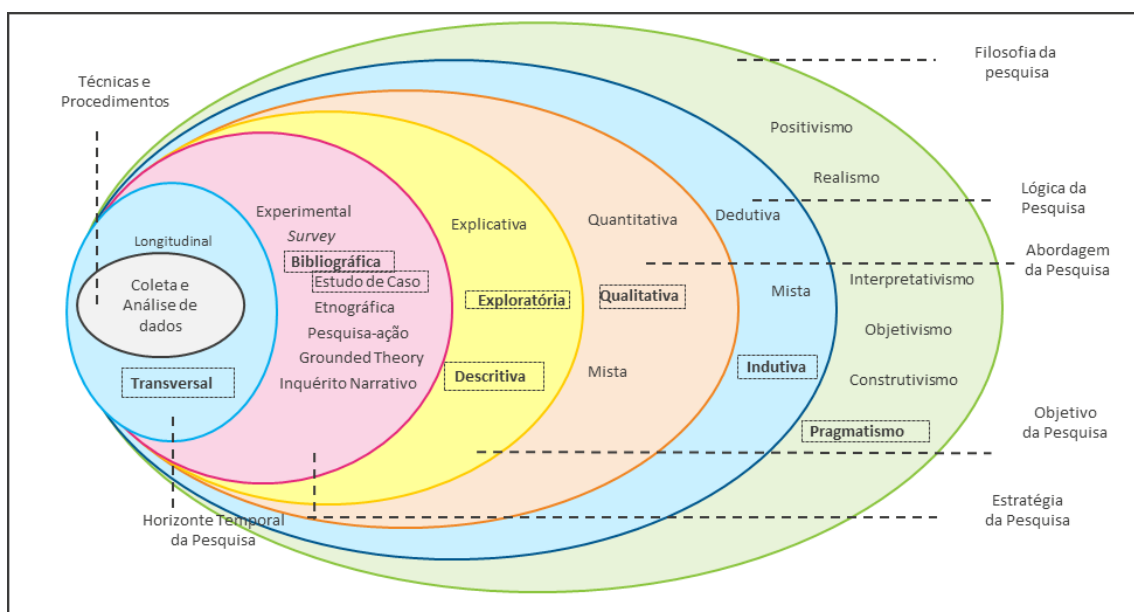
3 METODOLOGIA

Após a definição do problema de pesquisa, objetivo geral e específicos e busca de referencial teórico sobre o tema proposto, apresenta-se a metodologia aplicada neste trabalho. Este capítulo apresenta a abordagem e natureza da pesquisa, suas delimitações, os procedimentos de coleta, tratamento e análise dos dados, bem como as limitações do estudo.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Para se adquirir certo conhecimento científico, é necessário conhecer as construções mentais que possibilitem atingir os objetivos almejados. Lakatos e Marconi (2003) definem que o conhecimento científico deva ser real, sistemático, verificável, falível, e contingente. Assim, para que o conhecimento possa se denominar “científico” é fundamental identificar quais operações mentais e técnicas foram utilizadas para validar a sua veracidade. Existem diferentes tipos de pesquisa científica que podem ser classificadas de acordo com sua finalidade, propósito e métodos para coleta de dados. As abordagens de pesquisa são planos e procedimentos de pesquisa que abrangem as etapas, desde suposições amplas até métodos detalhados de coleta, análise e interpretação de dados (CRESWELL; CRESWELL, 2018). Nesse sentido, a Figura 5 explana todas as escolhas metodológicas realizadas seguindo o modelo de delineamento de pesquisa proposto por Saunders, Lewis e Thornhill (2016).

Figura 5 - Classificação da pesquisa.



Fonte: Adaptado de Saunders, Lewis e Thornhill (2016).

Os próximos tópicos apontam a justificativa para cada posicionamento adotado pela pesquisadora.

3.1.1 Filosofia da pesquisa

A *filosofia* da pesquisa refere-se a um sistema de crenças e suposições sobre o desenvolvimento do conhecimento em um campo específico. Saunders, Lewis e Thornhill (2016) apontam a necessidade de pesquisadores de negócios e gestão estarem cientes dos compromissos filosóficos que assumem por meio da escolha da estratégia de pesquisa, pois isso terá um impacto significativo sobre o que fazem e como entendem o que estão investigando. Dado ao objetivo desta pesquisa, a mesma se caracteriza como pragmática visto que os conceitos são relevantes apenas onde apoiam a ação (KELEMEN; RUMENS, 2011). A partir dessa perspectiva, a pesquisadora se esforça para conciliar objetivismo e subjetivismo, fatos e valores, conhecimento preciso e rigoroso e diferentes experiências contextualizada. Isso é feito considerando teorias, conceitos, ideias, hipóteses e resultados de pesquisa não de forma abstrata, mas em termos dos papéis que desempenham como instrumentos de pensamento e ação e em termos de suas consequências práticas em contextos específicos (SAUNDERS; LEWIS; THORNHILL, 2016).

O pragmatismo se mostra uma filosofia capaz de ajudar os estudiosos da área organizacional a explorar e interrogar a inter-relação entre racionalidade, conhecimento e práticas cotidianas (KELEMEN; RUMENS, 2011). Como os pragmáticos estão mais interessados em resultados práticos do que em distinções abstratas, suas pesquisas podem ter uma variação considerável em termos de quão 'objetivista' ou 'subjetivista' devem ser, o que acaba dependendo da qualidade dos dados, dos objetivos e das características dos próprios pesquisadores (CRESWELL; CRESWELL, 2018).

3.1.2 Lógica da pesquisa

A *lógica* desta pesquisa, segundo classificação de Lakatos e Marconi (2017), é indutiva uma vez que seu objetivo foi ampliar o alcance do conhecido por meio da identificação de estudos intimamente relacionado ao tema de estudo. Segundo Merriam e Tisdell (2016), os pesquisadores empreendem um estudo indutivo porque há uma falta de teoria ou há uma teoria existente que não consegue explicar adequadamente um fenômeno. Busca-se, dessa forma,

desenvolver uma perspectiva teórica mais rica do que a já existente na literatura. Saunders, Lewis e Thornhill (2016) indicam que em pesquisas indutivas a coleta de dados é usada para explorar um fenômeno, identificar temas e padrões e criar uma estrutura conceitual. Supõe-se que nessa lógica o estudo de uma pequena amostra de sujeitos pode ser mais apropriado do que um grande número e é provável que se trabalhe com dados qualitativos e se use uma variedade de métodos para coletar esses dados, a fim de estabelecer visões diferentes do fenômeno (SAUNDERS; LEWIS; THORNHILL, 2016).

3.1.3 Abordagem da pesquisa

Quanto à *abordagem*, a pesquisa é classificada como qualitativa. Saunders, Lewis e Thornhill (2016) relatam que este tipo de pesquisa estuda os significados dos participantes e as relações entre eles, usando uma variedade de técnicas de coleta de dados e procedimentos analíticos, para desenvolver uma estrutura conceitual e potencial contribuição teórica. Desta forma, o sucesso do estudo depende não apenas de obter aproximação física aos participantes, mas também de criar relacionamento e demonstrar sensibilidade para obter acesso cognitivo aos dados. As pesquisas qualitativas não possuem uma padronização para a coleta de dados, desta forma, podem usar várias técnicas como as entrevistas semiestruturadas.

Merriam e Tisdell (2016) afirmam que ter interesse em conhecer mais sobre determinada prática social e, de fato, querer melhorá-la, leva a conceber pesquisas cujas temáticas podem ser melhor abordadas por meio de um projeto de pesquisa qualitativa. As autoras apontam que a pesquisa focada na descoberta, no *insight* e no entendimento das perspectivas dos atores estudados oferece a maior promessa de fazer a diferença na vida das pessoas.

3.1.4 Objetivo da pesquisa

Quanto ao seu *objetivo*, a pesquisa é classificada como exploratória-descritiva. Segundo Saunders, Lewis e Thornhill (2016), a pesquisa exploratória auxilia na compreensão de um problema ou fenômeno e tem a vantagem de ser flexível e adaptável à mudança. Desta forma, é possível mudar de direção como resultado dos novos dados que aparecerem e dos novos *insights* que lhe ocorrerão. A pesquisa descritiva, por sua vez, pode ser uma extensão de uma

pesquisa exploratória e permite descrever o fenômeno a partir de diferentes categorias de análise e da relação entre as mesmas.

3.1.5 Estratégia da pesquisa

A *estratégia* é um plano de ação para atingir uma meta, ou seja, a forma como o pesquisador responderá a sua pergunta de pesquisa. É o elo metodológico entre sua filosofia e a subsequente escolha de métodos para coletar e analisar dados (SAUNDERS; LEWIS; THORNHILL, 2016). Essa pesquisa utiliza como estratégias, de forma complementar, a revisão bibliográfica e o estudo de caso. O Quadro 6 apresenta as estratégias e relação delas com o propósito de atingir os objetivos específicos e relacionando-as com a inquietação central inerente a cada etapa.

Quadro 6 - Operacionalização Metodológica do Estudo

Pergunta de Pesquisa		
<i>“Como os serviços tecnológicos podem consolidar o avanço inovativo tecnológico advindo do modelo Indústria 4.0?”</i>		
Objetivo Geral		
Analisar como os serviços tecnológicos podem consolidar o avanço inovativo tecnológico advindo do modelo Indústria 4.0.		
Objetivos Específicos	Inquietação central do estudo	Estratégia de Pesquisa
Caracterizar teoricamente a relação do processo de desenvolvimento da indústria, inovação tecnológica e serviços tecnológicos.	Qual a relação entre inovação tecnológica, indústria, e serviços tecnológicos?	Revisão bibliográfica
Descrever a estruturação dos serviços tecnológicos brasileiros atual apontando características e fragilidades desse processo sob a ótica da teoria evolucionária.	Como este serviço é estruturado dentro do mercado brasileiro? De que formas há contribuições?	Revisão bibliográfica Estudo de caso
Identificar demandas, desafios e oportunidades para o setor percebidos pela crescente adoção do modelo Indústria 4.0.	Onde será possível atuar? Quais as necessidades futuras?	Estudo de caso

Fonte: Elaboração própria (2020).

Além de fornecer uma base - um referencial teórico - para o problema a ser investigado, **a revisão da literatura** pode demonstrar como o presente estudo avança, refina ou revisa o que já é conhecido (MERRIAM; TISDELL, 2016). Através da revisão crítica da literatura, foi possível formar uma base sólida sobre a qual esta pesquisa é construída. Desta forma, foram selecionados e analisados os estudos mais relevantes e significativos sobre o assunto abordado, selecionados por meio de uma pesquisa exploratória sistemática conforme será apresentado na

seção 3.2.1, possibilitando conhecer o estado da arte, identificar lacunas teóricas e contribuir com novas descobertas e teorias.

Uma estratégia de **estudo de caso** tem capacidade para gerar *insights* de pesquisas intensivas e aprofundadas sobre o estudo de um fenômeno em seu contexto da vida real, levando a descrições empíricas ricas e ao desenvolvimento da teoria (SAUNDERS; LEWIS; THORNHILL, 2016). Por meio do estudo de caso, é possível formular uma descrição e análise aprofundada de um certo fenômeno. Para Merriam e Tisdell (2016) “um caso” é uma coisa, uma única entidade, uma unidade em torno da qual existem limites. Nesse viés, o “caso” pode ser uma pessoa, um programa, um grupo, uma política específica, um processo e assim por diante. Devido a tal multiplicidade de formas de “caso” a sua escolha e a determinação dos limites são fatores-chave para o sucesso da pesquisa (SAUNDERS; LEWIS; THORNHILL, 2016).

Merriam e Tisdell (2016) advertem que parte da confusão em torno dos estudos de caso é que o processo de conduzir esse tipo de pesquisa é confundido tanto com a unidade de estudo (o caso) quanto com o produto desse tipo de investigação. Em um estudo de caso é a unidade de análise, não o tema da investigação, que caracteriza a pesquisa. Desta forma, se o fenômeno a ser estudado não é intrinsecamente limitado, não é um caso (MERRIAM; TISDELL, 2016).

O caso no qual essa pesquisa se sustenta é a **prestação de serviço tecnológico e sua influência pelas indústrias 4.0**.

3.1.6 Horizonte temporal

O *horizonte temporal* é o período no qual a pesquisa é realizada. Esta pesquisa é considerada transversal, pois visa retratar o fenômeno em um intervalo temporal específico.

3.2 PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS

As *técnicas e procedimentos* que foram utilizados nessa pesquisa estão descritos nos itens 3.2.1 e 3.2.2.

3.2.1 Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica foi realizada utilizando duas técnicas de coleta: a bibliometria e a pesquisa sistemática integrativa.

A pesquisa bibliográfica deste trabalho iniciou com uma consulta exploratória base BDTD – Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações realizada em abril de 2019 e julho de 2020 e foram encontrados apenas 5 estudos sobre a temática “Serviços Tecnológicos e Inovação Tecnológica”, sendo eles: Gallina (2009); Ferreira (2009); Melo (2014); Pakes (2015); e Reis (2018). Nota-se que as cinco pesquisas supracitadas são desenvolvidas em uma filosofia positivista, apontando, por meio de análise de dados quantitativos relações entre os serviços tecnológicos e o fenômeno por elas estudado. Três pesquisas foram realizadas no Programa de Pós-graduação de Metrologia PUC/RJ, sobre a área de concentração Metrologia para Qualidade e Inovação, os outros dois restantes são de instituições distintas.

Após essa primeira análise, foi realizada, no período de abril de 2019 a março de 2021, uma análise da literatura científica com a temática serviços tecnológicos e inovação tecnológica em dois repositórios amplamente referidos por sua qualidade científica: Scopus e Web of Science. A escolha de tais bases se deu pois ambas trabalham com um serviço de indexação de citações científicas com base em assinaturas *on-line*, que fornecem uma pesquisa abrangente de citações. A busca se deu com os mais diversos termos de pesquisa como: serviço tecnológico, tecnologia industrial básica, *infrastructure technology*, *metrology service* – 37 trabalhos foram encontrados. Destes a maioria tinha foco em infraestrutura tecnológica, no sentido das TICs, como softwares ou frameworks relacionados a essa vertente da temática. Aponta-se os trabalhos de Gallina e Fleury (2013) e Justen; Almeida e Souza (2016) como as duas principais publicações brasileiras em periódicos sobre a temática.

Nota-se que os trabalhos encontrados, tanto nas literaturas científicas quanto na BDTD, têm por referências publicações técnicas de organizações como INMETRO, INPE, CNI entre outras instituições, havendo pouca, ou quase nenhuma publicação científica sobre o assunto. Tal situação já era verificada por Gallina (2009) e pouco evoluiu neste intervalo de tempo.

A escassez de publicação relacionadas ao tema, aponta uma lacuna de estudo a ser realizada justificando o objetivo da pesquisa. Desta forma, uma densa revisão de literatura, trazida no capítulo 2, foi organizada para estabelecer nexos no conhecimento científico existente.

3.2.1.1 Pesquisa bibliográfica adicional

Motivada pela ausência de materiais densos sobre o assunto foco desta pesquisa, visando estabelecer possíveis *insights* entre as temáticas “Indústria 4.0” e “serviços tecnológicos”, foi realizada, no período de abril a junho de 2019, uma nova pesquisa nos repositórios *Web of Science* e *Scopus*.

O processo, utilizando os termos chave: “Industr*” AND “service” AND “4.0”, possibilitou identificar 34 artigos relevantes e alinhados com o tema de pesquisa, os artigos mais relevantes.

Após a leitura dos artigos destacaram-se duas correntes relacionadas a prestação de serviços para a indústria 4.0: a primeira é a caracterização e apresentação da prestação de serviços inteligentes conceituada como “*smart service*”; e a segunda aponta a indústria como potencial prestador de serviços com a adoção das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0.

As referências utilizadas por esses artigos auxiliaram na construção do referencial teórico sobre Indústria 4.0 desta pesquisa, já apresentado no capítulo 2.

3.2.2 Estudo de caso

Dado o seu aspecto subjetivo, Creswell (2018) afirma que para manter a confiança e a credibilidade dos estudos de caso é fundamental que haja transparência no processo de coleta e análise, que o método seja cumprido minimizando-se possíveis vieses e que se tenha fidelidade às evidências mantendo-se assim a imparcialidade. Os detalhamentos metodológicos utilizados nessa pesquisa são descritos nos tópicos 3.2.2.1 a 3.2.2.4.

3.2.2.1 Sujeitos da pesquisa

Segundo Merriam e Tisdell (2016), em estudos qualitativos o mais comum é o uso de amostras não aleatórias. Como a generalização não é um objetivo da pesquisa qualitativa, a amostra probabilística não é necessária, por outro lado, são as amostras pequenas e propositais as mais adequadas. Além disso, os autores apontam que a maneira que o pesquisador seleciona sua amostra está diretamente vinculada às perguntas que irá fazer e como construiu o problema do estudo.

Desta forma, a ideia que está por trás da pesquisa qualitativa é a seleção intencional dos participantes ou dos locais (ou dos documentos ou do material visual) que melhor ajudarão o

pesquisador a entender o problema e a questão de pesquisa (CRESWELL; CRESWELL, 2018). A amostragem intencional deriva da ênfase no entendimento profundo de casos específicos: casos ricos em informações. Casos ricos em informação são aqueles em que se pode aprender muito sobre questões de importância central para o objetivo da investigação (MERRIAM; TISDELL, 2016).

Para Creswell e Creswell (2018), o tamanho da amostra depende da pesquisa qualitativa que está sendo desenvolvida. Desta forma, para desenvolver um quadro complexo do caso que está sendo estudado, há necessidade do relato holístico de múltiplas perspectivas, buscando a identificação dos muitos fatores envolvidos em uma situação, e, em geral, o esboço do quadro mais amplo que emerge. Um modelo visual de muitas facetas de um processo ou de um fenômeno central ajuda no estabelecimento desse quadro holístico.

Desta forma, visando ter um olhar holístico sobre a **prestação de serviço tecnológico e sua influência pelas indústrias 4.0**, pautado no modelo analítico proposto na Figura 4, optou-se por realizar a pesquisa de campo com os atores envolvidos nesse processo. Assim, foram entrevistados representantes do Governo, Órgão Regulador, Associação de Classe, Indústrias, Universidade e Instituições de Ciência e Tecnologia. Estes são apresentados na seção 4.1. No presente estudo, foram estabelecidos os sujeitos da pesquisa segundo cada objetivo específico do trabalho, com o intuito de facilitar a visualização das partes envolvidas nos diferentes processos, conforme observado no Quadro 7.

Quadro 7 – Sujeitos da Pesquisa

Objetivos Específicos	Sujeitos
Descrever a estruturação dos serviços tecnológicos brasileiros atual apontando características e fragilidades desse processo sob a ótica da teoria evolucionária.	Representantes de indústrias demandantes de serviços tecnológicos, governo, associações de classe e ICTs ofertantes.
Identificar demandas, desafios e oportunidades para o setor percebidos pela crescente adoção do modelo Indústria 4.0.	Representantes de indústrias demandantes de serviços tecnológicos, governo, associações de classe e ICTs ofertantes.

Fonte: Elaboração própria (2021).

Todos os entrevistados preencheram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) que consta no APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido.

Ao todo foram entrevistados nove profissionais, conforme apontado no Quadro 8. Em análise dos seus perfis, destaca-se que estes são de diferentes níveis organizacionais e compõem

a equipe responsável por desenvolver projetos e estratégias voltados à Indústria 4.0 nas suas organizações.

Quadro 8 - Sujeitos da pesquisa.

Entrevistado	Tipo	Organização	Função/Cargo
E1	ICT	Fundação CERTI	Diretor Executivo do Centro de Produção Cooperada
	Indústria	Produza S/A	Diretor - Presidente/CEO
E2	ICT	SENAI Departamento Nacional	Gerente de Inovação e Tecnologia
E3	Indústria	STIHL Ferramentas Motorizadas Ltda	Analista de Metrologia e Qualidade
E4	Governo	MCTI Coordenação Geral de Transformação Digital	Analista de C&T
E5	Governo	Inmetro	Gerente de Projeto da Presidência
E6	Associação de Classe	SBM	Presidente
E7	ICT	CTI	Coordenador de Núcleo de Pesquisa do CTI Renato Archer
E8	ICT	IFSC	Professor Especialista em Metrologia
E9	Indústria	Grupo Boticário	Especialista em Metrologia e Tecnologia de Materiais

Fonte: Elaboração própria (2021).

O **entrevistado E1** é engenheiro e mestre em engenharia. Em sua trajetória profissional, já atuou em laboratório prestador de serviços tecnológicos. Tem mais de 20 anos de experiência na condução de projetos na área de manufatura, operando como gestor e especialista na implantação de projetos de desenvolvimento e inovação de novas unidades fabris e de linhas de produção que envolvam a introdução e garantia da qualidade e de novos produtos tecnológicos no processo fabril. É especialista no estudo de viabilidade técnica, econômica e comercial de novos processos industriais/unidades fabris.

A **entrevistada E2** é engenheira química e mestre em engenharia aeronáutica. Atuou por nove anos em indústrias de grande porte no desenvolvimento e otimização de processos e gestão de projetos de inovação e tecnologia. Possui experiência também em gestão da qualidade e produção. Atualmente é especialista em desenvolvimento industrial na unidade de Inovação e Tecnologia no SENAI Departamento Nacional em Brasília.

O **entrevistado E3** é engenheiro mecânico. Atua a mais de 20 anos com metrologia, iniciando sua trajetória profissional com técnico metrologista. Responde como analista da qualidade com foco em metrologia, operando em diversas frentes como: na Interface entre a qualidade, matriz e áreas envolvidas no processo produtivo e desenvolvimento, implantando normas, procedimentos, padronizando sistemas de medição e métodos; busca por atualização tecnológica; Automação de sistemas de medição - i4.0.

A **entrevistada E4** é engenheira eletricista e mestre em engenharia de Segurança no trabalho. Dentre suas experiências profissionais destacam-se: operação de laboratório de ensaio de equipamentos eletromédicos; registro de equipamentos eletromédicos da saúde e políticas para Equipamentos Médicos na Anvisa, Coordenadora de Serviços Tecnológicos e Gestão da Inovação no Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação; fomentação de Políticas Públicas para inovação; cooperação entre institutos científicos e tecnológicos e empresas. Atualmente responde como analista de C&T, da Coordenação Geral de Transformação Digital do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI).

O **entrevistado E5** é engenheiro e funcionário de carreira do INMETRO com experiência nas áreas de Metrologia Científica e Industrial; Avaliação da Conformidade e Regulamentação e Processos de Certificação no Brasil e exterior. Por 08 anos atuou como Coordenador Geral de Acreditação no INMETRO. Atualmente corresponde como Gerente de Projeto da Presidência do **Inmetro** sendo responsável pela articulação do novo modelo regulatório do Inmetro, que tem como pano de fundo a incorporação das inovações e tecnologias decorrentes da transformação digital na sociedade (em particular na Indústria 4.0) nas atividades regulatórias do Inmetro.

O **entrevistado E6** é engenheiro eletricista, mestre e doutor em física. Dentre suas experiências profissionais destacam-se: direção do Departamento de Infraestrutura para Educação a Distância do Ministério da Educação; membro do Conselho de Administração da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa; chefe do Centro de Capacitação do Inmetro; diretor do Departamento para Inclusão Digital do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Atualmente é professor Associado da Universidade Federal de Ouro Preto e presidente da Sociedade Brasileira de Metrologia.

O **entrevistado E7** é engenheiro eletricista, especialista em microeletrônica. Atualmente é Chefe de Divisão de Qualificação e Análise de Produtos Eletrônicos do Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer – CTI. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Caracterização, Qualificação, Certificação, Confiabilidade, Teste Elétrico e Análise de Falhas de Processos, Produtos e Componentes Eletrônicos atuando principalmente nos seguintes temas: Gestão de Rede Tecnológica de Laboratórios de Qualificação e Certificação de Produtos e Processos em Tecnologia da Informação (SIBRATEC); Ensaio de Qualificação e Confiabilidade de Produtos Eletrônicos; Ensaio para Certificação em Placas de Circuito Impresso Nuas e Montadas; Caracterização, Qualificação e Teste Elétrico de Circuitos Integrados Customizados; Adequação de Processos de Manufatura

às diretivas RoHS/Leadfree; Coordenação Programa Ambientronic - Produtos Eletroeletrônicos Ambientalmente Corretos.

O **entrevistado E8** é engenheiro mecânico, mestre e doutor em engenharia mecânica. Desde 1994 é professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Metrologia, atuando principalmente nos seguintes temas: medição por coordenadas, metrologia dimensional, máquinas-ferramenta, ensaios geométricos e metrologia óptica. Atua como ministrante de cursos de formação continuada em metrologia para a indústria no Brasil, tendo participado de inúmeros eventos sobre a metrologia e a inovação para Indústria 4.0.

O **entrevistado E9** é engenheiro mecânico e mestre em engenharia mecânica, com ênfase em Metrologia e Instrumentação pela Universidade Federal de Santa Catarina e trabalho em departamentos de Metrologia em diversas empresas industriais, no Brasil e na Alemanha, há 12 anos. Atualmente trabalha como Pesquisador Sênior no Laboratório de Desenvolvimento de Embalagens Analíticas do Grupo Boticário, desenvolvendo metodologias de controle dimensional utilizando equipamentos Zeiss© como referência e com foco no avanço tecnológico da Metrologia mundial.

Observa-se entre os participantes, a formação predominante técnica em engenharia, e o alto grau de experiência profissional em projetos inovadores relacionados a manufatura ou com a prestação de serviços tecnológicos, sendo esses aplicados não somente em suas empresas, mas também com impacto na cadeia produtiva por meio da formulação de novas metodologias, tecnologias e normas.

Uma vez caracterizado o perfil dos participantes da pesquisa, dá-se sequência ao trabalho com a análise das entrevistas efetuadas.

3.2.2.2 *Instrumento de coleta*

Para Merriam e Tisdell (2016), a investigação qualitativa, que se concentra no significado e no contexto, requer um instrumento de coleta de dados que seja sensível ao significado subjacente ao coletar e interpretar dados. As entrevistas podem ser altamente formalizadas e estruturadas, usando perguntas padronizadas para cada participante da pesquisa ou podem ser conversas informais e não estruturadas. Em acordo com a tipologia apresentada por Saunders, Lewis e Thornhill (2016), a entrevista utilizada é semi-estruturada e não padronizada.

Para estruturação das perguntas utilizou-se uma categorização a priori dos temas sugeridos pelo referencial teórico, apresentada no Quadro 8. Bardin (2011) afirma que a categorização gera classes que reúnem um grupo de elementos da unidade de registro. As classes são compiladas a partir da correspondência entre a significação, a lógica do senso comum e a orientação teórica do pesquisado.

Diante do exposto, o Quadro 9, promove um resumo das principais categorias e subcategorias de análise, bem como suas definições constitutivas de acordo com a literatura utilizada.

Quadro 9 - Categorias e subcategorias de análise

Categoria		
Inovação Tecnológica		
Subcategoria	Definição	Autores de Referência
Conceitos sobre inovação	Há muitas de definições sobre o que é inovação e sua percepção muda de acordo com a área na qual é aplicada (Autoria própria).	Schumpeter (1961); Dosi (1982); Freeman (1979); Fagerberg (1994); Dosi, Freeman, Fabiani (1994), Perez (2003, 2005).
Responsáveis pelo processo inovativo	Diferentes agentes econômicos e sociais que permeiam as firmas, podendo ser estes: ICTs, empresas, entidades de classe, governo, organizações sociais e habitat e suporte (Autoria própria).	Lundvall (1992); Malerba (1992, 2003); Nelson (1993); Nelson e Winter (2005). Edler; Fagerberg (2017) Freeman (2004, 1979) Figueiredo (2009).
Categoria		
Serviços Tecnológicos		
Subcategoria	Definição	Autores de Referência
Atuação	Serviços que permitem a propagação assertiva da inovação. Compostos pelos serviços de metrologia, calibração, inspeção, certificação e acreditação (Autoria própria).	Tironi (2014, 2015, 2016a, 2016b); Silva (2007); Fleury (2007); CNI (2005); Dias (2007)
Mercado e Infraestrutura	Para que países que visam aumentar suas exportações de produtos de maior valor agregado é fundamental contar com uma boa fundação de base metrológica e infraestrutura capaz de atender a sua demanda (Autoria própria).	Reis (2018); Melo (2014) Tironi (2014, 2015, 2016a, 2016b); Dias (2007); Gallina (2009); Ferreira (2009); Pakes (2015).
Categoria		
Indústria 4.0		
Subcategoria	Definição	Autores de Referência
Conceitualização	Conceito complexo, multifacetado, que aponta para uma possível mudança de paradigmas de produção possibilitado pela inserção de novas tecnologias de comunicação e informação nas indústrias (Autoria própria).	Hermann; Pentek; Otto (2015); Schwab (2016) Roblek, Meško e Krapež (2016); Kagermann et al. (2016); Schumacher, Erol e Sihm (2016), Salkin et al. (2018).
Desafios da Implementação do modelo no Brasil	A indústria 4.0 traz uma grande transformação, que requer um planejamento estratégico das nações para implantação do modelo de integração (Autoria Própria).	IEL (2018), Brasil (2017); CNI, (2016, 2016b); Daudt e Willcox (2016);
Categoria		
O futuro dos serviços tecnológicos		
Subcategoria	Definição	Autores de Referência
Desafios e Oportunidades	O aumento da complexidade do mercado e a adoção de novas tecnologias nas indústrias 4.0 resultará em novos desafios no desenvolvimentos de produtos (Autoria Própria)	Illés (2017); Kans, Ingwald (2016); Rennung, Luminosu, Draghici (2016); Lazzari et al (2017).

Melhoria em Processos	Há muito potencial no estabelecimento de serviços tecnológicos para indústria 4.0, mas, para isso, são necessárias melhorias nos processos destes serviços (Autoria Própria)	Marquardt (2017); Pagalday et al. (2018); Chiarini (2020).
-----------------------	--	--

Fonte: Elaboração Própria (2021).

As perguntas de pesquisa foram agrupadas em quatro blocos em uma estrutura que permitiu acessar mais facilmente o processo mental do entrevistado, partindo de perguntas ditas de aquecimento à perguntas de imersão mais profunda na temática de interesse. Aponta-se que algumas questões contam com opções de direcionamento para um determinado ator entrevistado, sendo identificadas com as legendas: G: pergunta direcionado ao governo; I: pergunta direcionada às ICTS; E: pergunta direcionada às Empresas. O roteiro de entrevistas se encontra no APÊNDICE C – Roteiro de entrevista. Desta forma a pesquisadora contou, para execução da coleta de dados, com uma lista de temas e com questões-chave a serem abordadas. Ressalta-se que seu uso variou de entrevista para entrevista, assim questões puderam ser acrescentadas ou retiradas em acordo com o decorrer da conversa.

O roteiro de entrevista semiestruturado, foi validado no dia 29/03/2021, por meio de uma conversa formal com um especialista em Sistemas da Qualidade e Inovação, com mais de 10 anos de atuação na área. Na ocasião foi possível fazer uma análise do roteiro para identificar a sua adequação em termos de linguagem, estrutura e sequência das perguntas no roteiro e sua aderência com a temática abordada. Após este encontro o roteiro foi revisado, tornando suas perguntas mais diretas e objetivas.

3.2.2.3 Procedimento de coleta

As entrevistas ocorreram de forma individual com cada sujeito da pesquisa. Os entrevistados foram convidados em acordo com o

APÊNDICE B – Carta convite para participação na pesquisa, e após o seu aceite cada participante preencheu o APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido, que tem por objetivo manter a integridade e credibilidade de pesquisa por meio da segurança das informações.

Devido às condições atuais de insalubridade impostas pela pandemia de COVID-19, visando garantir a segurança da pesquisadora e de seus entrevistados, todas as reuniões foram feitas *online*, por meio de videoconferência, e cada participante optou pelo uso da melhor plataforma para este fim. As entrevistas ocorreram no período de 06/05/21 até 12/08/21 e tiveram, em média, 60 minutos de duração. Todas foram gravadas para auxílio nas transcrições.

3.2.2.4 *Análise de dados*

Os dados obtidos por meio das entrevistas foram analisados por meio da análise de conteúdo. Em acordo com Bardin (2011), a análise de conteúdo visa obter, por procedimentos sistemáticos, a interpretação do conteúdo das mensagens que podem ser traduzidas por meio de indicadores (quantitativos ou não) para a inferência do conhecimento. Esse processo ocorreu por meio do seguinte processo:

- transcrição das respostas com o auxílio do software MAXQDA® que permite a análise de dados qualitativos e métodos mistos em pesquisas acadêmicas, científicas e comerciais;
- relacionamento das estruturas semânticas apresentadas nas respostas com categorias de palavras pré-determinadas;
- coletas de excertos das falas visando o cruzamento dos dados coletados e a teoria.

3.3 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

A metodologia em questão possui algumas limitações. Dessa forma, a busca por esses critérios de validade e confiabilidade constitui-se num caminho para a superação das limitações, inerentes ou não à própria técnica ou à pesquisadora.

A primeira questão levantada consiste na complexidade e as múltiplas facetas apresentadas pelo tema inovação tecnológica e assim como as inúmeras controvérsias apresentadas na literatura sobre a Indústria 4.0. Entende-se que por se tratar de um modelo em evolução, pautado no rápido desenvolvimento de tecnologias digitais seu estudo nas ciências sociais ainda não nos permite respostas conclusivas.

Outro ponto relevante diz respeito às limitações do método de estudo de casos. De modo geral, os instrumentos utilizados para a coleta de dados não são padronizados, tornando-se difícil sua replicação na visão positivista. Frisa-se que em pesquisas sociais qualitativas, segundo Minayo (2017), apesar de não ser plausível uma generalização a nível de significância estatística é possível realizar a compreensão de processos semelhantes que ocorrem com os mesmos sujeitos em uma mesma ação e contexto. Porém essa generalização, diferente da ótica positivista, será analítica onde se busca a compreensão teórica de uma classe de fenômenos

semelhantes em vez de generalizações probabilísticas para uma população (SOUSA et al., 2017). Sob essa perspectiva, os futuros pesquisadores, que se apoiarem neste trabalho, precisam compreender a estratégia metodológica elaborada para obter análises relevantes.

Atenta-se também que os métodos qualitativos exigem a participação do pesquisador em todas as etapas do processo, planejamento, análise e interpretação dos dados. Desta forma, apesar de todos os esforços da pesquisadora em minimizar qualquer inferência no processo de pesquisa considera-se que nunca será totalmente neutro. Embora inegável, esta influência também pode ocorrer em outros métodos, inclusive nos quantitativos, devendo-se usar algumas estratégias para mitigar tal risco (MOREIRA, 2018). Essa pesquisa lança mão de uma descrição detalhada do processo e dos resultados da pesquisa, tomando como apoio o uso da gravação e transcrição das entrevistas e, triangulação dos dados, para fornecer aos leitores base para julgar a credibilidade do estudo. Também conta com a reflexividade constante da pesquisadora, visando deixar explícito como possivelmente seus valores e experiências podem interferir na pesquisa.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

O presente capítulo se destina a descrever e analisar os dados coletados nas entrevistas semiestruturadas, estabelecendo-se para tal um paralelo com a revisão de literatura efetuada no Capítulo 2. A primeira parte do capítulo apresenta o levantamento do perfil básico das organizações representadas pelos entrevistados, na sequência se expõe os resultados encontrados a partir das categorias de análise propostas e finda-se com uma síntese dos achados. Nesse estágio da pesquisa, foram selecionadas as falas dos participantes referentes a cada categoria proposta e estabelecidas comparações para a identificação de similaridades e divergências nas perspectivas individuais dos entrevistados e destas com a literatura abordada.

4.1 ORGANIZAÇÕES REPRESENTADAS

Schumacher; Erol e Sihm (2016) apontam, que para melhor aproveitamento de estudos sobre Indústria 4.0 em organizações é fundamental que estas possuam conhecimento prévio sobre o assunto. Diante do exposto, buscou-se por entrevistados que atuassem em organizações que tivessem direcionamentos explícitos para a implantação de projetos com escopo da Indústria 4.0. As organizações amostradas estão descritas a seguir.

4.1.1 Empresas

A **STIHL Ferramentas Motorizadas** Ltda é uma das mais importantes indústrias de ferramentas motorizadas portáteis e líder no segmento de motosserras. Recentemente em 2020, com investimento total na ordem de R\$ 68 milhões, inaugurou o seu Centro de Operações Motores em São Leopoldo (RS) contando com tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, como a conectividade online de todos os processos, a rastreabilidade dos componentes através de data matrix, e câmeras de inspeção da qualidade *in loco*.

A **Produza S/A** é uma *Contract Manufacturer* que atua na montagem de placas e produtos eletrônicos. Possui capacidade para montar médias e grandes séries, e protótipos e lotes piloto para validação de novos produtos. Atua principalmente nos segmentos de equipamentos eletromédicos, energia, agricultura, defesa, aeroespacial e aeronáutica. Está sediada no Instituto da Indústria, em Florianópolis (SC), juntamente com o LabFaber, o

laboratório-fábrica para desenvolvimento, experimentação e capacitação em indústria 4.0, focado em soluções de transformação digital para a indústria.

O **Grupo Boticário** é uma empresa brasileira de cosméticos, fundada em março de 2010, após o Boticário criar essa holding para se reorganizar e buscar novas aquisições e diversificar o seu portfólio. A inovação está presente não apenas no que fazem, mas também em como a fazem. O Grupo Boticário se mantém sempre atualizado em termos de tecnologia, enxergam a automatização de processos e meios de produção com foco em liberar as pessoas para tarefas mais inteligentes, estratégicas e criativas. Possuem uma Fábrica de Soluções, ligadas à área de TI, que está focada em automatizar processos e transformar as papeladas em dados. Isso permitiu a formação de uma nova área na companhia, o Centro de Serviços Compartilhados. A Fábrica de Soluções ensinou robôs a cuidarem de atividades repetitivas como cadastros, preenchimento de planilhas e parâmetros, cálculos e geração de relatórios, liberando o colaborador para fazer a análise crítica desses materiais e dar mais suporte ao negócio. No Núcleo de Avaliação e Soluções Analíticas – NASA, no Centro de Pesquisa & Desenvolvimento, a equipe que cuida da testagem e do controle de qualidade de embalagens recebeu dois equipamentos de ponta que vão garantir acurácia dos testes realizados e reduzir margem de erro e de tempo de testagem (BOTICÁRIO, 2020)

4.1.2 Governo e Associações de Classe

O **Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação** tem por competência abrigar o patrimônio científico e tecnológico e seu desenvolvimento, a política de cooperação e intercâmbio concernente a esse patrimônio, a definição da Política Nacional de Ciência e Tecnologia, a coordenação de políticas setoriais, a política nacional de pesquisa, desenvolvimento, produção e aplicação de novos materiais e serviços de alta tecnologia. Sua **Coordenação Geral de Transformação Digital** dentre outras funções apresenta a função de subsidiar tecnicamente a elaboração e a implantação da estratégia digital brasileira, em articulação com os setores competentes do campo científico, governamental, produtivo e da sociedade.

O **Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - Inmetro** - é uma autarquia vinculada à Secretaria Especial de Produtividade, Emprego e Competitividade, do Ministério da Economia. O Instituto atua como Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro), colegiado interministerial, que é

o órgão normativo do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro). No âmbito de sua ampla missão institucional, o Inmetro objetiva fortalecer as empresas nacionais, aumentando sua produtividade por meio da adoção de mecanismos destinados à melhoria da qualidade e da segurança de produtos e serviços (INMETRO, 2021).

A **Sociedade Brasileira de Metrologia** é uma associação de direito privado, sem fins lucrativos e econômicos, fundada em 17 de agosto de 1995, congregando profissionais e organizações interessados no desenvolvimento e fortalecimento da metrologia brasileira, em sintonia com modernas práticas e tendências internacionais. Pela sua função social, tem como objetivos: congregar pessoas, empresas e instituições para desenvolver, promover e difundir o conhecimento no campo da Tecnologia Industrial Básica (TIB), com ênfase na metrologia; promover e estimular a pesquisa científica e a inovação tecnológica no âmbito da metrologia científica, industrial e legal; trabalhar de forma articulada com organismos nacionais e internacionais em favor do desenvolvimento e valorização da metrologia nos seus mais diversos campos de aplicação (SBM, 2021).

4.1.3 Instituições de Ciência e Tecnologia

O **SENAI Nacional**, também chamado de SENAI Departamento Nacional (DN), integra o Sistema CNI (Confederação Nacional da Indústria) e tem as suas ações subordinadas ao Conselho Nacional do SENAI. O departamento nacional do SENAI realiza estudos e pesquisas sobre a mão de obra no país, elabora diretrizes e programas nacionais e apoia os departamentos regionais na execução de suas atividades. Realça-se por sua iniciativa “Senai 4.0” que surge como uma resposta às demandas dessa nova indústria a partir da oferta de soluções em Educação, Tecnologia e Inovação.

A **Fundação CERTI** é uma organização de pesquisa, desenvolvimento e serviços tecnológicos especializados que proporciona soluções inovadoras para a iniciativa privada, governo e terceiro setor. Destaca-se por iniciativas mobilizadoras da indústria 4.0 como a operação do laboratório-fábrica para desenvolvimento, prototipagem, testagem e operação de infraestruturas avançadas; realização de projetos de concepção, desenvolvimento e implantação de processos industriais inteligentes e sistemas integrados de tecnologia de informação; transformação digital do seu laboratório de metrologia dimensional.

O **Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer - CTI** é uma unidade de pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) que desde sua criação, em

1982, atua em parceria com agentes do setor privado, da academia e do governo para promover ambiente propício à geração de inovações em processos e produtos, visando o fortalecimento da indústria nacional. As ações de pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico do CTI Renato Archer são desenvolvidas com base no planejamento estratégico do MCTIC e com foco em quatro principais eixos temáticos: Indústria 4.0, Saúde Avançada, Tecnologias Habilitadoras e Governo Digital (CTI, 2020).

O **Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)** é uma instituição pública federal de ensino. Atua na oferta de educação profissional, científica e tecnológica, oferecendo cursos nos mais diversos níveis: qualificação profissional, educação de jovens e adultos, cursos técnicos, superiores e de pós-graduação.

4.2 ANÁLISE DO RELATO DOS PARTICIPANTES

A presente seção se destina a analisar os relatos das entrevistas efetuadas. Para tal, serão discutidas as quatro macro categorias e suas respectivas subcategorias de pesquisa, definidas no Capítulo 3: inovação tecnológica; serviços tecnológicos; indústria 4.0 e; futuro dos serviços tecnológicos. Para elucidar os resultados encontrados, foram também utilizados os elementos teóricos abordados na revisão de literatura como forma de apoio à análise.

4.2.1 Inovação Tecnológica

Na presente seção serão abordados os relatos dos entrevistados relacionados à questão da inovação tecnológica, sendo estes subdivididos nas duas subcategorias referentes a este tópico: formas de inovação e; responsáveis pelo processo inovativo.

4.2.1.1 *Conceitos sobre inovação*

Com base na literatura utilizada na revisão teórica, nota-se que há muitas definições sobre o que é inovação e sua percepção muda de acordo com a área na qual é aplicada (CIMOLI; DOSI; STIGLITZ, 2009). Quando questionados sobre sua percepção acerca do termo “inovação tecnológica”, os entrevistados convergem para o entendimento de um fenômeno multifacetado, tendo diversos significados em acordo com o ambiente em que é apresentado. Ao examinar os

relatos, nota-se que este conceito se modifica em acordo com a realidade de trabalho de cada entrevistado. Alguns compreendem a inovação tecnológica como algo complexo, e avaliam, que mesmo quando aplicada ao parque produtivo, por exemplo, pela adoção de uma nova tecnologia, para que de fato possa ser útil, ela deve ser sentida na ponta pelos clientes.

E1: É complexo no sentido que se trata no grau de inovação. [...] Há diferentes graus, existem empresas que ainda precisam fazer o dever de casa, que para essas qualquer grau de transformação digital básica vai dar um grande salto e tem outras que estão em um nível tão alto que esse incremento não vai ter tanto impacto assim.

E2: Olha é muita coisa quando a gente fala de inovação tecnológica e a gente tem uma série de grupos discutindo isso hoje [...]. Eu acho que o conceito único de inovação tecnológica não existe, a gente vê muitos conceitos de inovação. Inovação pode ser desde trazer uma molécula nova ou fazer uma mudança numa linha de produção, também é uma inovação uma metodologia de um processo.

E8: Uma transformação de algo na sociedade no mercado, penso em algo que transformou, que mudou a vida das pessoas para melhor. Não só pessoas, mudou a vida das empresas para melhor, ou seja, provocou um degrau, às vezes um degrau, uma rampa, mas provocou uma mudança de patamar na qual as empresas, os sistemas funcionam, as empresas as pessoas têm uma facilitação da sua vida. Então penso em inovação penso em novidade, novidade transformadora

Apesar de não haver um consenso acerca do conceito de inovação, todos avaliam a inovação tecnológica como uma obrigação para se manter no mercado. O que já era trazido por Edler e Fagerberg (2017), que apontavam que a inovação é importante para o empreendimento individualmente – que se apropria da inovação tecnológica para gerar um novo produto/serviço ou processo a fim de obter vantagem estratégica.

E1: O processo de inovação é extremamente focado na competição. Onde há competição há inovação. A competição força que os grupos inovem achem formas diferentes. Agora a falta de competição impele a inovação (vide correios). O que para uma empresa possa ser trivial para outras pode ser inovador. O essencial é que exista uma transformação de performance e que essa seja sentida na ponta. Que a empresa se transforme de alguma maneira no resultado para o consumidor final. É aquilo que chega na prateleira para o mercado. Se isso não chega no mercado você não transformou o mercado. Mas qualquer uma delas deve ser sentida pelo consumidor.

E7: a Inovação é um produto vai ser colocado no mercado um processo novo alguma coisa e traz que na verdade retorna ganhos econômicos para a indústria para o mercado e tudo mais né. A inovação não é nem para você ganhar novos mercados, é para você não perder o mercado que você já tem.

Alguns entrevistados dissertam sobre a inovação tecnológica no viés do produto, seja para incremento de uma certa característica para manutenção do *Market share*, ou mesmo para desenvolvimento de um novo produto para ganho de mercado.

E4: Eu penso que é a inovação que vem com tecnologia né seja de aplicativos da manufatura aquela inovação que tem tecnologia embutida não é só. Inovação de serviço de modelo de negócio, mas vem com essa parte de produtos junto ne.

E6: inovação né. É todo o processo. Eu uso muito a definição geral clássica né que você tem é um processo de desenvolvimento tecnológico muitas vezes incremental no sentido aí de melhoria de processos e produtos.

E7: Mas sempre nessa ideia de não é só desenvolver um processo, tudo bem que isso é uma parte importante, de gerar um papel um documento assim é uma tecnologia e levar para mercado. Isso que a gente entende como inovação. A Inovação é um produto vai ser colocado no mercado, um processo novo alguma coisa e traz que na verdade retorna ganhos econômicos para a indústria para o mercado e tudo mais né.

E3: É algo que eu brigo muito aqui na empresa. Essa busca por projetos. Pois na indústria isso não é tão fácil, pois trabalhamos muito com rotinas, que é entregar a peça boa na caixa, para poder vender.

E2: A gente fala de inovação tecnologias que assim uma pequena mudança ferramenta que vai trazer um benefício para o desenvolvimento do novo produto para trazer uma pivotagem de um produto de uma linha de produção, então a gente tenta trabalhar em tudo isso (...). Em umas das indústria que eu trabalhei inovação era um produto novo, era uma questão de marketing, “ah vamos ter uma inovação”, mudou o rotulo a embalagem, mas hoje eu vejo que não é só isso.

E9: Eu vejo muito a inovação tecnológica focada no produto, no consumo.

Nota-se que esses conceitos vão ao encontro do postulado de Schumpeter (1961), que avaliava que a inovação pode advir da introdução de um novo bem; introdução de um novo método de produção; abertura de um novo mercado; conquista de uma nova fonte de oferta de matérias primas ou de bens semimanufaturados; estabelecimento de uma nova organização de qualquer indústria.

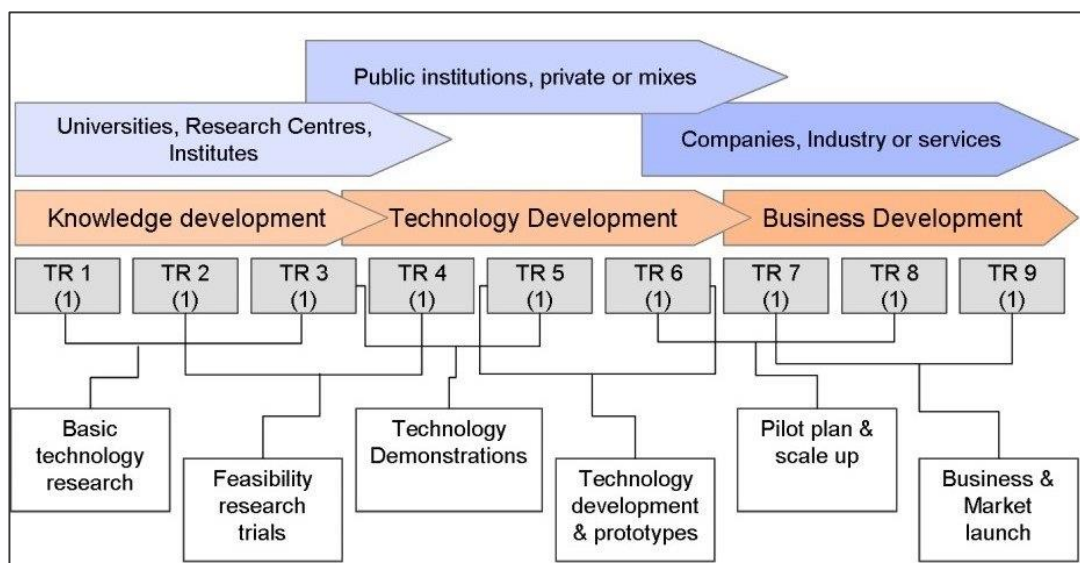
O entrevistado E2 trouxe um conceito que vem sendo comumente falado no universo de concepção de produtos que é o *Technology Readiness Levels* (TRL) ou Níveis de Prontidão Tecnológica. Trata-se de um conjunto de métricas que permitem a avaliação da maturidade de uma tecnologia e a comparação consistente entre maturidades de diferentes tipos de tecnologias (KLUK et al., 2008). Entende-se que o TRL tem um papel fundamental no estabelecimento de uma comunicação precisa no desenvolvimento de tecnologias. Com sua origem estabelecida na indústria aeroespacial atualmente alcança o cenário de P&D+I em qualquer setor que preze por confiabilidade, sendo utilizada no Brasil por empresas como Embrapa, Petrobrás e FINEP (QUINTELLA et al., 2019).

E2: É para mim é muito fácil discutir porque a gente fala até de TRL. A gente fala assim: onde está essa inovação? Está nos primeiros TRL 3, inovação básica, ou a gente já está na faixa de TRL mais para frente (...).

Ao questionar em que “TRL está essa inovação” o entrevistado tenta avaliar em qual nível de prontidão tecnológica tal inovação se apresenta. A TRL é medida em uma escala de 1-9, onde o nível 1 geralmente representa estudos de conceito básico, passando para demonstrações de laboratório em torno do nível 4 e, terminando no nível 9, onde a tecnologia é testada e comprovada, integrada em um produto e operado com sucesso no ambiente pretendido (DOD, 2009; PEARSONS; MACKIN, 2020).

Na Figura 6 é possível observar que, na escala de TRL 1 e 2, o produto ainda é considerado um modelo teórico, a partir da TRL 3 se inicia o desenvolvimento experimental indo para os ensaios de laboratório que irão até TRL 5. Na escala 6, se propõe os primeiros protótipos, iniciando a 7 já em escala piloto, deixando o campo da pesquisa e passando para o desenvolvimento propriamente dito. Nos níveis TRL 7 a 9, o produto já está em escala final de desenvolvimento, pronto para o mercado e sendo considerado uma inovação com todos os níveis de prontidão atendidos.

Figura 6 - O processo de Inovação com TRL



Fonte: CPI U.K. (2013).

A academia tende a focar nos TRLs 1–4, enquanto a indústria prefere trabalhar com TRLs 7–9, raramente 6. Portanto, os TRLs 4–6 representam uma lacuna entre a pesquisa acadêmica e a comercialização industrial. Essa lacuna é coloquialmente referida como o “vale da morte” tecnológico para enfatizar que muitas novas tecnologias alcançam os TRLs 4-6 e morrem lá (DOD, 2009; PEARSONS; MACKIN, 2020). Nota-se também que é nessa faixa que estão realizadas as validações em laboratório para comprovação de desempenho, incluindo

estudos analíticos e de bancada para validar fisicamente se as previsões do sistema estão corretas. As evidências objetivas destes níveis são os resultados de testes executados para medição de parâmetros e comparação das previsões analíticas formuladas – portfólio de atuação dos serviços tecnológicos.

4.2.1.2 Responsáveis pelo processo inovativo

No desenvolvimento de uma determinada tecnologia, estão envolvidas várias partes interessadas. Entende-se, desta forma, que as tecnologias não são desenvolvidas isoladamente, mas estão conectadas entre si em sistemas, dando-se apoio mútuo e aproveitando a experiência, o desenvolvimento de fornecedores, a educação do consumidor e outras externalidades criadas por seus predecessores no sistema (PEREZ, 2003). A respeito dos diferentes agentes econômicos e sociais que permeiam as firmas, que podem ser responsáveis pelos processos inovativos destacam-se as falas a seguir apresentadas.

E1: Existe um conjunto básico de atores, universidade, centros de tecnologia, talvez até subsídios do governo para que se crie um ambiente propício.

E2: Eu acredito hoje muito nisso, em aprendizado, que não dá para fazer inovação sozinho. Não existe uma única instituição até porque a inovação são conhecimentos complementares. Então você precisa ter um apoio até indústria. Eu não acredito que é uma única instituição e ali está universidade, o governo, a indústria, estão as ICTS, é isso aí hoje essa ponte, entre talvez entre essa interligação entre a universidade e a indústria.

E3: Eu acho que um pouco cada um.

E4: Então as empresas são importantes elas precisam ser empreendedores precisam ter inovação nas suas estratégias. As ICTs também precisam estar conectadas com as suas necessidades das indústrias e trazendo o que tem de novidade né das pesquisas do mundo científico. O governo seu papel de fomentador no meu caso como política como formulador de políticas né e de regulador para que permitir que haja inovação ao mesmo tempo garantam a segurança e a saúde da população né. Cada um tem o seu papel que é extremamente relevante.

E6: então a universidade é quem tem a ideia, a indústria que transforma no produto, é um modelo vão chamar assim, esse modelo é uma caricatura porque ele retrata muitas vezes um sistema imaturo. E o governo é um agente fundamental de articulação.

E7: A indústria tem um papel principal. mas eu acho que o governo Universidade todo mundo que tem conhecimento ou ferramentas econômicas, financeiras, financiamento ou de apoio.

E8: Quando eu penso em inovação eu penso assim que é o medalhista Olímpico no momento do pódio e para baixo dele tem tanta gente apoiando né tanta gente segurando então eu não penso num ator só. Penso em Educação de qualidade um ecossistema amigável os negócios. aí entra o apoio as startups, as incubadoras tecnológicas. E massa crítica, escolas, universidades, e o mercado demandante por novidades.

Nota-se, que os entrevistados avaliam que o processo inovativo não deva ser de responsabilidade de apenas um ator. O coletivo de atores que contribuem para o desenvolvimento de tais inovações é conceituado como um sistema de inovação (PÉREZ, 2005). Em acordo com Santos (2014), o Sistema Nacional de Inovações representa o conjunto de fatores nacionais que influenciam nas capacidades inovativas dos países, sendo entendido como um conjunto amplo e sistêmico de fatores que englobam relacionamentos entre e dentre os seus atores – empresas, agências de governo, universidades, institutos de pesquisa, laboratórios de empresas, atividades de cientistas e engenheiros para a geração, implementação e difusão de inovações.

E2: então compartilhamento dessas informações dos recursos do capital intelectual seja humano seja relacional seja estrutural faz parte desse ecossistema para que realmente a inovação aconteça.

E4: tem um sistema de Ciência Tecnologia e inovação que todo mundo tem que participar. Todo mundo tem um papel superimportante, que se não acontecer não giram né. Agora no Brasil a gente tem o nosso sistema bastante duplicado né, então isso até é bom porque se alguém não faz bem o seu papel você consegue tomar outro rumo né, você consegue fechar o caminho. O ideal era que todas as partes funcionassem bem, mas a gente tem questões culturais, políticas, que as vezes impedem que uma parte outra né consiga atuar de forma mais decisiva né daí de forma mais assertiva para renovação. Então é bom que a gente tenha algumas redundâncias no sistema porque assim a gente permite aqui mesmo na situação como a gente está hoje né a gente ainda consegue ter algum resultado.

E6: Você tem aí o que eu estava antes falando sobre a questão de maturidade né nos sistemas imaturos você tem fluxos lineares que vão desde o que a gente pode chamar de uma ideia. Uma ideia que se transforma num processo, que se transforma num produto, que se transforma num bem, aquela ideia mais ou menos clássica. Cada parte do sistema você vai conseguir divisar. Você tem que ter uma colaboração permanente entre aquelas organizações ou instituições que são capazes, de desde a pesquisa básica até a pesquisa aplicada.

E8: mas um ecossistema como o de Florianópolis, um ecossistema amigável ao pequeno negócio de base tecnológica. São as empresas que movimentam esse ecossistema aí. Os americanos fazem a analogia do aquário, que diz que peixe grande ele ocupa o aquário, mas quem dá movimento ao aquário é o peixe pequeno. então a economia tecnológica, a pequena empresa de base tecnológica... para ela chegar no pódio precisa ter o apoio da incubadora, uma série de ações nesse sentido, senão o peixe pequeno morre né, sem comida.

E9: Eu acho que o ecossistema todo. A gente tem contratos com institutos Senai, com a CERTI, também com algumas startups.

Destacam-se entre as falas uma proeminência importância dada ao papel do mercado, da indústria e governo como agentes inovativos. Os entrevistados E1, E7 e E6 apontam o mercado como a principal determinante do processo inovativo, caracterizando o modelo *demand-pull* (DOSI, 1988a). Tal modelo preconiza que há uma forma de prever as necessidades futuras do mercado e inovar para satisfazê-las. Esse modelo é considerado a segunda geração

de inovação, no qual o mercado é a fonte de ideias, direcionando a P&D que assume um mero papel reativo no processo (ROTHWELL, 1994).

E1: Mas para mim onde há uma ambiente competitivo, onde o governo não atrapalhe (não precisa ajudar, somente não atrapalhar já é bastante importante).

E7: Na verdade quem aciona a Inovação é o próprio mercado. O mercado que pede coisas novas e coisas confiáveis, baratas. O mercado é o grande motivador da inovação.

E6: muitas vezes o produto ele vai criar a necessidade no mercado, não necessariamente um produto responde uma necessidade mercado, muito produto cria uma necessidade do mercado. Aliás, o que a gente mais vê hoje em dia é você ser incentivado ter novas necessidades que você não imaginava que tinha.

E8: E penso no mercado dinâmico, que consuma, que puxe essas demandas. O mercado que financia todo esse processo. Demandante de novidades para se tornar mais competitivo, aberto a isso, e que essa abertura cria um fluxo de energia que movimenta uma cadeia toda que está sustentada pelo governo, pelas instituições... tem universidades, escolas técnicas que formam essa mão de obra qualificada, essas pessoas que vão dar suporte a essas formações. Mercado ali que motive. o mercado absorve uma inovação e uma empresa desponta, isso certamente. Como jogar um pãozinho dentro do aquário um peixe vai vir 20 atrás dele né, isso movimenta a coisa

O modelo *demand-pull* tende a focar em inovações nos produtos e serviços atuais, com forte tendência a ameaças de um competidor com inovações tecnológicas. Freeman (1979) afirma que a demanda do mercado não é a única determinante da escala e direção da atividade inovadora. Para o autor, a influência do mercado pode variar bastante, com mudanças cíclicas e descontinuidades na indústria. Julga-se também que não se pode ignorar completamente a influência de fatores da base científica e as condições tecnológicas internas e externas ao mercado (DOSI, 1982).

Um modelo de fluxo contrário é *technology-push* que enfatiza a oferta do processo de desenvolvimento técnico-científico como mecanismo básico, ou seja, como produto de programas de investimento relacionados à P&D. Os entrevistados E3, E6 e E2 apontam para a indústria como grande motivador da inovação. Porém, nota-se que no mercado nacional algumas indústrias privadas, consideradas “gigantes da tecnologia” são autossuficientes para financiar unidades de pesquisa e trabalhar em todos os níveis dessa escala, mas a maioria das empresas não pode pagar os altos investimentos e as competências especializadas que essa abordagem exige.

E7: Quem coloca o produto no mercado é indústria. Então se ela não fizer inovação ela basicamente não existe.

E3: Nessa questão a indústria tem a sua responsabilidade, principalmente as grandes, porque as pequenas pensam em manter seu faturamento, mas não conseguem investir em pesquisa e desenvolvimento.

E6: inovar é um trabalho enorme e muitas empresas querem, mas elas não têm condições de fixar esse conhecimento e amadurecimento conhecimento e colocar esse conhecimento e as inovação no produto dela.

E2: Pois para a indústria é muito caro não são todas as que conseguem ter um centro de inovação e por mais equipado completo e moderno que esse seja global é muito difícil você ter ali todos os elementos. É impossível você ter uma estrutura que comporte tudo que você precisa, para desenvolver uma nova molécula, o custo disso é tão alto e você fala assim: mas eu posso investir, mas vai ficar tanto tempo ocioso que vai deixar morrer uma inovação (...)

E7: Indústrias que são multinacionais que já tem departamentos disso eu tenho estrutura maior normalmente dá mais updates assim com essa estratégia.

E9: Eu acho que quem alavanca tudo isso acaba sendo a indústria. Pelo menos com a gente funciona assim. A gente que busca por alguma solução, primeiro a gente começa com institutos de inovação e depois parte para startups. Tem um time dentro de p&d que a gente chama de rede de inovação então eles que faziam todo esse contrato e busca por outros players que pudessem nos ajudar na nossa solução. Então eu vejo que a indústria tá puxando muita coisa, não sei se teria muita pesquisa direto nos institutos.

Um outro ponto a se considerar são os dados da Pesquisa Industrial da Inovação Tecnológica – Pintec, que apontam que os investimentos em inovação tiveram uma queda muito grande no último período (IBGE, 2020). Tal fato é apresentado na fala de E6, que assinala que em tempos de crise, tal qual o atual vivenciado na pandemia, os centros de P&D são descontinuados nas indústrias brasileiras, o que se justifica por não ser cultural investir em pesquisa em tempos de instabilidade.

E6: o grande drama que a gente vive no Brasil atualmente não é exatamente você não ter fomento, é você não ter pesquisa porque o setor produtivo não arrisca. Não é da natureza. Por exemplo as grandes empresas, a IBM tem um centro de computação quântica, a Microsoft cria soluções o tempo todo. Mas o empresariado brasileiro de uma forma geral não arrisca. Aliás em momentos de crise o primeiro setor a ser fechado é o setor de pesquisa e desenvolvimento, cansei de ver isso ao longo dos anos. O primeiro setor que fecha é o setor de P e D porque se você tem uma crise econômica e quanto mais aprofundada por ninguém vai fazer arriscar no meio de uma crise econômica.

De qualquer forma, entende-se que nos mercados dinâmicos e voláteis de hoje, as indústrias precisam ter como objetivo causar a interrupção para evitar serem interrompidos. Desta forma, as empresas que não podem pagar unidades de pesquisa têm que inovar confiando em pesquisas conduzidas em outros lugares, sejam em universidade ou ICTs. Neste caso deixando significativo o papel do governo não somente como fomentador de políticas públicas de inovação, mas também de mantenedor de instituições de ciência básica como universidades e indústrias estatais.

E3: Vejo que o governo tenha que ajudar, a tenha que incentivar isso, lei do bem, algo que retorne para a empresa. O governo tem que incentivar mais a nível de impostos para que não só os grandes possam trabalhar, mas os pequenos também consigam trabalhar. Por exemplo hoje eu tenho várias máquinas que geram muitos

relatórios, mas não consigo cobrar que meu fornecedor faça a mesma coisa, porque ele não tem uma saúde financeira que permita isso. Então para que a cadeia evolua o governo tem que dar esse suporte.

E6: Ele conta com esses vários elementos uma ação de dispêndio e fomento por parte do governo que é o principal investidor. Você pensar qual indústria que a gente tem que ter inovação no Brasil, principalmente a agroindústria que vem muito da Embrapa, indústria de aviação que vem da Embraer que é um investimento também original do Estado. Eu acho que só esses dois principais polos e a Petrobras. Então o Brasil tem Petrobras, petróleo que é originado do estado, Embraer original do Estado, Embrapa originado do estado. Mas também é necessária a articulação com universidade e empresas como a Embrapii ou a FINEP, que são um exemplo ótimo que eu diria dessa articulação.

E9: Por exemplo hoje tem as unidades da Embrapii eu consigo saber qual que é especialista em cada frente vamos dizer assim.

Os entrevistados E6 e E9 trazem como exemplo de articulação governo-empresa a Embrapii - Associação Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial. Essa tem o propósito de contribuir para a eliminação da lacuna na articulação entre os setores público e privado, tendo como perspectiva a promoção da inovação nas empresas brasileiras, explorando a competência estabelecida das ICTs (EMBRAPII, 2021). Entende-se que o principal pilar da Embrapii é compartilhar os riscos de projetos com as indústrias, estimulando o setor industrial a inovar mais e com maior intensidade tecnológica. Atua principalmente na fase conhecida pelo setor empresarial como “vale da morte” – TRL 4 a 7, considerada de grande risco diante das incertezas da viabilidade tecnológica de uma determinada solução do produto ou processo proposto. Conforme apresentado na seção 4.2.1.1 é nesta zona que estão localizados grande parte dos serviços tecnológicos como ensaios, estudos analíticos e de bancadas.

4.2.2 Serviços Tecnológicos

Na presente seção serão abordados os relatos dos entrevistados relacionados à questão de serviços tecnológicos, sendo estes subdivididos nas duas subcategorias referentes a este tópico: atuação e; mercado e infraestrutura.

4.2.2.1 Atuação

Com base na literatura utilizada na revisão teórica, parte-se da suposição que os serviços tecnológicos são parte fundamental para o processo inovativo, tendo uma portfólio de atuação bastante amplo. Dada a falta de literatura científica sobre o tema, visando ter um melhor

entendimento sobre o conceito deste produto, foi questionado aos entrevistados o que eles entendem por serviços tecnológicos.

Dentre os entrevistados **não há um consenso sobre o termo e sua abrangência**. Essa dissonância, que define a atuação de um serviço tecnológico tem sido discussão nas ICTs conforme observado na fala dos entrevistados E2 e E7. O entrevistado E5 relata que dependendo do mercado pode-se ter uma noção distinta da atuação desse serviço.

E2: hoje a gente tem realmente assim uma série de discussões, a gente participa de uma série de discussões com próprio Inmetro, para tentar definir e ampliar o escopo dessa atuação a nível nacional e para indústria porque é uma garantia de qualidade, ele aquilo foi validado por instituições competentes.

E7: isso é algo que a gente sempre tem discutido aqui, qual seria a atuação desse serviço.

E5: Na área de certificação normalmente se percebe no mercado eles não denominam isso como serviço tecnológico. Eles denominam como serviço técnico, serviço de avaliação da conformidade onde eles prestam lá, ou realizam inspeção ou realiza a certificação do produto, do processo, do sistema, mas quando a gente vai para área de Laboratórios é caracterizado sim de fato serviços tecnológicos.

Como padrão de respostas foi possível observar duas linhas de atuação. A primeira direcionando a serviço técnico em si, como algo mais rotineiro relacionado a calibrações e ensaios padronizados. A segunda linha avalia que este tipo de serviço não se resume apenas a isso. Para estes o serviço tecnológico é a aplicação da metrologia e suas vertentes em situação que exigem inteligência para avanço inovativo.

Os respondentes que relacionaram esse serviço com as **atividades de calibração e avaliação da conformidade** trazem a característica de padronização, julgando estes serviços como um processo fixo, pouco customizado. Nota-se o caráter da comparação com um padrão pré-estabelecido, atendimento normativo.

E1: Quando você faz uma medição ou algo assim existe uma receita de bolo. Existe uma definição clara disso, esse serviço seria algo bem padronizado, uma medição, calibração, inspeção. O serviço é mais pontual.

E2: Dentro de metrologia tudo que é ensaio, calibrações ele fica mais e mais dentro de serviços tecnológicos aqui para a gente.

E3: Serviço metrológico para nós é um dos pilares da empresa, não há como ter uma gestão da qualidade sem ter uma metrologia efetiva. Os controles são bem complexos e efetivos para que se tenha qualidade de produto e ganho de mercado. É um pilar superimportante. Tudo passa por uma avaliação metrológica, um comparativo com alguma coisa. Não tem como se criar uma máquina sem uma metrologia efetiva, não sem ter qualidade.

E4: Ensaio, calibração, avaliação da conformidade, propriedade intelectual. Então são aqueles serviços que são necessários na certificação, fazem parte da avaliação da conformidade na maioria das vezes. Isso faz parte do processo para você conseguir lançar um novo produto ou serviço, mas também tem os serviços de testes de ensaios e calibração que são necessários para o desenvolvimento de Novos Produtos.

E5: Quando eu vou para área de laboratório eu digo que eles prestam serviços tecnológicos tanto de calibração quanto de ensaio.

E8: Certificação de produtos, calibração de instrumentos, avaliação de conformidade, medições. Para apoiar o desenvolvimento de uma determinada empresa. Então às vezes é algo para comprovar uma conformidade. Às vezes a gente faz ensaios que a empresa pequena não tem o equipamento que a gente tem. A empresa precisa enxergar, entender o fenômeno que está acontecendo lá para vencer aquele obstáculo que impedindo o desenvolvimento do seu produto.

Dentre os respondentes que apontam que o serviço tecnológico é a **aplicação da metrologia e suas vertentes em situação que exigem inteligência para avanço inovativo**. Destacam-se as falas de E2, E3, e E7 que apontam para a importância desse serviço como “ponte de apoio à inovação”. Como um serviço dotado de inteligência para resolução de um problema.

E2: própria inovação pode ter um serviço tecnológicos. Ele serve de base também principalmente para Inovação, pois ele serve não somente para a qualificação de um produto que já está no mercado. Eles são fundamentais como ponte de apoio a Inovação.

E3: direciona para inovação, quando eu penso em serviço tecnológico, me direciona para atualização, para algo que me ajude a ser mais rápido e eficaz.

E4: é extremamente relevante porque se não houver ensaios testes, não tem como você saber se uma inovação, se o produto inovador está tendo resultados positivos ou não. Da mesma forma se você fizer um teste com equipamentos não calibrado né que você não consiga confiar no equipamento ou na medição. Então você não vai saber o que que está acontecendo aquele produto.

E7: A gente chama serviço tecnológico aqui tudo aquilo que precisa de inovação. A palavra “tecnológico” para nós é exatamente a diferença de um serviço de prateleira, nesse serviço você tem que pensar, planejar, saber o que é, desenhar. Qual o melhor ensaio para aquilo, para onde vai aquilo, saber onde vai ser usado, um serviço que tem inteligência em volta, muita inteligência e inovação, no sentido de criar um produto ou oferecer um serviço que leve o produto para o mercado. Sentar-se, pensar, planejar, desenhar, discutir com seu cliente. Você tem métodos, você tem normas você tem equipamentos calibrados, tem metrologia, mas você precisa desenhar você não sabe de antemão que você vai fazer. Então se você vai fazer um serviço de inovação e você não sabe fazer metrologia você não vai conseguir fazer inovação. Se você não sabe pilotar o equipamento, se você não sabe fazer medida... É ferramenta básica, conhecimento básico para você conseguir fazer a inovação.

Ainda no âmbito da inovação, E1, E4 e E8 apontam que o serviço tecnológico é aquele que se demanda para conseguir um “resultado”, para uma “análise”, na qual a empresa não tem a competência de fazer. Tal avaliação seria fundamental para o desenvolvimento de novos produtos.

E1: Para mim serviço tecnológico é a prestação de alguma atividade que você não tem internalizada na empresa e você aplica uma tecnologia existente, por meio de um procedimento já estabelecido, trazendo resultado para empresa como uma análise, ou um diagnóstico.

E4: para mim se não é uma oferta de serviço que pode ser realizado pela própria empresa ou por uma ICT, algum serviço que ateste alguma coisa do produto ou serviço da empresa

E8: Eu penso serviço tecnológico são atividades realizadas por centros de excelência que tem pessoas qualificadas ambientes qualificados, todas as áreas. Aquilo que as empresas de base tecnológica elas não tem condição de montar um laboratório de metrologia lá dentro delas né. Nem tem demanda para isso. Então quando eu penso em serviços tecnológicos eu penso nessa estrutura. O que é absolutamente indispensável que essas empresas em algum momento vão precisar para desenvolver novos produtos e novos serviços.

E9: alguma expertise que a gente não tem e que não vale a pena a gente montar uma equipe interna para isso já que é um projeto muito específico. Isso surgiu no passado. Fizemos um produto super inovador, fizeram um monte de propaganda, a gente estava gravando todos os vídeos de publicidade, e aí quando começou a entrar o produto não tinha como controlar, garantir as propriedades daquele produto. Então foi uma correria gigantesca, a gente desenvolver métodos para controlar. Mas todo investimento que teve em marketing teve que ser cancelado porque aquele produto não podia ser divulgado. E sabe, o que a gente tem no mundo de internet qualquer blogueiro que fala qualquer coisa que às vezes nem entende daquilo que está falando. O mercado inteiro se muda toda a visão para aquilo que aquela pessoa falou. Então a gente tem que estar muito bem embasado no que a gente faz tem que ter muita segurança. Aí entram serviços tecnológicos porque hoje os testes que a gente faz 95% são externos do grupo, não é nenhuma questão de compliance, mas é porque a gente se apoia em laboratórios que são acreditados que tem procedimentos de referências.

Mesmo frente às duas correntes de atuação apresentadas, nota-se o consenso acerca do processo de medição, da metrologia envolvida nessa prestação. Destaca-se a fala de E1 que indica que o processo de medição é fundamental para o processo inovativo, porém ainda que não haja uma infraestrutura nacional instalada isso não seria impeditivo para o processo de inovação, pois se buscaria por essa assistência no mercado internacional, que muitas vezes tem se mostrado mais eficiente. O entrevistado E9 corrobora com tal argumento, trazendo a questão que ter um bom prestador de serviço tecnológico é tão importante quanto a empresa internalizar um centro de P&D.

E1: Processo inovativo em algum momento vai cair no processo de medir, pois para entender o fenômeno você terá que conhecer esse fenômeno. Essa condição é básica sabe. Mas se isso é uma condição para falta de inovação? Eu diria que não. Pois uma vez a gente precisou de um ensaio que acabou fazendo mais rápido e barato na China do que aqui, então sabe se não tiver esse infra aqui não é por isso que não se vai inovar. Tendo aqui facilita, você vai ter competência local, mas não é impeditivo. Uma empresa que quer inovar ela vai quebrar as barreiras impeditivas.

E9: Eu acho que é mais importante ter esses fornecedores de serviços tecnológico do que o próprio centro de pesquisa em si. Porque, por exemplo, pensando no produto que é focado em material novo, que não foi usado ainda embalagens, não faz sentido contratar vários engenheiros de materiais para desenvolver aquilo que a gente quer. A gente pode contratar uma consultoria com outro laboratório que faça.

Nota-se que a ênfase atribuída à inovação nas empresas, deve prever a demanda por serviços tecnológicos, pois vários requisitos para avanço na escala TRL são ensaios, testes, dentre outros serviços tecnológicos. Desta forma, o prestador de serviços tecnológicos não deve se limitar ao atendimento de demanda, mas, ser também, sobretudo, um agente catalisador dos elementos que condicionam o processo de inovação (CNI, 2005).

4.2.2.2 Mercado e Infraestrutura

Conforme Silva (2007), diferentemente das atividades de PD&I, a prestação de serviços tecnológicos é imersa em um ambiente competitivo, sendo influenciada, como qualquer negócio, por fatores como econômico-financeiros, socioambientais, políticos-legais e tecnológicos. Tal aspecto foi levado aos entrevistados visando identificar características atuais do mercado.

Dentro os pontos de destaque está a **falta de reconhecimento do mercado**, não somente sobre o desconhecimento sobre o termo “serviço tecnológico” como também da própria metrologia. Nas falas de E3 e E7 são notados esses dois pontos.

E3: Hoje eu chamo de serviços de metrologia, mas não tecnológico, nós não temos esse link. Eu vou comprar uma calibração é algo metrológico não tecnológico, sabe. Metrologia não é muito ligado a tecnologia sabe... parece que o termo não chegou no mercado para ele repetir, sabe, não entrou na rotina.

E7: é que o pessoal tenta de certa forma diminuir o valor da metrologia, porque não sabe a complexidade que tem. Fazer uma medida é fácil, fazer uma medida bem-feita é muito difícil. Então a metrologia a gente acha que todas essas coisas são ferramentas para fazer inovação.

Nota-se, que assim como a inovação, há uma dissonância acerca da percepção da importância do serviço tecnológico entre pequenas e grandes empresas.

E6: É um pouco como eu vi há muitos anos um gráfico da ANFAVEA que mostrava como é que eram os erros os defeitos e produtos de acordo com as camadas de fornecedores. Os F1 aqueles fornecedores da primeira camada não tinham erros nos seus produtos ou defeitos a medida que ia se afastando para as camadas mais externas da cadeia de fornecedores você ia aumentando brutalmente a taxa de defeitos. então na época nós discutimos o seguinte é importante atuar na pequena e média produção, principalmente na pequena produção daquele homem que vai produzir uma arruela, porque se ele diminui se ele melhora sua produção da arruela isso impacta positivamente na cadeia como um todo.

E6: Então essa indústria entende isso. Uma indústria automobilística entende isso. Então qualquer indústria que se pretenda ou que já faça... a Petrobras entende isso. qualquer indústria. Qualquer indústria que se pretenda a se posicionar no mercado globalizado entende isso. Alguns setores, vou chamar assim tradicionais, que tratam principalmente só de exportação de commodities, ainda tem um pouco de dificuldade. Se você me perguntar se a pequena e média indústria brasileira entende isso, eu vou te dizer: não. E é a pequena e média indústria que representa um empregador

substancial da mão de obra no Brasil que contribui com uma parcela significativa do PIB brasileiro.

E7: Depende da indústria. Indústria que sim, tem indústria pequena que até conhece, mas tem indústria grande que não conhece. A indústria por questão de mercado em muitos casos é bastante imediatista né. Ela quer colocar o produto no mercado e conseguir dinheiro, fazer um orçamento para manter a operação funcionando né. Mas quando ela descobre que isso é importante ela coloca isso na estratégia dela. Até indústrias pequenas né. A gente tem casos e casos. A gente está trabalhando nesse mercado há mais de 20 anos né. Tem muitos casos de empresas pequenas que quando chega aqui falam “nossa, você tem tudo isso aí...” começa a se aculturar com isso e colocar essa inovação no processo dela.

Tal fato pode ser dado pela falta de conhecimento sobre a temática do empresário ou mesmo dos profissionais que atuam nela. O entrevistado E7 indica que em muitos casos é necessário levar a educação metrológica ao cliente para que ele possa compreendê-la e assim, inclui-la na estratégia da empresa. O entrevistado E4 defende que há uma necessidade de valorização metrológica entre empreendedores, startups e até mesmo entre os pesquisadores. O entrevistado E6 corrobora com isso afirmando que hoje no Brasil há muitos pesquisadores que desconhecem a importância da metrologia. Nesse sentido, E4 aponta a preocupação de publicações de experimentos sem respaldo metrológico, levando a resultados questionáveis.

E4: Eu acho que antes disso é o que precisa ser feito é a valorização né de serviços. Eu acho que antes de criar instrumentos de incentivos, tem que trabalhar na valorização da importância do que significam esses serviços para o processo como todo. Isso não está claro para muitos empreendedores, muitas startups, eles chegam achando que está tudo certo. O sistema chegou, a máquina chegou da fábrica, está medindo, ele acredita naquilo que está sendo mostrado. Você vai no médico ele não sabe como é que funciona aquele aparelho de pressão. Ele mede, acredita a balança dele que faz anos que não calibra. Ele acha que está certo, então existe um desconhecimento de profissionais que utilizam medições, que desconhecem a importância da metrologia. Então tem muita gente fazendo pesquisa errado por aí publicando paper com dados errados né e está sendo usado hoje na era do conhecimento onde você usa a informação de base secundárias. As vezes esses dados não são tão confiáveis assim. Agora nem os pesquisadores sabem disso então isso é um problema, que a gente viu no projeto a gente teve é de nanotecnologia “modernity” que teve os resultados muito interessantes. Porém nenhum desses laboratórios é acreditado, então eles fizeram uma comparação interlaboratorial e descobriram muitas divergências e foi muito interessante porque eles não sabiam que estavam medindo errado.

E6: E sabe, o que acontece hoje é que o muitos pesquisadores desconhecem a metrologia.

Um fator que tem impacto direto no mercado é a infraestrutura instalada destes prestadores de serviços. Não apenas com relação a disponibilidade de maquinário, mas também como a disponibilização de diferentes formas de atendimento ao mercado nacional. Reis (2018)

explica que a infraestrutura tecnológica é definida como um conjunto de arranjos institucionais organizados com o objetivo básico de facilitar a disseminação de tecnologia e outros conhecimentos relacionados, para auxiliar no desenvolvimento de capacidades tecnológicas e na adoção, produção e comercialização de inovações.

Quando questionados sobre a infraestrutura brasileira, percebeu-se entre os entrevistados um predominante entendimento que as **instalações atuais são suficientes para atendimentos da demanda atual**, destacando-se uma ótima estrutura coordenada pelo Inmetro e a importante contribuição do programa SIBRATEC para a estruturação do mercado nacional. Tal fato vai ao encontro com o que Tironi (2016b) aponta como característica do arcabouço institucional de serviços tecnológicos brasileiros, que possui uma fundação bastante sólida, tendo condições de responder às demandas atuais do mercado.

E1: Eu não sou dessa turma que acha que falta serviço tecnológico no Brasil, eu acho que a demanda é puxada pelo mercado. O mercado chama aquilo que se precisa no momento que precisa, e uma infraestrutura dessa não é difícil de se montar, em um ano se monta. Não se precisa montar infra precedentes, tem que se deixar o mercado reclamar por ela. Hoje o mercado brasileiro está subutilizado, pela experiência que tenho do mercado, os laboratórios têm um uso de 20 a 30% da sua capacidade, nenhum deles trabalha em 2 turnos. Então tem fila porque quer. A questão não é infraestrutura e sim gestão.

E2: Eu acho que temos excelentes laboratórios e a oferta está ok

E4: Olha ele está muito melhor do que a 15 anos atrás quando SIBRATEC começou.

E7: Eu acho que tendo demanda os laboratórios brasileiros são laboratórios de alta qualidade que tem ISO 17025 laboratório de primeiro mundo né. Então é questão de ter demanda para que tenha a inovação, mas ter competência, tem sim.

E8: Eu vejo na área de calibração rede brasileira de calibração né ela tem uma estrutura muito bem configurada que dá suporte às demandas da indústria brasileira nesta parte de calibração de instrumentos. Na parte de ensaios não conheço muito, mas está estruturada a rede brasileira de laboratórios de ensaio do Inmetro que é bem conduzida bem-organizada e coordenada pelo Inmetro. Então assim alma estrutura se ela funciona bem

Pondera-se também, que apesar de haver uma estrutura instalada capaz de atender ao mercado nacional ainda há algumas lacunas que precisam ser superadas. Frisa-se como frágil o **baixo nível de profissionalismo na prestação desse tipo de serviços**, que em grande parte ainda é vinculada a uma universidade ou uma estatal. Neste ponto o entrevistado E1 registra que apesar de haver a infraestrutura de ponta instalada, nesses ambientes, parece não haver interesse em atender ao mercado. Os entrevistados E2 e E7 anotam para a necessidade de ferramentas de comunicação mais assertivas com o mercado para a promoção de seus serviços, assim como sistemas que possam dinamizar a captura da demanda. O entrevistado E3 também aponta sobre a questão da disponibilidade de mercado, destacando a dificuldade de contratar certos serviços por excesso de ocupação do fornecedor.

E1: O maior problema é gestão, o vínculo com a universidade, ou uma estatal. E o vínculo é muito mais técnico do que de gestão. Daí o rapaz tem toda uma infraestrutura, mas a gestão não funciona. Tem uma fila enorme que não anda. Por exemplo um laboratório privado consegue atender melhor ao mercado que muito laboratório que se diz de ponta por ter as melhores máquinas. As empresas procuram os serviços, mas prazos e preços não atendem a realidade atual. E quando você vê uma reclamação de um serviço de R\$200, R\$300 reais para uma empresa que está contratando isso para uma inovação que está na casa dos bilhões, não pode ser esse um impeditivo. O maior problema não é a falta de laboratórios e sim o profissionalismo. A falta de visão de negócios desses prestadores.

E2: O que eu tenho percebido é que a demanda e a oferta estão descasadas. A demanda porque talvez não saiba que exista a oferta. eu acho que temos essa questão, acho que temos questões logísticas a serem superadas. Então quando a gente fala em trabalho em rede é tentar fazer isso, e não replicar estruturas, mas sim usar as existentes mesmo que elas não estejam fisicamente no lugar da demanda. Mas acho que hoje há um descasamento entre oferta e demanda. Mas eu acho que a oferta existe, ela só precisa ser mais bem identificada, mais bem divulgada.

E3: Tem problemas com relação a disponibilidade de mercado, hoje aqui na região, por exemplo, só tem uma opção, que tem muita demanda. Se observa que o mercado tem muito PJ que saiu das indústrias para prestar algum tipo de serviço. Não apenas para rotinas, mas principalmente para medições especiais, por exemplo, quando se precisa de algo mais elaborada - tipo aqui no SENAI - o valor acaba ficando mais caro. Diferente por exemplo da Europa, Alemanha, que tem muito opção no mercado, daí o valor fica mais acessível. E isso é geral no Brasil, já andei muito por SC, SP, RJ, e vejo que isso acontece por vários locais no Brasil. Tanto que quando a gente precisa de uma demanda de medição mais de ponta, com um nível de conhecimento maior, muitas vezes se recorre ao fabricante do equipamento e não ao laboratório por esse não ter qualificação para atender.

E6: Nenhum laboratório nosso da universidade poderia fazer parcerias com indústrias porque não tem nenhuma estrutura de gestão da qualidade implantada

E7: Falta assim por exemplo a indústria tem dificuldade em conhecer o laboratório as nossas a gente no centro de pesquisa não é todos né, mas a maioria não tem uma interface um site muito amigável muito que transparece. acho que você está acostumada com isso também quando você tem um pessoal que vem visitar a empresa e diz “Nossa não sabia que vocês tinham tudo isso”. então a gente não consegue expor a nossa competência não consegue criar canais. Então está melhorando muito, mas falta muita coisa assim a gente tem coisa que pode melhorar bastante.

E9: A gente teve algumas dificuldades sim, mas eu não sei se eu posso dizer que foi uma dificuldade por não ter, ou porque a gente não procurou o suficiente talvez. Eu não sei se seria a única o banco que a gente pudesse pesquisar, mas a gente acabou indo para algumas startup e no final declinaram do projeto.

Nota-se que o conhecimento metrológico, bem como sua importância, tende a decrescer na cadeia de rastreabilidade da metrologia, chegando a discrepâncias significativas entre laboratórios de referência e empresas de alguns setores econômicos. Isso afeta diretamente a competitividade dos prestadores de serviços tecnológicos. Um desafio encontrado, nesses mercados, é o aumento da capacidade de percepção de valor por parte dos clientes, tornando-os exigentes quanto à qualidade das medições e conscientes no uso dos resultados metrológicos.

4.2.3 Indústria 4.0

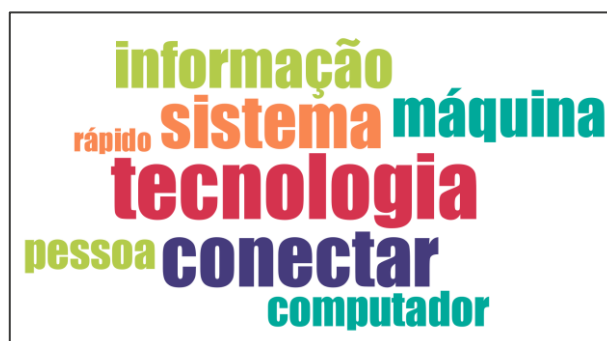
Na presente seção serão abordados os relatos dos entrevistados relacionados à questão da indústria 4.0, sendo estes subdivididos nas duas subcategorias referentes a este tópico: conceitualização e; desafios da implementação do modelo no Brasil.

4.2.3.1 Conceitualização

Conforme exposto na revisão da literatura, entende-se que o conceito de Indústria 4.0 é complexo, multifacetado, e aponta para uma possível mudança de paradigmas de produção possibilitado pela inserção de novas tecnologias de comunicação e informação nas indústrias. Julga-se que a aplicação das novas tecnologias, integradas ao processo de produção, ou mesmo ao produto, constituem uma grande alavanca para permitir que as empresas ofereçam soluções enriquecidas, mais seguras, mais flexíveis, mais confiáveis e competitivas. Porém, para que tais ações possam ser implantadas Schumacher; Erol e Sihh (2016) apontam que é fundamental ter o entendimento do que o modelo “indústria 4.0”, de fato, significa.

Nesse sentido, foi questionado aos entrevistados o que eles entendem pelo modelo “Indústria 4.0”. As palavras mais frequentes associadas ao tema nas respostas se encontram na Figura 7.

Figura 7 - Nuvem de palavras conceito de "indústria 4.0"



Fonte: Elaboração Própria (2021).

Nota-se que a palavra “tecnologia” baliza o entendimento de indústria 4.0 dos entrevistados, porém estes a avaliam como “habilitadora” do modelo e não como sendo a característica “diferenciadora”. O entrevistado E1 traz como exemplo uma indústria que atualmente possui menos robôs que antigamente, e hoje é muito mais “4.0” que antes. O

entrevistado E8 corrobora apontando que toda a tecnologia disponível hoje anunciada no modelo já estava disponível há anos atrás e que o grande diferencial é o uso inteligente e integrado dessas ferramentas. Tal aspecto é observado na literatura nos trabalhos de Hermann, Pentek e Otto (2016), Schumacher, Erol e Sihn (2016), Salkin et al. (2018) e Oztemel e Gursev (2020).

E1: Tem um caso muito famoso de um fabricante de computadores, que a fábrica mais automatizada que eu já estive, e quando eu visitei a fábrica a uns 3 anos atrás me chamou atenção pois não tinha nenhum robô na linha. E eles disseram que para aumentar a eficiência tiveram que renunciar a tudo aquilo que estava amarrando. Antigamente se comprava só um modelo de computador, hoje se fabrica customizado então eu não posso ter um sistema rígido de produção. A fábrica hoje é muito mais inteligente, 4.0, que antigamente. Uma das diferenças não é você fazer uma automação de algo e sim uma autonomia de algo, ou seja, dar inteligência para esse robô/ algoritmo, para que ele se autoconfigure a esse ambiente. Receber a informação certa no momento certo. A indústria 4.0 passa por esse sinônimo de transformação digital que é o que estamos vivenciando hoje. Passa por essa digitalização que essa capacidade de ter um modelo digital que reproduz as condições de maneira virtual dos recursos que eu tenho e com ele eu consigo saber o meu ponto ótimo e consigo trabalhar de uma maneira mais preditiva, por meio do mapeamento da performance do sistema.

E8: Eu quando falo indústria 4.0, na minha cabeça vem não vejo muita mudança tecnológica para 3.0 na verdade - tudo isso já existia 10 anos. Então que eu vejo agora é mais a questão da inteligência, de usar essas ferramentas para criar uma transformação. Então eu vou mais nessa linha, de que isso já existia há 15 anos, mas agora alguém pegou isso aqui e disse “poxa isso aqui serve para revolucionar a maneira de produzir”. É diferente da 3.0 que não existia o robô, né. O robô veio. Da 3.0 para baixo já existia o robô, mas agora o robô pensa. Ele sente o que passa ao seu redor e se comunica lá com outra máquina perto dele e eles trocam decisões.

Na visão dos entrevistados, a indústria 4.0 é embarcada de sistemas e computadores que geram informações, capazes de conectar máquinas para uma tomada de decisão mais rápida. Dentre os termos mais apresentados estão: **inteligência, integração e conexão**. Conceito este, muito próximo ao que Roblek, Meško e Krapež (2016) trazem como “*Smart factory, smart manufacturing, intelligent factory*”, que pontuam que a “indústria 4.0” será mais “inteligente”, flexível e dinâmica, equipada com tecnologias que terão a capacidade de melhorar os processos por meio da auto otimização e tomada de decisão autônoma.

E3: Industria 4.0: comunicação rápida entre máquinas, única, não passando entre várias máquinas. Para mim o mais importante é a conectividade, conexão e dos mais diversos elo da cadeia, então é claro que para isso você precisa de tecnologia. Acho que o mais importante de tudo é essa integração desde a concepção de novo produto até o cliente final, vai passando toda a manufatura, a comercialização, então a integração de todas as etapas, é para mim é isso que significa indústria 4.0

E4: Para mim o mais importante é a conectividade, conexão dos mais diversos elos da cadeia. Então é claro que para isso você precisa de tecnologia, mas o acho que o mais importante de tudo é essa integração, desde a concepção de um novo produto até o cliente final.

E5: Indústria 4.0, inovação tecnológica, isso tudo passa por uma grande transformação né. Tudo que está me perguntando de uma certa forma tá conectado. E a palavra-chave é essa: conectado.

E6: Desde a gestão da qualidade, a gestão de ferramentas. Aí você pode entrar a questão da robotização, da automação, dos processos de logística, de controle. É diferente do que a gente chama de da indústria 3.0 onde você tinha incorporação de microeletrônica, mas ainda se não tinha um processo - vou chamar assim, mas abrangente. Uma coisa você botar um computador gerenciando uma ferramenta, outra coisa quando você tem computador gerenciando computadores que gerenciam ferramentas.

E7: 4.0 vai fazer isso de uma maneira mais rápida, mais moderna, mais estruturada, quer dizer, pegar os conhecimentos, colocar nas nuvens, colocar na máquina, de uma maneira que você consiga fazer o serviço em qualquer lugar, muito rápido.

E2: a cultura 4.0 a gente fala o tempo em quatro pilares né, processos de cadeia de suprimentos, sim de tecnologias habilitadoras, mas o fundamental são as pessoas. E2: A indústria 4.0 não é essa tecnologia, não é um treinamento, ela é uma mudança de Cultura não é pontual ela engloba uma série de outros fatores, eles não tiverem em conjunto, se eles tiverem desbalanceado não vai funcionar.

Apesar de parecer haver um consenso entre os entrevistados acerca do que seria “indústria 4.0”, eles apontam que o mercado ainda não conta com o mesmo entendimento, havendo um grande ruído por trás do termo.

E1: Tem várias frentes no mercado. Tem gente que acha que 4.0 é automação, robô. Então se você tem um processo que está errado e automatiza o erro, você tem um processo robotizado burro.

E2: quando a se fala de indústria 4.0 se fala assim, a gente vai digitalizar, a gente vai colocar sensores e conectores e interligar isso com um software que vai dar para gente o controle da produção em tempo real na palma da mão. Mas não é só isso. A gente vê um desbalanceamento enorme, a gente vê pessoas usando tecnologias habilitadoras e esquecendo pessoas, ou então assim querendo digitalizar sem ainda otimizar os processos, eliminar uma série de desperdícios, otimizar a linha produtiva. são querendo colocar a carroça na frente dos bois e como se não reformasse a casa e trocar os moveis coloca tudo muito tecnológico, mas a parede está caindo.

E6: Se você for juntar esse pacote todo né eu diria que nós estamos com perspectivas não muito otimistas entendido muito discurso 4.0 e tudo agora é 4.0, paçoca 4.0, é tainha 4.0, mas ninguém sabe o que raios é 4.0.

E8: Eu tenho às vezes muita rejeição a modismos e vejo que sempre que surge um termo novo desse muita gente usa como uma promoção como se fosse um marketing. Começa a falar comportamento 4.0, profissional 4.0, escritório 4.0.

E7: A indústria quando ela vê uma atração, se ela vir no mercado o que ela pode ganhar com isso, no sentido de inovar, de rapidez, confiança, de agregar conhecimento e armazenar conhecimento, ela vai estar disposta a fazer isso aí. A indústria sempre precisa de Treinamento, consultoria, conhecimento, experiências, coisa assim nesse sentido além de ferramentas é para fazer isso.

E9: No Grupo hoje tem uma movimentação muito grande para digitalização de produção de vários processos, até questão de treinamento está muito focado na

indústria 4.0. Não sei se o conceito que eles estão usando tá certo porque muitas coisas que eu vejo é uma indústria 3.0 estão chamando de 4.0 e não faz sentido. Mas eu vejo que está meio bagunçado na indústria como um todo, o pessoal mais científico que trabalha mais com isso não tem tanta clareza. Eu já vi, por exemplo, no jornal empresa preparada para quarta revolução industrial, eu acho que tinham comprado 50, 60 robôs não tinha nada a ver com 4.0.

A literatura aponta para o mesmo sentido de desorientação do mercado. Drath e Horch ainda em 2014, avaliaram que esse desalinhamento era o resultado das inúmeras iniciativas internacionais e ao marketing que os autores definiam como “excessivamente ambicioso”. Tal aspecto é percebido em várias publicações nacionais, que desde 2016 vêm apontando para um baixo nível de conhecimento do mercado sobre o fenômeno (CNI, 2016; CONTADOR et al., 2020; IEDI, 2018b; SATYRO et al., 2019).

4.2.3.2 *Desafios da Implementação do modelo no Brasil*

A revisão literária aponta que a Indústria 4.0 traz uma grande transformação embarcada de desafios, que requerem um planejamento estratégico da força de trabalho, uma estrutura organizacional adequada e, o desenvolvimento de parcerias para criar e compartilhar a padronização tecnológica (CRNJAC; VEŽA; BANDUKA, 2017; DAUDT; WILLCOX, 2016; ROBLEK; MEŠKO; KRAPEŽ, 2016; SALKIN et al., 2018).

Quando avaliada a implementação desse modelo no Brasil, nota-se um grande atraso frente a alguns países centrais (IEDI, 2017; IEDI, 2019). Os entrevistados E1 e E6 apontam para **a necessidade de uma política industrial** mais forte no Brasil. Suzigan e Furtado, ainda em 2010, avaliavam que apesar da notável mudança institucional ocorrida no Brasil, marcada por ações como abertura da economia, privatizações, regulações, suas instituições pouco evoluíram não conseguindo ainda serem capazes de atuar em uma reorganização institucional, pelo agrupamento das estruturas, dos instrumentos e das competências (SUZIGAN; FURTADO, 2010). O IPEA em 2017 apontou que há ainda uma grande dispersão e a ausência de foco, relativas a projetos estratégicos para o desenvolvimento econômico e social capazes de garantir a confiabilidade interna e externa do país (IPEA, 2017). Vieira, Ouriques e Arend (2020) pontuam que há falta de reação brasileira frente à Indústria 4.0.

E6: Fica mais complicado ainda se você não tiver a compreensão da importância de fortalecimento da indústria nacional. Eu acho que os países centrais têm muito claro. Você vê isso quando a indústria americana diz que não quer os chineses lá, não é só porque os chineses estão fazendo espionagem, é porque a entrada dos chineses complica a vida da indústria Americana. A Huawei compete lá com a Cisco. Cada um quer manter o seu nicho - nós não. Isso tem que ser uma política industrial. Se

você esperar que espontaneamente isso ocorra vai demorar muito tempo, isso tem que ser fruto de uma política Industrial que queira garantir a competitividade da indústria Nacional.

E1: Eu vejo que o Brasil, diferente de outros países, ele é industrializado com um parque fabril diverso, que se a gente conseguir ter uma abertura maior da economia, por uma questão de competição, se terá uma avanço tecnológico.

E5: A outra questão também é sobre a ótica do conhecimento né. Eu vejo sim que em várias universidades no Brasil já estão trabalhando nisso. Vejo que centro de pesquisas também já estão trabalhando nisso, mas eu percebo que são coisas pontuais, não são coisas sistêmicas. Então entendo que isso é o outro gargalo que possa ser.

E3: Eu acredito que um grande gargalo é incentivo, principalmente da parte do governo. Hoje eu não vejo o governo presente dentro da empresa. Facilitar também a questão de impostos para a importações. Mão de obra está muito complicado, a nova geração não vê muito interesse.

Aponta-se que Estado deva ter um papel central nesse momento de implantação do modelo “indústria 4.0”. De acordo com Perez (2004), a propagação de uma revolução tecnológica não ocorre automaticamente e nem de forma síncrona do centro para a periferia, dependendo do desenvolvimento de estratégias para a atração e absorção destas. Vieira, Ouriques e Arend (2020) destacam que o Estado tem se mostrado indispensável para implantação do modelo “indústria 4.0” nos países centrais como Alemanha, Inglaterra, França, EUA e Japão.

Ao avaliar o panorama do mercado nacional, é imprescindível **o olhar para as micro e pequenas empresas** (MPEs), as quais apresentam grande relevância para a taxa de conjuntura brasileira, como também para o Produto Interno Bruto (PIB) e demais estatísticas empresariais. Empresas desse porte, no entanto, tendem a apresentar mais dificuldades quanto à inserção da Indústria 4.0 em seus processos produtivos, visto que geralmente possuem um baixo fundo para capital de riscos (ISZCZUK et al., 2021). Os entrevistados avaliam como fundamental a inserção das pequenas e médias empresas no processo evolutivo da Indústria 4.0 no Brasil, entendendo que essas serão puxadas pelas grandes empresas das quais atuam como fornecedores.

E2: Não eu tenho plena certeza de que a gente vai alcançar muito, mas eu acho que a gente precisa muito a investir nas pequenas e médias. As grandes a gente vê que ela tem toda essa questão de cultura muito enraizada, ela tem os seus processos muito bem interligados preparados para receber tecnologias 4.0. O que acontece é que muitas dessas pequenas e médias empresas elas fazem parte da cadeia de fornecedores dessa grande, então o grande gargalo aí, é que você tá uma grande empresa totalmente preparada, totalmente conectada, digitalizada, só que ela tem um único fornecedor é uma média empresa que causa uma pintura ali acabou toda a sua estrutura ela não quer mais. Então nosso desafio hoje eu acho que é o olhar mais agregador as pequenas e médias empresas e trazer elas também para esse jogo.

E4: Eu acho ainda não é no momento para todas as empresas, mas certa forma acho que tem empresas que vão levar o setor inteiro. Tem as empresas âncoras e tem aquelas que são seguidoras, que prestam serviços, então elas vão precisar se adequar a essa nova filosofia.

E5: Então eu penso que se nós não chegarmos nessas pequenas e médias empresas com esse conceito com essa tecnologia da indústria 4.0, nós vamos ter muita dificuldade no futuro. O futuro próximo não é um futuro longínquo não.

E9: Então eu acho que vai acabar entrando algumas empresas maiores, depois vem as menores atrás meio que obrigadas a seguir esse formato. Eu acredito que estas não terão dificuldade de implementar os conceitos.

Adiciona-se como desafio no cenário brasileiro o **acesso às tecnologias habilitadoras**, que apesar de estarem em pauta nos planos do governo (BRASIL, 2021a), ainda são ponto de preocupação entre os entrevistados. Destaca-se o receio do entrevistado E8, que aponta que algumas tecnologias no mercado externo são “banais”, ou seja, qualquer indústria tem, mas aqui no Brasil são “elitizadas”, apenas indústrias de grande porte têm acesso. O entrevistado E5 também traz o desafio de levar as tecnologias habilitadoras a todos, tomando como atenção o grande limite territorial do Brasil e a dificuldade de homogeneizar a infraestrutura instalada.

E3: Até mesmo em relação a equipamentos nas empresas que são bem deficientes.

E8: Concordo com algumas, algumas sim. Eu não vejo assim uma disseminação muito grande pelo poder financeiro das nossas empresas. As novidades elas são de um custo atrativo lá fora, mas quando chega aqui é muito pesado para nossa indústria pequena e média, que é a grande maioria. Então algo que é banal lá para nós é elitizado. Isso em termos do usuário comum isso vai para indústria também. A gente vê a gente passeia para Alemanha países a gente vê equipamentos em empresas pequenas que aqui a gente só vê em montadora de automóvel. Isso eu vejo como desafio porque é você estar com telefone de 20 anos atrás e seu concorrente lá está com telefone último tipo. Para ele custa mil dinheiros para gente custa 7000 dinheiros. E a indústria nossa nesse aspecto tem pouco apoio eu acho assim.

E1: Eu vejo muito mais o acesso as tecnologias como prioritário, questões tributárias, que as empresas possam ir adotando as tecnologias, para que não precisamos ficar fechados esperando uma universidade ou uma startup inventar algo para que possamos usar. É um processo combinado sabe, tem que ter startup, universidade, mas tem que ter acesso a tecnologia, principalmente naquelas tecnologias que vão impulsionar a indústria.

E5: Tem um relatório recente que eu li no Brasil né que nós estamos falando em 5g. Mas veja, várias regiões do Brasil, não é um estado ou município ou um lugarejo, vários locais no Brasil nós não temos nem 2G. Então veja essa questão da estrutura a meu ver é um grande gargalo que deva ser ultrapassado, principalmente porque o Brasil é um país muito grande. Então eu penso que um dos gargalos principais sobre essa questão é fazer com que um grupo significativo de setor produtivo no Brasil tenha a possibilidade de acesso a essa tecnologia 4.0.

E7: O primeiro é saber como transferir o processo que ela tem hoje para um processo 4.0. Entender essa parte de virtualização das coisas. A indústria também tem certos receios de perder informações, e expor, de abrir coisas que ela não pode abrir, enfim.

Atenta-se que para o Brasil é fundamental a manutenção constante de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento seja de fonte pública ou privada. Arbix et al., (2017) ponderam que em momentos de crise, recessão econômica e contração de economia, tal aporte torna-se ainda mais deficitário. Para que essa situação seja revertida, Dosi, Freeman e Fabiani (1994) apontam como essencial que os países invistam em infraestrutura e mudanças institucionais, ou seja, em investimentos em educação, treinamento, P&D e outras atividades científicas e técnicas. O desafio da **educação e o investimento em pessoas** é presente na fala dos entrevistados. Os entrevistados apontam para a necessidade de uma reformulação do ensino em engenharia para que esse possa ser mais pragmático e consiga atender às necessidades do mercado atual. Atenta-se que esse tema já tem se mostrado foco de atenção por alguns pesquisadores, em uma pesquisa simples com os termo “*”ensino” AND ”industria 4.0”*” no Google Acadêmico® é possível encontrar mais de 3.000⁷ publicações referentes ao tema.

E1: O que se precisa é um conjunto de novos profissionais, da "nova safra" que cheguem com vontade de fazer essa transformação. Você vai trabalhar durante um período com um público que não tem acesso, mas ao vir uma nova geração ela já vem com isso pronto. Você vai trabalhar durante um período com um público que não tem acesso, mas ao vir uma nova geração ela já vem com isso pronto. No setor industrial é isso, se tem empresas com a carinha da vovô, com pessoas que tem o mesmo pensamento de 40 anos atras, que colocar duas máquinas para conversar é algo muito distante, mas para um estagiário que acabou de entrar aquilo ele fazia em casa brincando. é um processo natural, que vai acontecer naturalmente.

E2: A gente vê um desbalanceamento enorme, a gente vê pessoas usando tecnologias habilitadoras e esquecendo pessoas, ou então assim querendo digitalizar sem ainda otimizar os processos, eliminar uma serie de desperdícios, otimizar a linha produtiva.

E3: Em algumas empresas que prestam serviços contratam muitos iniciantes, tipo o cara que acabou de se formar no SENAI, mas quando a gente precisa de mais detalhes técnicos é muito difícil de encontrar alguém para atender. De uma forma geral o que eu vejo também que essa geração nova vem perdendo o interesse na indústria, quer trabalhar com programação, com games, o que torna muito difícil conseguir mão de obra para trabalhar na indústria.

E6: Nós temos a nossa mão de obra e aí eu estou falando principalmente de Engenheiros e técnicos, esse não tem uma qualidade às vezes requerida para operar isso tudo que se faz na indústria. Outro dia escutei “Na universidade vocês entregam engenheiro que a gente tem que gastar um ano depois para formar o cara de novo!”. Nós estamos chegando no limite. Você vai ver esses meninos que estão sendo formado no mestrado, doutorado, ir embora indo para o exterior. E repor essa turma dá muito trabalho aí o custo é muito mais alto.

E8: Eu valorizo bastante a necessidade de formação educacional, isso é uma coisa que a gente tem que melhorar, muito mesmo. Eu participo de grupos de discussões no LinkedIn em grupos dos Estados Unidos e do Brasil. Nos grupos no Brasil eu tive discussões ótimas, mas nos Estados Unidos grupos são muito avançadas. No Brasil a gente ainda tem uma engenharia com muita matemática, física, uma base muito sólida

⁷ Pesquisa realizada em 23/08/2021

de conhecimentos matemáticos e físicos. Bacana, mas por exemplo eu fui aos Estados Unidos em 2015 e visitei a universidade da Flórida. A engenharia deles é 4 anos. Em cinco anos eles fazem duas engenharias: mecânica e aeroespacial. Em seis anos saem com mestrado. É um ano e meio a parte básica de matemática deles. Depois se eles vão fazer mestrado, eles vão ver aquele complemento no mestrado. É um pouco mais pragmática nesse sentido.

E9: Mas mão de obra a gente pega um ponto bem crítico. A gente não tem hoje tantos especialistas, eu não sei também enquanto academia está evoluindo. Os currículos ficam 5, 10 anos sem se atualizar e uma disciplina que está super em alta não é vista pelo pessoal que está formando. Não vou dizer que a culpa é só da academia, mas eu acho que o grande começo vai ser mão de obra. Ou a gente vai trazer de fora ou a gente vai mandar para fora ser treinada porque aqui não vejo evolução do conhecimento ser tão rápido quanto a tecnologia da indústria 4.0 exige.

Destaca-se que os pontos de atenção apresentados pelos entrevistados - necessidade de política industrial nacional, acesso a tecnologias habilitadoras e educação dos profissionais - são semelhantes aos resultados apontados pelas pesquisas de Contador et. al., (2020) e Satyro et al. (2019) que apontam que os desafios mais avaliados em seus estudos são: ausência de políticas governamentais de incentivo para subsídios de tecnologias e, falta de mão de obra qualificada seja em aspectos técnicos ou de gestão moderna.

4.2.4 Olhando para a Frente: o futuro dos serviços Tecnológicos

Na presente seção serão abordados os relatos dos entrevistados relacionados à questão do futuro dos serviços tecnológicos, sendo estes subdivididos nas duas subcategorias referentes a este tópico: desafios e; oportunidades.

4.2.4.1 Desafios e oportunidades

Com a demanda crescente de produtos e serviços personalizados, característica da Indústria 4.0, aumentam também os requisitos de eficiência de recursos e a flexibilidade dos processos de produção atuais. Um grande desafio é como garantir a qualidade desses processos e produtos (LAZZARI et al., 2017). Partindo do entendimento que os serviços tecnológicos são fundamentais para a garantia da qualidade dos produtos industriais, entende-se que estes devam acompanhar as tendências do modelo industrial em ascensão, necessitando adotar características modernas e inovadoras. Para que tal movimento ocorra, uma série de desafios são aparentes para os prestadores de serviços tecnológicos.

Ao longo das conversas, os entrevistados sinalizaram alguns desafios que são aparentes para possibilitar a integração da prestação junto as indústrias 4.0 e ao mercado atual. Dentre os temas apresentados destacam-se a necessidade **de melhorar a interatividade e a comunicação entre fornecedores e consumidores**. Rogers (2017) assinala que à medida que a digitalização avança nos negócios, ela também deve permitir que os humanos interajam, se comuniquem e se interliguem mais facilmente por meio de plataformas e ferramentas virtuais, de uma forma mais autêntica e de forma intuitiva. Entende-se que a melhora na comunicação seja fundamental para uma ação de educação do mercado, auxiliando na disseminação da cultura metrológica, fator esse apresentado no item 4.2.2.2 como característica do mercado nacional.

E2: Há necessidade de uma comunicação integrada da oferta de serviços, entre os prestadores, mas também integrada no sentido de ter uma comunicação remota, por exemplo, em que o prestador e a indústria também isso uma velocidade maior de comunicação e oferta dos serviços.

E7: Agora nessa fase 4.0 a ideia de trazer a inovação é quase imprescindível. Sabe hoje a gente não está fazendo muito esforço nesse sentido e daqui a pouco vai estar para trás porque a indústria vai demandar em um modo que a gente não vai estar pronto para atender. A indústria 4.0 vai ter muitos problemas que ela vai ter que resolver "ontem". É essa interatividade, o laboratório deve estar alinhado com isso. Então o laboratório não pode atrasar a indústria, não pode atrasar para colocar um produto no mercado.

E3: A velocidade de entrega do serviço terá que ser maior, que deverá ser adequada a indústria.

E4: Integração para mim, entre os prestador e a indústria.

E6: Se nós não divulgarmos, não tivermos um plano de comunicação, quer seja para o consumidor final... O Brasil é uma questão cultural. Infelizmente nós até melhoramos nos últimos anos, mas nós estamos longe de ser uma sociedade culturalmente capaz de identificar produtos confiáveis e não-confiáveis. Essa que é a grande realidade. Então essa cultura tem que ser mudada e as tecnologias devem ajudar nesse sentido de comunicar. Por exemplo, o Inmetro lança um programa de inclusão do consumidor e não divulgo, não mostro a esse consumidor a importância dele para que ele adquira um produto mais confiável, ele não vai saber. E as coisas não vão mudar.

E7: A melhor divulgação das competências, do que o laboratório pode fazer. Ainda falta muita coisa. Tem muitas indústrias que não sabem o potencial que um laboratório tem para ajudar. Sabe tem que se analisar os processos e analisar quais os pontos que ainda estão soltos.

O entrevistado E8 ressalta que essa interatividade não deve ser apenas no sentido mecânico para aumentar a velocidade da comunicação, mas também como uma forma de aproximar o cliente para acolhimento.

E8: Então essa imersão que eu penso em indústria 4.0, a metrologia na indústria eu pego a minha tridimensional e coloco lá no processo industrial. Em termos de serviços tecnológicos eu penso nessa imersão dos prestadores de serviços dentro dos seus clientes. Não dá para ser uma imersão física, como é a tridimensional do lado do robô, mas uma imersão no ponto de vista de comunicação de presença de

proximidade assim. Não é uma proximidade física, mas é uma proximidade do seu cliente. E aí vai demandar da conectividade de dados todas essas tecnologias para fazer isso acontecer e uma inteligência analítica para prestador de serviço eu acho que isso é uma coisa aqui tem um poder de fidelizar o cliente. Uma coisa você vai receber uma peça para medir aí você mede desenho mede resultado relatório e tchau. Isso para mim distância. Se você passa junto com esse relatório algum tipo de análise que ele não tenha pedido. Alguma orientação não assumindo a responsabilidade nisso. Mas é o cliente se sentir acolhido, então não é só eu ter a melhor máquina do Brasil de medir, não é só eu ter o melhor ambiente do Brasil, o melhor técnico metrologista, mas eu tenho uma pessoa que acolhe as minhas angústias, que acolhe os meus problemas, e isso eu vejo como 4.0, um game-changer.

O entrevistado E2 traz a integração, no sentido de maior **interação entre os fornecedores de serviços tecnológicos para que esses possam ganhar força no mercado nacional**. O entrevistado E9 aponta a necessidade de haver um portal integrado de prestação de serviços tecnológicos para facilitar a localização do fornecedor pelo mercado demandante. Apesar da necessidade aparente, entende-se que a criação de redes tecnológicas foi uma prática já incentivada pelo MCTIC via programa SIBRATEC de Serviços Tecnológicos. O objetivo das redes era apoiar as empresas, prestando serviços de metrologia, normalização e avaliação de conformidade visando à superação de exigências técnicas de acesso a mercados. Ao todo foram fomentadas 19 Redes Temáticas SIBRATEC de Serviços Tecnológicos (ST) dentre os setores sangue e hemoderivados, produtos e dispositivos eletrônicos, transformados plásticos, produtos para a saúde, produtos de manufatura mecânica, dentre outros (FINEP, 2021). Adiciona-se que o Brasil hoje conta com 16 redes metrológicas ativas, que têm por objetivo o desenvolvimento regional da cultura metrológica e a elevação da qualificação técnica da infraestrutura metrológica existente (INMETRO, 2020). Dada a necessidade ainda aparente do mercado, avalia-se que essas redes apresentam poucas ações formais no sentido de levar os atores envolvidos a exercer atividades mais amplas e profundas de cooperação comercial e estratégica, troca de informações ou conhecimentos (PUFFAL; JÚNIOR, 2008).

E2: Um outro ponto fundamental hoje é unir força com aqueles que tem a oferta: CERTI, SENAI, Falcão Bauer, uma serie de laboratórios. Enfim identificar junto com o Inmetro aquilo que agrega valor. Tentar identificar nessa oferta o que realmente, está sendo contratado, o que a realmente a indústria precisa e readequar alguns produtos e unir forças é assim uma grande rede onde todos só tem a ganhar. Hoje eu vejo assim, a maior necessidade realmente está em formar uma rede mais ampla, mais integrada de diversos atores oferecendo esse serviço de forma mais consistente. Hoje eu acho que a atuação é muito pontual, muito individual.

E6: Criar uma rede flexível de agentes. Minha visão é um sistema mais vivo mais flexível com interações mais fluídas, inclusive eu usei essa palavra mais fluida entre os agentes né, que é estrutura rígida que você tem hoje.

E9: Se a gente tivesse um portal onde eu colocasse a demanda lá e algumas empresas, instituto de inovação, universidade, conseguem vê-la (outras empresas não porque eu posso estar expondo uma ideia). Mas que a demanda pudesse ser apresentada ao

pessoal que estivesse disposto a entrar para prestar esse serviço. Isso hoje eu não vejo, não sei se talvez exista, mas eu desconheço. A gente precisa disso chegar nos laboratório certos para começar o desenvolvimento. O ano passado quando a gente teve este projeto que foi desperdiçado no final a gente conversou com vários Senais, várias startups, para ver se eram “eles” e nunca era porque eles não eram especialistas naquilo que a gente queria.

Outro tema apresentado como desafio para os prestadores de serviços tecnológicos é a **modernização do sistema metrológico do Brasil**. Os entrevistados E4 e E6, representantes do governo, trazem essa questão à tona. Observa-se que países mais evoluídos em relação à transformação digital, como a Alemanha, já têm proposto a atualização digital da infraestrutura de qualidade e da metrologia legal, entre outras coisas, desenvolvendo arquiteturas de referência, procedimentos estatísticos validados para manutenção preditiva, uma infraestrutura para certificados de calibração digital e configurando uma “nuvem de metrologia” na forma de uma infraestrutura de qualidade digital para a harmonização e desenvolvimento da avaliação da conformidade e da vigilância de mercado (PTB, 2017b). Atualmente o Inmetro está trabalhando na homologação do seu novo modelo regulatório que prevê um aumento da performance regulatória, a redução da carga administrativa, estímulo à inovação e à competitividade do setor produtivo, bem como o alinhamento do país às melhores práticas internacionais na regulação de produtos (INMETRO, 2021). Com relação a este modelo, o entrevistado E8 questiona se há maturidade no sistema nacional para que o novo modelo regulatório proposto seja incorporado adequadamente.

E4: As técnicas mudam, as técnicas evoluem. Então eu não sei quanto que o mercado vai acompanhar essa evolução ou se o setor público vai ter que trazer exigências ou estimular de alguma forma que continue, esse fomento em serviço tecnológico, em metrologia, para que isso não se torne gargalo de novo. E você tá vendo do lado das empresas, do lado do setor público da saúde eles querem faixas exclusivas para poder, por exemplo, fazer uma cirurgia que não pode ter interferência. Por exemplo também tem o acesso aos dados do paciente no meio de uma cirurgia, bem complicado. Como é que tu normalizas, como é que regula tudo isso né.

E6: Se nós não desenvolvermos projetos tecnológicos nós não vamos conseguir manter o patamar de qualidade da prestação de serviço. A pandemia forçou a gente a fazer dessa forma, mas evidentemente que a gente já está trabalhando em formatos de avançarmos nessa questão. O Inmetro 4.0, o Inmetro do Século 21 é a modernização do processo de acreditação na metrologia científica e tecnológica, da metrologia legal e da regulamentação. Então que a gente quer é modernizar isso, e lógico a fiscalização. Isso não é estalando o dedo, evidentemente, a modernização passa agora primeiro para esse processo regulatório, é que a gente tenha um grande sistema no Inmetro onde tudo isso se conversa. Você tem todo um processo de normatização mais bem definido e um processo de avaliação da conformidade muito mais autônomo. É muito mais do que hoje que a gente tem né vai ter uma não no sentido negativo, mas você vai ter uma pulverização dos agentes.

E8: Tem que ver como é que vai funcionar porque a grande aposta. Eu acho que é uma aposta que a gente tem que ver se há maturidade na indústria para assumir um modelo como esse. O sistema todo tem maturidade? Eu tenho um pouco de medo aí

porque muito provável que a gente tenha um produto de má qualidade sendo oferecido que pode inclusive colocar em risco a saúde das pessoas. O Inmetro está apostando muito nisso. Eu tenho um pouco de dúvida, mas tô torcendo pra que dê certo.

O entrevistado E3 também apresenta a necessidade de **órgãos reguladores atuarem mais próximos ao mercado**, não apenas no sentido de criar normas e regimentos, mas também como agentes educadores do mercado. O entrevistado E6 corrobora com essa questão e aponta que há necessidade de criação de uma política industrial mais forte que preveja ações focadas na educação metrológica do mercado nacional. O entrevistado E4 aponta para a essencialidade de criação de uma cultura metrológica mais forte. Nesse sentido, o entrevistado E5 relata que o Inmetro vem remodelando a sua forma de atuação, visando se aproximar mais do setor produtivo e da sociedade.

E3: Hoje tem o Inmetro que deveria ser o multiplicador disso, mas o Inmetro aparece muito pouco. Hoje ele aparece muito mais para pôr um pé na porta do que para ajudar. Mas a empresa também deve ajudar a disseminar isso. "todo mundo sabe que tem que cumprir a normal tal, mas o que a norma tal fala?"

E6: enquanto nós não tivermos uma política Industrial que veja a importância de qualificação, se você deixar por conta da pequena e média indústria, particularmente de pequena indústria, esses serviços não se disseminarão. Não é uma compreensão da importância deles, é porque não há uma pressão no sentido de que eles sejam contratados. E por outro lado o que tá surgindo de novidade, e a minha impressão é que é tem debilidades importantes porque não começa desde a criação de uma base de uma infraestrutura sólida. Infraestrutura sólida não é o equipamento não. Infraestrutura é uma compreensão metodológica sólida que possa de fato garantir o processo inovativo.

E5: A nossa visão hoje é o Inmetro ser uma caixa de ferramenta para o setor produtivo, é isso que a gente quer. Que para ser essa caixa de ferramenta do setor produtivo não dá para gente ficar trabalhando do mesmo formato que a gente vinha trabalhando ou ainda estamos trabalhando. Nós já estamos trabalhando nesse arcabouço de mudar essa forma de atuação. Então isso é a questão de inovação e a para concluir ela vai desde a base da metrologia até a ponta. E a gente quer através dessas inovações trazer a sociedade para dentro do nosso sistema.

No sentido de capacitação de profissionais, os entrevistados E3 e E4 sinalizam a necessidade de **qualificar os prestadores de serviços tecnológicos** para eles se adequarem à nova realidade que advém do modelo “4.0”. Um ponto importante a ser destacado é sobre a atualização dos profissionais que atuam nos processos de calibração tradicionais. O entrevistado E8 avalia que os serviços tecnológicos prestados poderão ser extremamente avançados – em questão de uso novas tecnologias – mas também poderão ser básicos providos de inteligência técnica para auxiliar o demandante. Nesse sentido, Lazzari et. al (2017) apontam, que neste

novo contexto, os metrologistas desempenharão cada vez menos o papel operacional, assumindo um perfil analítico e tornando-se fundamentais na avaliação dos resultados e tendências fornecidos em tempo real

E3: Toda essa parte de treinamento e capacitações, deve ser melhorada. Eu vejo hoje que grande parte dos metrologistas ainda praticam a "velha metrologia" e não conhecem as normas. Essas tecnologias atuais, o online, pode ajudar nisso.

E4: A capacitação na mão de obra, assim é quase a mesma coisa. Há necessidade de capacitação dos fornecedores para integração nessa nesse novo modelo na sua nova cadeia.

E8: Vem na minha cabeça às vezes serviços extremamente avançados e que lugar tem, e que o mercado demanda para desenvolver. As vezes na minha mente vem serviços que não são avançados, são básicos, mas que junto com esses serviços vai uma inteligência técnica para ajudar o outro lado.

Bounfour (2016) assinala que conforme surgem novas tecnologias é necessária uma preparação considerável para garantir que a transição para novas estruturas regulatórias seja implementada. Julga-se que a Indústria 4.0 exige um arcabouço normativo específico e uma série de normas técnicas para a padronização de suas tecnologias habilitadoras. Os entrevistados também apontaram para a necessidade de uma revisão para **adequação das normas conforme o avanço das tecnologias**. Atualmente a Câmara Brasileira da Indústria 4.0 atua nesse trabalho, que envolve desde a produção de leis e decretos, no aspecto da regulamentação, passando, por exemplo, por regras globais e nacionais que permitem a comunicação máquina a máquina, chegando a elementos éticos vinculados à inteligência artificial (BRASIL, 2021a). A própria ABNT criou uma Comissão de Estudo Especial de Indústria 4.0 - ABNT/CEE-254, que visa discussões sobre a normalização no campo da Indústria 4.0 visando ao fortalecimento do processo de transformação digital da indústria brasileira, compreendendo a aplicação e a integração das tecnologias vinculadas à Indústria 4.0 (ABNT, 2021).

E1: Eu vejo que esse tipo de questão sempre vem a reboque da tecnologia e não ao contrário. A norma de trânsito sempre veio depois do carro. Por exemplo, se a gente pegar as normas de segurança da máquina, uma brasileira, ela diz que a máquina deve ser toda enclausurada, em qualquer questão a operação deve parar. Mas daí vem o conceito de robô colaborativo, ou seja, aquele que atua com o operador e se você bater nele ele sente isso e para, e aquela norma não permite esse tipo de tecnologia. O que eu vejo que não existem faltam de normas, mas essas vão aparecer, pois isso é normal, os fiscais vão notar que normas não batem mais. Existe as tecnologias que estão mudando, e a forma de trabalhar certamente será diferente. Por exemplo o comissionamento baseado em normas, para conectar equipamentos, que hoje é feito de forma digital, como inteligência para analisar parâmetros que deve ter uma performance melhor.

E2: O foco da garantia da qualidade vai mudar, mas a exigência sobre a qualidade continuará sendo a mesma. O foco passará a ser no processo e não apenas no produto.

E4: A normalização na i4.0 ela é muito menos documental. No meu ponto de vista é mais de processo, então quanto mais as pessoas estiverem com essa cultura da integração e seguir aquilo que tem que ser feito, não de ser fiscalizado, mas no sentido de gestão de riscos. Porque ninguém vai conseguir fiscalizar item por item e mesmo fazendo isso de forma automática vai acabar gerando dúvidas de como garantir que as máquinas estão fazendo bem esse papel.

Um aspecto importante da Indústria 4.0 é a troca rápida de dados (CHIARINI, 2020; ILLÉS et al., 2017; ROMERO et al., 2019; TORTORELLA; GIGLIO; VAN DUN, 2019; ZÁVADSKÁ; ZÁVADSKÝ, 2020). Consequentemente, a importância da segurança da informação se torna foco de atenção. Os entrevistados também trouxeram esse tema e apontam a necessidade de criação de **serviços relacionados a qualidade e segurança de dados** como os serviços de *blockchain*. Um *blockchain* é um banco de dados distribuído feito de registros chamados de "blocos" ou " *blockchains*". Uma característica importante é que os dados são distribuídos por toda a rede de blocos, tornando seu ataque quase impossível, portanto, os dados armazenados no *blockchain* são considerados incorruptíveis (SKILTON; HOVSEPIAN, 2018). No Brasil, o Inmetro já vem desenvolvendo o conceito de medição distribuída usando *blockchain*, que visa a simplificação de softwares complexos e realizando a transmissão de dados dos sensores de forma segura (MELO JR. et al., 2019). O PTB (*Physikalisch-Technische Bundesanstalt*) está realizando trabalhos propondo sistemas de medição que usam máquinas virtuais e computação em nuvem (PTB, 2017b).

E1: Os maiores serviços serão os de blockchain que deverão autenticar, que provarão que as informações serão confiáveis ou não. Que quando se abre isso para uma base mundial, se torna muito mais fluido. Se percebe que muitas informações deverão ser homologadas para saber se são reais. E isso poderá ser feito de qualquer lugar. O serviço principal será a garantia da confiabilidade de informação ao invés da geração da informação em si.

E4: Tem toda aquela questão de cibersegurança.

Ao longo das entrevistas, na medida em que os interrogados relatavam desafios e oportunidades, em diversos momentos, houve citações sobre a forma como estes serviços deverão ser prestados e possibilidades de adequação em processos atuais. Tais sugestões de melhorias serão apresentadas na seção seguinte.

4.2.4.2 *Melhoria nos processos*

Na literatura, Tironi (2016b) indica que os serviços tecnológicos evoluem pautados em diversos fatores como as necessidades do sistema econômico, novas tecnologias, demandas de saúde e segurança, dentre outros. Silva (2007) refere que a demanda crescente por inovação, se traduz no aumento da demanda por projetos de P&D e conseqüentemente por serviços tecnológicos. Entende-se que a indústria 4.0 pode proporcionar ganhos na qualidade e lucratividade dos processos industriais, sendo imprescindível o acompanhamento desta evolução pelos prestadores de serviços (RENNUNG; LUMINOSU; DRAGHICI, 2016).

Durante a conversa com os entrevistados, em diversos momentos, houve citações sobre a forma como estes serviços deverão ser prestados permitindo a identificação de possibilidades de melhorias em processos atuais. Os entrevistados E1 e E4 apontam para uma mudança perceptível na forma de execução das auditorias, que poderão ocorrer de forma remota e com uma nova atuação do auditor. Couto (2020) afirma que as técnicas e métodos para auditorias remotas já eram previstas e aceitas antes mesmo do surto de COVID- 19, porém com a pandemia tornaram-se uma ferramenta frequente e amplamente utilizada. Julga-se que novas tecnologias de vídeo chamada, como Zoom, Skype, WhatsApp, Teams, além do uso de drones, realidade aumentada, dentre outras ferramentas, também poderão estar presentes nas rotinas dos prestadores de serviços tecnológicos. Chiarini (2020) declara que os CPS e ERP poderão ser usados para automatizar o processo de controle de documentos exigido pela garantia de qualidade e sistemas de gestão de qualidade, como ISO 9001. O entrevistado E8 aponta que o uso de ferramentas de vídeo conferência permitirá uma maior aproximação com os clientes.

E1: Tanto a norma, como a certificadora, esses não serão mais presenciais como a gente vivencia hoje. Por exemplo a parte mais normatizada, os parâmetros dessa norma estarão em uma base de dados que a certificadora irá acessar. Os testes serão mais fluidos, e poderão ser feitos de qualquer lugar do mundo e até mais confiáveis. Há uma tendência que nossos processos de auditorias não terão mais lógica fazer como se faz hoje.

E4: A certificação de produto ou de processo que vai lá auditor ver tudo que você tem lá. O papel do auditor por exemplo vai mudar. Ele não vai mais ser o cara que vai entrar no sistema ou nas empresas e ficar verificando item a item, isso aí as máquinas vão fazer, mas ele vai ter outro papel que vai eu acho que vai ser mais estratégico eu acho.

E5: Aqui no Inmetro, por exemplo, tivemos que adaptar nossas auditorias que agora, no período da pandemia, ocorreram todas remotas.

E8: Para serviços tecnológicos quanto mais próximo estiverem dos seus clientes de maneira - claro não dá para pegar um laboratório colocar num trem - mas essa sensação de proximidade... você tem uma webcam ele tem outra vocês estão próximos... do ponto de vista informacional da informação então você está prestando

serviço para EMBRAER e a Embraer está conectada trocando ideias com vocês como está acontecendo como se fosse o outro lado da rua.

Outro processo que os entrevistados indicam que deva ser melhorado é o de logística, relacionado não apenas ao envio de amostras, mas também ao recebimento do relatório da medição e acompanhamento do serviço. Os entrevistados convergem sobre a necessidade de **adoção de sistemas que permitam o acompanhamento em tempo real dos processos** para aumento da rapidez de acesso à informação. Tal troca de informação não deve ser limitada apenas aos processos produtivos, mas também aos processos comerciais. Desta forma, os entrevistados aferem que será essencial o **uso de ferramentas digitais para aumentar o relacionamento com o cliente** (sites, e-commerce, videoconferência). Compreende-se que ao adotar tais soluções melhora-se a **interatividade e a comunicação entre fornecedores e consumidores** desafio esse relatado na seção 4.2.4.1. Marques, Souza e Ribeiro (2019) apontam que os dados e relatórios emitidos em tempo real permitirão a verificação regular dos instrumentos padrões utilizados no processo fabril, avaliando tendências dos valores medidos e antecipando informações de possíveis falhas. Processos de medições e ensaios tradicionais onde antes a intervenção do técnico era necessária, serão realizadas automaticamente neste conceito, diminuindo drasticamente retrabalhos derivados de falha humana.

E2: Questões logísticas. Trazer isso para um ambiente virtual, com uma velocidade maior de resposta e de suporte a inovação. Ampliação da atuação em rede não é replicar fisicamente as estruturas dos laboratórios, mas operar isso de forma remota. Ter tudo interligado. Poder colocar as análises em tempo real a disposição do cliente para ajudá-lo a tomar as decisões.

E3: A logística hoje é um problema, ela ajudaria se pudesse ser reduzida de alguma forma, eu gostaria de entender o que vem sendo feito de forma online não mais de forma física sabe. O fácil acesso a relatórios esse ser online. Eu acompanhar na empresa o que está sendo feito no laboratório. Eu conseguir acompanhar em tempo real o que está acontecendo com a minha amostra. A qualidade da entrega, passa por isso também. Faltam opções no mercado.

E9: De dados num geral, como um todo. Desde orçamento de um fornecedor para o nosso sistema para compra até entrega de um item. Rapidez de dados. Hoje a gente leva muito tempo esperando dados, esperando o resultado de testes, esperando o resultado de calibração. Então ter dados muito rápido e acompanhamento de processo, eu acho que o mais importante seria esse ponto, saber onde estão as coisas e como estamos. Não ter que esperar o resultado final. Até para tomada de decisão trazer os fornecedores para discussão.

E7: O cliente deve entrar no site do meu laboratório do sábado a noite e no sábado a noite me contratar, para que segunda feira eu já tenha alguém ligando para ele e resolvendo o problema dele. Sabe tem muita oportunidade eu acho que a gente está muito devagar ainda... Acho um modelo da indústria 4.0 transportado para o laboratório 4.0 seria muito bem-vindo. Hoje a gente ainda usa umas ferramentas muito formais e lentas e não tem acesso tão grande.

Finda-se observando que muitos são os desafios associados a prestação de serviços tecnológicos com foco no atendimento às indústrias 4.0. Porém, esse novo ambiente também é repleto de oportunidades que devem ser mapeadas e analisadas para o sucesso competitivo destes prestadores. O entrevistado E7 assinala que é imprescindível que os prestadores de serviços tecnológicos tomem os preceitos da Indústria 4.0 como Norte, caso queiram se manter no mercado. O entrevistado E1 adverte que tal caminho é uma questão de “dever de casa”, que deva se tornar básico para a maioria dos prestadores.

E7: A indústria 4.0 deve ser o Norte do que o laboratório deve fazer. O laboratório vai ter que ter essas tecnologias, não para se manter mais bonito ou mais moderno, mas para sobreviver mesmo, se não vai ficar fora do mercado.

E1: Pra mim vem uma questão de dever de casa, de construir algo que se tornará básico.

4.2.5 Síntese dos principais resultados encontrados

Uma vez finalizada a discussão acerca da última subcategoria proposta, apresenta-se no Quadro 8, um resumo dos principais resultados encontrados pela análise.

Quadro 8 - Quadro resumo dos principais resultados encontrados

Categoria	Inovação Tecnológica
Subcategoria	Principais resultados encontrados
Conceitos sobre inovação	<ul style="list-style-type: none"> - Um fenômeno complexo, de transformação, que deve ter impacto no usuário final. - Ação focada na competição, na sobrevivência do mercado. - Pode ser um novo produto que vai ser apresentado ao mercado ou mesmo um processo que irá trazer algum benefício. - A inovação pode variar em acordo com sua maturidade – podem ser usadas escalas para avaliar a prontidão tecnológica da inovação.
Responsáveis pelo processo inovativo	<ul style="list-style-type: none"> - Entendimento que existe um conjunto básico de atores, sendo chamado de SNI ou “ecossistema” onde cada parte tem sua contribuição. - Mercado como agente demandante da inovação. - Indústria como força motriz da inovação – principalmente as grandes. Porém destaca-se que nenhuma dela teria condições de “innovar sozinha”. - Destaque as características do mercado nacional, marcado por pequenas e médias indústrias que não tem condições básicas de inovação, e de grandes indústrias que não tem cultura de pesquisa e desenvolvimento. - Papel do governo como fonte indutora da inovação, seja por financiamento para ações em pequenas empresas, mantenedor de indústrias estatais (Embrapa, Embraer ...), ou mesmo como ponte de agentes com programas estratégicos como Embrapii.
Categoria	Serviços Tecnológicos
Subcategoria	Principais resultados encontrados
Atuação	<ul style="list-style-type: none"> - Não há consenso acerca da linha de atuação de um serviço tecnológico. Inclusive sendo pauta para discussões em ICTs. - Serviço técnico, algo mais rotineiro relacionado a calibrações, ensaios e medições padronizadas.

	- Aplicação da inteligência com o uso da metrologia e suas vertentes como condição para o processo inovação.
Mercado e Infraestrutura	- Baixo conhecimento do mercado geral acerca da importância dos serviços tecnológicos. - Baixa importância percebida em pequenas e médias empresas, com atenção para startups, que são empresas que estão criando as tecnologias. - Infraestrutura atual suficiente para atendimento ao mercado nacional. - Pouco profissionalismo por parte de alguns prestadores, com destaque negativo a universidades e organizações públicas. - Carência por atividades efetivas de gestão como logística e marketing.
Categoria	Indústria 4.0
Subcategoria	Principais resultados encontrados
Conceitualização	- Tecnologias são habitadoras, mas não diferenciadoras. Apenas ter as tecnologias não fará uma indústria ser 4.0. - Inteligência, integração, conexão são características fundamentais para a existência de uma Indústria 4.0. - Há um desconhecimento do mercado acerca do que é a “indústria 4.0”.
Desafios da Implementação do modelo no Brasil	- Necessidade de política industrial nacional centralizadora da iniciativa, que permita o acesso as tecnologias habilitadoras de forma estratégica para o Brasil. - Investimento em educação dos profissionais tanto em formação, quanto em capacitação. - Atenção para pequenas e médias empresas que compõe a cadeia de fornecedores.
Categoria	O futuro dos serviços Tecnológicos
Subcategoria	Principais resultados encontrados
Desafios e Oportunidades	- Melhora na interatividade e a comunicação entre fornecedores e consumidores de serviços tecnológicos. - Aumento da interação efetiva entre os fornecedores de serviços tecnológicos para que esses possam ganhar forças no mercado nacional. - Modernização o sistema metrológico brasileiro. - Órgãos reguladores atuarem mais próximos ao mercado. - Qualificação os prestadores de serviços tecnológicos a realidade das indústrias 4.0. - Adequação das normas conforme o avanço das tecnologias. - Prestação de novos serviços relacionados a qualidade e segurança de dados.
Melhoria em processos	- Sistemas digitais que permitam o acompanhamento em tempo real dos processos para aumento da rapidez de acesso à informação - Uso de ferramentas digitais para aumentar o relacionamento com o cliente (sites, e-commerce, videoconferência)

Fonte: Elaboração própria (2021).

Isto posto, dá-se sequência ao trabalho com a apresentação das considerações finais.

5 CONCLUSÕES

O processo de inovações tecnológicas transforma continuamente a maneira como as tecnologias, pessoas e negócios interagem remodelando a sociedade. A competitividade neste contexto demanda das empresas uma busca constante por produtividade, redução do tempo de lançamento de novos produtos e geração de novos modelos de negócio. Esta situação que ocorre nas indústrias transformando-as, deve ser acompanhada pelos seus prestadores de serviços.

Ao estudar o tema “indústria 4.0”, nota-se: uma subjugação da temática no mercado por causa do modismo; falta de convergência do conceito no meio acadêmico e; capacitação coesa para a cadeia de valor, visando a conscientização da importância do assunto. Desta forma, entende-se que explorar e descrever esse tema, fazendo um julgamento a luz da teoria e analisando os seus desdobramentos nas organizações e na economia, contribui para a criação e desenvolvimento de negócios coesos. Entende-se que a academia deva assumir um papel ativo nesse processo e contribuir com estudos que avaliem o uso das tecnologias de uma maneira pragmática considerando o cenário do mercado nacional.

Neste contexto, o desenvolvimento do presente estudo possibilitou analisar como os serviços tecnológicos podem consolidar o avanço inovativo tecnológico advindo do modelo Indústria 4.0, e assim, identificar demandas, desafios e oportunidades para o setor percebidos pela crescente adoção deste modelo. Esse trabalho apresenta um conjunto de fundamentos e percepções que podem ser avaliadas pelos prestadores de serviços a fim de se manterem competitivos.

Para que o objetivo proposto fosse alcançado, houve o seu desdobramento em três objetivos específicos. No primeiro foi caracterizado teoricamente a relação do processo de desenvolvimento da indústria, inovação tecnológica e serviços tecnológicos. Nota-se que o caminho de evolução tecnológica é contínuo e evolutivo e que os serviços tecnológicos são essenciais ao longo de todo o ciclo de inovação tecnológica, da pesquisa científica ao controle do processo de produção, passando pelo desenvolvimento, ensaio e patenteamento do produto inovador, além de avaliar continuamente a conformidade em relação a requisitos especificados por normas e regulamentos técnicos. Entende-se que os serviços tecnológicos cumprem um papel fundamental para a consolidação do avanço tecnológico produzido pela criação de novos produtos ou processos. Tal fato foi visto na teoria e observado na fala dos entrevistados que qualificaram os serviços tecnológicos como base fundamental para o processo inovativo, sendo estes imprescindíveis para o desenvolvimento da maturidade tecnológica.

No segundo objetivo específico, foi descrita a estruturação dos serviços tecnológicos brasileiros atual apontando características e fragilidades desse processo sob a ótica da teoria evolucionária. Notou-se que não há no mercado um consenso acerca da linha de atuação de um serviço tecnológico, inclusive sendo esse assunto pauta para discussões em ICTs. Houve entre os entrevistados duas linhas de atuação dos serviços tecnológicos: a primeira direcionando o serviço técnico em si, como algo mais rotineiro relacionado a calibrações e ensaios padronizados e; a segunda avaliando que estes são a aplicação da inteligência metrológica e suas vertentes em situações condicionantes ao avanço inovativo. Dentre as características que compõe o mercado nacional reconhece-se o baixo nível de conhecimento acerca da importância dos serviços tecnológicos, assim como uma baixa importância percebida em pequenas e médias empresas, com atenção para startups. Entende-se que a infraestrutura atual instalada é suficiente para atendimento à demanda nacional. Destaca-se também que há pouco profissionalismo por parte de alguns prestadores com destaque negativo para as universidades e organizações públicas, além de uma notável carência por atividades efetivas de gestão como logística e marketing.

O último objetivo específico visou identificar demandas, desafios e oportunidades percebidos para o setor pela crescente adoção do modelo Indústria 4.0. Dentre as ações apresentadas estão: uma melhora na interatividade e na comunicação entre fornecedores e consumidores de serviços tecnológicos; o aumento da interação entre os fornecedores de serviços tecnológicos para que esses possam ganhar forças no mercado nacional; a modernização do sistema metrológico brasileiro havendo uma necessidade dos órgãos reguladores atuarem mais próximos ao mercado; qualificação dos prestadores de serviços tecnológicos ao novo paradigma; adequação das normas conforme o avanço das tecnologias e; a prestação de serviços relacionados a qualidade e segurança de dados. Salienta-se que há a necessidade de adoção de sistemas que permitam o acompanhamento em tempo real dos processos para aumento da rapidez de acesso à informação, da mesma maneira que o uso de ferramentas digitais para aumentar o relacionamento com o cliente (sites, e-commerce, e videoconferências, por exemplo). Julga-se que os prestadores de serviços tecnológicos devam também melhorar a gestão de seus serviços, visando ter um olhar mais estratégico para o mercado e suas necessidades, assim como ter uma postura proativa no seu papel de desenvolvimento inovativo.

Avalia-se que não há como incluir um novo produto no mercado sem a participação efetiva dos serviços tecnológicos, que são responsáveis pela garantia da confiabilidade e da

qualidade dos produtos e processos. É certo, que sem o serviço tecnológico não haverá como ter a inovação tecnológica requerida pela indústria 4.0, porém se esse não for encontrado no Brasil será, em breve, localizado e realizado facilmente no exterior com acompanhamento remoto. Observa-se que há um movimento no mercado nacional no sentido de compor uma gestão mais assertiva do desenvolvimento de produtos, sendo essa apoiada por ferramentas como a escala TRL. Tal mobilização levará as indústrias ao encontro, obrigatório, dos serviços tecnológicos.

Reconhece-se que o mercado está em constante transformação. O posicionamento de um prestador de serviços tecnológicos em relação aos seus clientes necessita ser repensado. A integração da cadeia de fornecimento preconizadas pela Indústria 4.0 geram novas oportunidades. Provedores de serviços tecnológicos conectados aos seus clientes devem, como sugestão, apoiar a contínua capacitação seus clientes, transferindo a percepção de valor, criando relacionamentos de compromisso no sucesso dos negócios. A competição globalizada, acentuada pela transformação digital, será superada somente se houver esse trabalho cooperado.

Finda-se refletindo que trabalhar o tema indústria 4.0 é complexo, e por muitas vezes de difícil compreensão pois é recente e, em muitos casos, não visível aos olhos, uma realidade distante. Deste modo, o estudo desse tema, aplicado a vertente de inovação, em tempos de pandemia, se tornou ainda mais relevante e desafiador. Apreende-se que o conceito da indústria 4.0 possui menos de uma década de existência, todavia, países desenvolvidos já estão com estudos de alto nível de aplicação das tecnologias habilitadoras, criando uma corrida tecnológica mundial. Para tanto, iniciativas de apoio públicas e/ou privadas, ao uso de tecnologias e estímulos a ciência e inovação são necessárias, com o objetivo de se obter resultados rapidamente, mantendo a competitividade do mercado nacional.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Ao longo do desenvolvimento da presente pesquisa, novos questionamentos emergiram, os quais poderão servir de objeto de investigação para próximos estudos:

- realizar uma pesquisa mercadológica para avaliar a demanda por serviços tecnológicos das indústrias visto que esse levantamento não ocorre desde 2002 aqui no Brasil;

- estudos posteriores podem assistir na criação de modelos de maturidade para prestação de serviços tecnológicos com vistas à auxiliar a orientação estratégica destes prestadores;
- pela dissonância de nomenclaturas, julga-se que novas pesquisas podem contribuir para a criação de uma taxonomia para facilitar a comercialização deste tipo de serviço;
- evidenciou-se a necessidade da criação de um portal, ou plataforma, de serviços tecnológicos brasileiros, com vistas, a agrupar os prestadores para facilitar a localização dos ofertantes.

REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Normalização em números 2020**. 2020. Disponível em: <http://abnt.org.br/normalizacao/numeros-2020>. Acesso em: 29 jul. 2020.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT/CEE-254 – INDÚSTRIA 4.0**. 2021. Disponível em: <http://abnt.org.br/abnt-cee-254-comissao-de-estudo-especial-de-industria-4-0>.
- ACOSTA, Sandra Milena Toso Castro. **Tecnologia industrial básica e seus mecanismos de governança**. 2008. Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico, Setor de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta. Notas sobre a contribuição de Kenneth Arrow para a fundamentação teórica dos “sistemas nacionais de inovação”. **Revista Brasileira de Economia - RBE**, Rio de Janeiro, v. 50, n. 2, p. 227–242, 1996. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbe/article/viewFile/670/8034>. Acesso em: 4 ago. 2019.
- ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta; SICSÚ, João. Inovação institucional e estímulo ao investimento privado. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 108–114, 2000. DOI: 10.1590/S0102-88392000000300016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0102-88392000000300016&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 21 jun. 2020.
- AREND, Marcelo. Revoluções tecnológicas, finanças internacionais e estratégias de desenvolvimento: um approach neo-schumpeteriano. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v. 33, n. 2, p. 363–396, 2012. Disponível em: <http://revistas.fee.tche.br/index.php/ensaios/article/viewArticle/2393>.
- BARDIN, Laurence. **Análise do Conteúdo**. 1ª ed. São Paulo: Almedina Brasil, 2011.
- BAUERNHANSL, Prof Thomas; IPA, Fraunhofer; STUTTGART, Universität. **Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik**. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014. DOI: 10.1007/978-3-658-04682-8. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-658-04682-8>.
- BAUNSGAARD, Vibeke Vad; CLEGG, Stewart R. Innovation: A Critical Assessment of the Concept and Scope of Literature. *In: The Handbook of Service Innovation*. London: Springer London, 2015. p. 5–25. DOI: 10.1007/978-1-4471-6590-3_1. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-1-4471-6590-3_1. Acesso em: 14 jun. 2020.
- BELL, Martin; PAVITT, Keith. Technological accumulation and industrial growth: Contrasts between developed and developing countries. **Industrial and Corporate Change**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 157–210, 1993. DOI: 10.1093/icc/2.2.157. Disponível em: <https://academic.oup.com/icc/article/888431/Technological>. Acesso em: 25 jul. 2019.
- BIGNETTI, Luiz Paulo. As inovações sociais: uma incursão por ideias, tendências e focos de pesquisa. **Ciências Sociais Unisinos**, [S. l.], v. 47, n. 1, p. 3–14, 2011. DOI:

10.4013/csu.2011.47.1.01.

BITTENCOURT, Pablo Felipe; CARIO, Silvio A. F. O conceito de sistema nacional de inovação: das raízes históricas à análise global contemporânea. *In: XXI ECONTRO NACIONAL DE ECONOMIA POLÍTICA 2016*, São Bernardo do Campo. **Anais [...]**. São Bernardo do Campo p. 24. DOI: 10.1016/S0270-3092(86)80019-4.

BLANCHET, Max. Industrie 4.0 Nouvelle donne industrielle, nouveau modèle économique. **Outre-Terre**, [S. l.], v. N° 46, n. 1, p. 62, 2016. DOI: 10.3917/outel.046.0062.

BODIOVA, Zuzana; MARTINEZ, Felipe. Assessing process excellence with digitalization. *In: INTERNATIONAL DAYS OF STATISTICS AND ECONOMICS 2017*, **Anais [...]**. [s.l.: s.n.] p. 153–163. Disponível em: https://msed.vse.cz/msed_2017/article/236-Bodiova-Zuzana-paper.pdf. Acesso em: 4 jun. 2019.

BOEHE, Dirk Michael. Os papéis de subsidiárias brasileiras na estratégia de inovação de empresas multinacionais estrangeiras. **Revista de Administração**, [S. l.], v. 42, n. 1, p. 5–18, 2007. DOI: 10.1590/S0080-21072007000100001.

BOGOVIZ, Aleksei V.; OSIPOV, Vladimir S.; CHISTYAKOVA, Marina K.; BORISOV, Maxim Y. Comparative analysis of formation of industry 4.0 in developed and developing countries. **Studies in Systems, Decision and Control**, [S. l.], v. 169, p. 155–164, 2019. DOI: 10.1007/978-3-319-94310-7_15.

BOTICÁRIO, Grupo. **O que entendemos por inovação**. 2020. Disponível em: <https://relatoriogrupoiboticario.com.br/o-que-entendemos-por-inovacao/>. Acesso em: 4 abr. 2021.

BOUNFOUR, Ahmed. **Digital Futures, Digital Transformation**. Cham: Springer International Publishing, 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-23279-9. Disponível em: <http://www.springer.com/series/10440>.

BRASIL, Ministério da Ciência e Tecnologia. **Programa Tecnologia Industrial Básica e Serviços Tecnológicos para a Inovação e Competitividade** BrasíliaMCT, , 2001. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/ci000004.pdf>.

BRASIL, Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação. **Câmara Brasileira da Indústria 4.0**. 2021a. Disponível em: <https://camara40.com.br/>.

BRASIL, Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação. **Mapeamento 4.0**. 2021b. Disponível em: <https://mapeamento40.mctic.gov.br/#/home>. Acesso em: 26 ago. 2021.

BRASIL, Ministério da Ciência Tecnologia Inovações e Comunicações. **Plano de CT&I para Manufatura Avançada no BrasilProFuturo - Produção do Futuro** BrasíliaMCTIC, , 2017. Disponível em: https://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologias_convergentes/arquivos/Cartilha-Plano-de-CTI_WEB.pdf. Acesso em: 15 abr. 2019.

CAMARGO, Marcelo Rodrigues De; MENDONÇA, Samara De Marchi Alves. **Mapeamento das instituições de pesquisa que desenvolvem o tema Indústria 4.0 no Brasil**. 2017.

Monografia (graduação) - Faculdade de Ciências Aplicadas, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2017.

CARVALHO, Mary Monteiro De; PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da Qualidade**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

CAVALCANTE, Caroline Gobbo Sá; ALMEIDA, Tatiana de Domingues. Os benefícios da Indústria 4.0 no gerenciamento das empresas. **JOURNAL OF LEAN SYSTEMS**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 125–152, 2018. Disponível em: <http://leansystem.ufsc.br/>. Acesso em: 15 abr. 2019.

CHIARINI, Andrea. Industry 4.0, quality management and TQM world. A systematic literature review and a proposed agenda for further research. **The TQM Journal**, [S. l.], v. 32, n. 4, p. 603–616, 2020. DOI: 10.1108/TQM-04-2020-0082. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/1754-2731.htm>.

CIMOLI, Mario; DOSI, Giovanni; STIGLITZ, Joseph E. The Political Economy of Capabilities Accumulation: The Past and Future of Policies for Industrial Development. *In*: **Industrial Policy and Development**. [s.l.] : Oxford University Press, 2009. v. 15p. 1–16. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780199235261.003.0001. Disponível em: <http://www.oxfordscholarship.com/view/10.1093/acprof:oso/9780199235261.001.0001/acprof-9780199235261-chapter-1>.

CNI, Confederação Nacional das Indústrias. **Metrologia Conhecendo e aplicando na sua empresa Projeto Sensibilização e Capacitação da Indústria em Normalização, Metrologia e Avaliação da Conformidade**. Brasília: CNI, 2002. a. Disponível em: <http://www.cni.org.br>. Acesso em: 15 abr. 2019.

CNI, Confederação Nacional das Indústrias. **Pesquisa da demanda nacional por serviços tecnológicos**. Curitiba.

CNI, Confederação Nacional das Indústrias. **Tecnologia industrial básica: trajetória, desafios e tendências no Brasil**. [s.l.] : Ministério da Ciência e Tecnologia, Confederação Nacional da Indústria, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, Instituto Euvaldo Lodi. Brasília: MCT; CNI; SENAI, 2005.

CNI, Confederação Nacional das Indústrias. **Desafios para indústria 4.0 no Brasil**. Brasília: CNI, 2016. DOI: 2016. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2016/8/desafios-para-industria-40-no-brasil/>. Acesso em: 15 abr. 2019.

COLLIN, Jari; HIEKKANEN, Kari; KORHONEN, Janne J.; HALÉN, Marco; ITÄLÄ, Timo; HELENIUS, Mika. **IT leadership in transition-the impact of digitalization on finish organizations**. Helsinki-Finland: Aalto University, 2015. Disponível em: <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/16540>.

CONMETRO, Conselho Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial. **Diretrizes Estratégicas para a Metrologia Brasileira 2018-2022**. Rio de Janeiro: CONMETRO, 2017. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/metcientifica/dirEstrategica/diretrizes-estrategicas-metrologia-brasileira-2018-2022.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2019.

CONTADOR, José Celso; SATYRO, Walter Cardoso; CONTADOR, Jose Luiz; SPINOLA, Mauro de Mesquita. Flexibility in the Brazilian Industry 4.0: Challenges and Opportunities. **Global Journal of Flexible Systems Management**, [S. l.], v. 21, n. June, p. 15–31, 2020. DOI: 10.1007/s40171-020-00240-y.

COUTO, Marcello Guimarães. Auditorias remotas são possíveis? Como fazer? **Revista Internacional de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p. 99–107, 2020. DOI: 10.12957/ric.2020.53847. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/view/53847>.

CPI, Centre for Process Innovation U. K. **The Innovation Process in the Manufacturing Industry**. 2013. Disponível em: <https://www.uk-cpi.com/news/the-innovation-process>.

CRESWELL, John W.; CRESWELL, J. David. **Research Design**. 5^a ed. Los Angeles: SAGE Publications, 2018.

CRNJAC, Marina; VEŽA, Ivica; BANDUKA, Nikola. From concept to the introduction of industry 4.0. **International Journal of Industrial Engineering and Management**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 21–30, 2017.

CTI. **Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer - CTI**. 2020. Disponível em: <https://www1.cti.gov.br/pt-br/sobre-o-cti>.

DAUDT, Gabriel; WILLCOX, Luiz. Reflexões críticas a partir das experiências dos Estados Unidos e da Alemanha em manufatura avançada. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, v. 44, p. 5–46, 2016.

DAVIES, Robert; COOLE, Tim; SMITH, Alistair. Review of Socio-technical Considerations to Ensure Successful Implementation of Industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, [S. l.], v. 11, n. June, p. 1288–1295, 2017. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.07.256. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.256>.

DE BACKER, Koen; DESNOYERS-JAMES, Isabelle; MOUSSIEGT, Laurent. “Manufacturing or Services - That is (not) the Question”: The Role of Manufacturing and Services in OECD Economies. **OECD Science, Technology and Industry Policy Papers**, Paris, n. 19, p. 53, 2015. DOI: 10.1787/5JS64KS09DMN-EN. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/5js64ks09dmn-en>. Acesso em: 29 jul. 2020.

DIAS, José Luciano. **Os mercados medidos: a construção da tecnologia industrial básica no Brasil**. Rio de Janeiro: INK Produções, 2007.

DOD, U. S. DEPARTMENT OF ENERGY. **Technology Readiness Assessment (TRA) Deskbook Deputy Under Secretary of Defense for Science and Technology (DUSD (S&T))**. [s.l: s.n.]. Disponível em: http://www.dod.mil/ddre/doc/DoD_TRA_July_2009_Read_Version.pdf.

DOSI, Giovanni. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 147–162, 1982. DOI: 10.1016/0048-7333(82)90016-6. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0048733382900166>. Acesso em: 8 ago.

2019.

DOSI, Giovanni. The Nature of the Innovation Process. *In*: DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R.; SILVERBERG, G.; SOETE, L. (org.). **Technical change and economic theory**. London: Pinter Publishers, 1988. a. p. 221–38.

DOSI, Giovanni. Fontes, Procedimentos e Efeitos Microeconômicos da Inovação. **Journal of Economic Literature**, [S. l.], v. XXVI, n. 3, p. 1120–1171, 1988. b.

DOSI, Giovanni. Tendências da Inovação e seus determinantes: os ingredientes do processo inovador. *In*: **Mudança Técnica e Transformação Industrial: a teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores**. Campinas: Editora da Unicamp, 2006. p. 29–83.

DOSI, Giovanni; FREEMAN, Christopher; FABIANI, Silvia. The process of economic development: Introducing some stylized facts and theories on technologies, firms and institutions. **Industrial and Corporate Change**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 1–45, 1994. DOI: 10.1093/icc/3.1.1. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.628.2732&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 4 ago. 2019.

DRATH, Rainer; HORCH, Alexander. Industrie 4.0: Hit or Hype? [Industry Forum]. **IEEE Industrial Electronics Magazine**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 56–58, 2014. DOI: 10.1109/MIE.2014.2312079. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6839101/>. Acesso em: 12 abr. 2019.

EDLER, Jakob; FAGERBERG, Jan. **Innovation policy: what, why, and how**. 2017. DOI: 10.1093/oxrep/grx001. Disponível em: <https://academic.oup.com/oxrep/article/2972712/Innovation>.

EDQUIST, Charles. Systems of Innovation: Perspectives and Challenges. *In*: **The Oxford Handbook of Innovation**. [s.l.] : Oxford University Press, 2006. DOI: 10.1093/oxfordhb/9780199286805.003.0007. Disponível em: <http://oxfordhandbooks.com/view/10.1093/oxfordhb/9780199286805.001.0001/oxfordhb-9780199286805-e-7>.

EMBRAPII, Associação Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial. **Quem somos**. 2021. Disponível em: <https://embrapii.org.br/institucional/quem-somos/>.

FAGERBERG, Jan. Technology and International Differences in Growth Rates. **Journal of Economic Literature**, [S. l.], v. 32, n. 3, p. 1147–1175, 1994.

FAGERBERG, Jan; MOWERY, David C. **The Oxford Handbook of Innovation**. [s.l.] : Oxford University Press, 2006. DOI: 10.1093/oxfordhb/9780199286805.001.0001. Disponível em: <http://www.oxfordhandbooks.com/view/10.1093/oxfordhb/9780199286805.001.0001/oxfordhb-9780199286805>.

FARRUGIA, Gianrico; PLUTOWSKI, Roshelle W. Innovation Lessons From the COVID-19 Pandemic. **Mayo Clinic Proceedings**, [S. l.], v. 95, n. 8, p. 1574–1577, 2020. DOI: 10.1016/j.mayocp.2020.05.024. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2020.05.024>.

FEITOSA, CID OLIVAL. A importância da inovação para o desenvolvimento econômico local. **Economia política do desenvolvimento**, Maceió, v. 4, n. 12, p. 29–50, 2011. DOI: 10.28998/repd.v4i12.786.

FERREIRA, FERNANDA VILELA. **Tecnologia industrial básica e inovação nas micro, pequenas e médias empresas de base tecnológica**. 2009. Pontifícia Universidade Católica (RJ), Programa de Pós Graduação em Metrologia e Inovação, Rio de Janeiro, 2009. DOI: 10.17771/PUCRio.acad.32962.

FERREIRA, Vitor; LISBOA, Ana. Innovation and Entrepreneurship: From Schumpeter to Industry 4.0. **Applied Mechanics and Materials**, [S. l.], v. 890, p. 174–180, 2019. DOI: 10.4028/www.scientific.net/amm.890.174.

FIGUEIREDO, Paulo N. Acumulação tecnológica e inovação industrial: conceitos, mensuração e evidências no Brasil. **São Paulo em Perspectiva**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 54–69, 2005. DOI: 10.1590/s0102-88392005000100005.

FIGUEIREDO, Paulo N. Aprendizagem Tecnológica e Inovação Industrial em Economias Emergentes: uma Breve Contribuição para o Desenho e Implementação de Estudos Empíricos e Estratégias no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 323, 2009. DOI: 10.20396/rbi.v3i2.8648901.

FINEP, Financiadora de Estudos e Projetos. **SELEÇÃO PÚBLICA MCTI/FINEP/FNDCT - Subvenção Econômica à Inovação – 04/2020 - Tecnologias 4.0**. 2020. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/chamadas-publicas/chamadapublica/643>. Acesso em: 16 jun. 2020.

FINEP, Financiadora de Estudos e Projetos. **Sibratec**. 2021. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/apoio-e-financiamento-externa/programas-e-linhas/sibratec>.

FITZGERALD, Michael; KRUSCHWITZ, Nina; BONNET, Didier; WELCH, Michael. Embracing digital technology: A new strategic imperative. **MIT sloan management review**, [S. l.], v. 55, n. 2, p. 1, 2013.

FITZSIMMONS, James A.; FITZSIMMONS, Mona J. **Administração de serviços: operações, estratégia e tecnologia da informação**. 7ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

FLEURY, Afonso. A Tecnologia Industrial Básica (TIB) como condicionante do desenvolvimento industrial na América Latina. **CEPAL**, Santiago de Chile, p. 45, 2007. Disponível em: https://www.cepal.org/iyd/noticias/paginas/1/31431/tib_fleury.pdf. Acesso em: 12 abr. 2019.

FLEURY, Maria Tereza Leme; FLEURY, Afonso. O desenvolvimento das multinacionais brasileiras no cenário global. **GV-executivo**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 34, 2016. DOI: 10.12660/gvexec.v15n1.2016.61491.

FREEMAN, C. Technological infrastructure and international competitiveness. **Industrial and Corporate Change**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 541–569, 2004. DOI: 10.1093/icc/dth022. Disponível em: <https://academic.oup.com/icc/article-lookup/doi/10.1093/icc/dth022>.

FREEMAN, Chris; PEREZ, Carlota. Structural crises of adjustment, business cycles and investment behaviour. *In*: DOSI, Giovanni; FREEMAN, Christopher; NELSON, Richard; SILVERBERG, Gerald (org.). **Technical change and economic theory**. Londres: Pinter, 1988. p. 38–66.

FREEMAN, Christopher. The determinants of innovation. *Futures*, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 206–215, 1979. DOI: 10.1016/0016-3287(79)90110-1. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0016328779901101>.

FREEMAN, Christopher. **Technology, policy, and economic performance : lessons from Japan**. London: Pinter Publishers, 1987.

GALLINA, Renato. **A contribuição da tecnologia industrial básica (tib) no processo de formação e acumulação das capacidades tecnológicas de empresas do setor metal-mecânico**. 2009. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção, São Paulo, 2009.

GALLINA, Renato; FLEURY, Afonso. A capacitação tecnológica na empresa: a função da Tecnologia Industrial Básica (TIB). *Gestão & Produção*, [S. l.], v. 20, n. 2, p. 405–418, 2013. DOI: 10.1590/s0104-530x2013000200011.

GARTNER. **Gartner Identifies Five Emerging Technology Trends That Will Blur the Lines Between Human and Machine**. 2018. Disponível em: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2018-08-20-gartner-identifies-five-emerging-technology-trends-that-will-blur-the-lines-between-human-and-machine>. Acesso em: 6 fev. 2020.

GARUD, Raghu; TUERTSCHER, Philipp; VAN DE VEN, Andrew H. Perspectives on innovation processes. *Academy of Management Annals*, [S. l.], 2013. DOI: 10.1080/19416520.2013.791066.

GEORGE, Gerard; LAKHANI, Karim R.; PURANAM, Phanish. What has changed? The Impact of Covid Pandemic on the Technology and Innovation Management Research Agenda. *Journal of Management Studies*, [S. l.], v. 57, n. 8, p. 1754–1758, 2020. DOI: 10.1111/joms.12634.

GOMES, Rogério; STRACHMAN, Eduardo. O papel das multinacionais no desenvolvimento tecnológico do Brasil: políticas industriais como indutoras de catch up tecnológico. *São Paulo em Perspectiva*, [S. l.], v. 19, n. 2, p. 41–50, 2005. DOI: 10.1590/s0102-88392005000200004.

HEINDL, Florian Adreas; ALEXANDER, Werbik; JOHANNES, Winter; BERND, Mayer; BRUNO, Zarpellom; REMANN. **Possibilidades de colaboração com a cooperação para o desenvolvimento e a economia alemã na área de tecnologia / transferência de know-how para o BrasilAcatech**. Bonn e Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2016. Disponível em: http://www.ahkbrasil.com/downloads/Arquivos/GIZ_Abschlussbericht_07_10_2016_FINAL_portugues_FR_clean.pdf. Acesso em: 15 abr. 2019.

HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. **Design Principles for Industrie 4.0**

Scenarios: A Literature Review. Dortmund: Technische Universität Dortmund, 2015. DOI: 10.13140/RG.2.2.29269.22248.

HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. *In: PROCEEDINGS OF THE ANNUAL HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES 2016*, Koloa/HI, USA. **Anais [...]**. Koloa/HI, USA: IEEE, 2016. p. 3928–3937. DOI: 10.1109/HICSS.2016.488. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7427673/>. Acesso em: 12 abr. 2019.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Inovação 2015-2017PINTEC**. Brasília, Brasil: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Serviços e Comércio, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 21 jun. 2020.

IEDI, Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **Estratégias Nacionais Para a indústria 4.0**. Brasília: IEDI, 2018. a. Disponível em: http://www.iedi.org.br/artigos/top/estudos_industria/20180705_estrategias_nacionais_para_a_industria_4_0.html. Acesso em: 5 ago. 2019.

IEDI, Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **Políticas para o Desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil**. Brasília: IEDI, 2018. b.

IEDI, Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. **A Indústria do Futuro no Brasil e no Mundo** (Organizadores Julio, Sergio Gomes, Almeida Rafael, Fagundes Cagnin, Org.). Brasília, Brasil: IEDI, 2019. Disponível em: https://iedi.org.br/media/site/artigos/20190311_industria_do_futuro_no_brasil_e_no_mundo.pdf. Acesso em: 23 jun. 2019.

IEL, Instituto Euvaldo Lodi. **Riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas. Indústria 2027**. Brasília, Brasil: IEL/NC, 2018. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/36/85/3685e664-7029-49ab-86b4-9c6f5137c480/industria_2027_capa_01_-_university_of_cambridge.pdf. Acesso em: 16 jul. 2019.

ILLÉS, Béla; TAMÁS, Péter; DOBOS, Péter; SKAPINYEZ, Róbert. New Challenges for Quality Assurance of Manufacturing Processes in Industry 4.0. **Solid State Phenomena**, [S. l.], v. 261, n. August, p. 481–486, 2017. DOI: 10.4028/www.scientific.net/SSP.261.481. Disponível em: <https://www.scientific.net/SSP.261.481>.

INMETRO, Instituto Brasileiro de Metrologia Qualidade e Tecnologia. **Avaliação da Conformidade**. Brasília: Instituto Brasileiro de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, 2017. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/acpq.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2020.

INMETRO, Instituto Brasileiro de Metrologia Qualidade e Tecnologia. **Conselho Nacional de Metrologia, Normalização, e Qualidade Industrial**. 2020. Disponível em: <https://www4.inmetro.gov.br/aceso-a-informacao/participacao-social/sinmetro>. Acesso em: 29 jul. 2020.

INMETRO, Instituto Nacional de Metrologia Qualidade e Tecnologia. **Proposta do Modelo Regulatório do Inmetro**. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/->

/consulta-publica-n-8-de-25-de-marco-de-2021-310910534. Acesso em: 4 abr. 2021.

IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Políticas de apoio à inovação tecnológica no Brasil: avanços recentes, limitações e propostas de ações**. Brasília: IPEA, 2017.

ISZCZUK, Ana Claudia Duarte; VENTRIS, Kauê Fernandes Dias; PINTO, Gabrielly Balsarin; SHIRABAYASHI, Juliana Verga; DOS SANTOS, Marco Aurélio Reis; DE SOUZA, Rodrigo Clemente Thom; MOLIN FILHO, Rafael Germano Dal. Evoluções das tecnologias da indústria 4.0: dificuldades e oportunidades para as micro e pequenas empresas. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 5, p. 50614–50637, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n5-454. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/30081>.

JIANG, Hong; ZHAO, Shukuan; ZHANG, Yue; CHEN, Yong. The cooperative effect between technology standardization and industrial technology innovation based on Newtonian mechanics. **Information Technology and Management**, [S. l.], v. 13, n. 4, p. 251–262, 2012. DOI: 10.1007/s10799-012-0133-x.

JUSTEN, C. R.; DE ALMEIDA, M. F. L.; SOUZA, R. C. Innovation and quality infrastructure in the Brazilian electricity sector. *In: IAMOT 2016 - 25TH INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR MANAGEMENT OF TECHNOLOGY CONFERENCE, PROCEEDINGS: TECHNOLOGY - FUTURE THINKING 2016, Orlando. Anais [...]*. Orlando p. 1742–1753.

KAGERMANN, Henning; ANDERL, Reiner; GAUSEMEIER, Jürgen; SCHUH, Günther; WAHLSTER, Wolfgang. **Strategies for Cooperating with International Partners** (Henning Kagermann, Reiner Anderl, Jürgen Gausemeier, Günther Schuh, Wolfgang Wahlster, Org.) **Industrie 4.0 in a Global Context**. Munique, Alemanha: Herbert Utz Verlag GmbH, 2016. Disponível em: www.acatech.de. Acesso em: 5 fev. 2020.

KAGERMANN; WAHLSTER, Wolfgang; HELBIG, Johannes; KAGERMANN, Henning; WAHLSTER, Wolfgang; HELBIG, Johannes; HELLINGER, Ariane. **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0- Final report of the Industrie 4.0**. Forschungsunion: National Academy of Science and Engineering, 2013. Disponível em: http://thuviensoc.dastic.vn:801/dspace/handle/TTKHCNDaNang_123456789/357. Acesso em: 12 abr. 2019.

KANS, Mirka; INGWALD, Anders. **Service Management 4.0 and its Applicability in the Swedish Railway Industry** Sweden Linnaeus University, , 2016. Disponível em: [https://www.ltu.se/cms_fs/1.147575!/file/Kans Service Management 4 in railway industry.pdf](https://www.ltu.se/cms_fs/1.147575!/file/Kans%20Service%20Management%204%20in%20railway%20industry.pdf).

KATZ, Raúl; JUNG, Juan; CALLORDA, Fernando. **El estado de la digitalización de América Latina frente a la pandemia del COVID-19** (Mauricio Agudelo, Org.) **Banco de Desarrollo de América Latina - Corporación Andina de Fomento (CAF)**. [s.l.] : Corporación Andina de Fomento, 2020. Disponível em: <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1540>. Acesso em: 26 jul. 2020.

KELEMEN, Mihaela; RUMENS, Nick. Critical Theory: An Introduction. *In: An Introduction to Critical Management Research*. London England: SAGE Publications, Ltd,

2011. p. 3–20. DOI: 10.4135/9780857024336.d4. Disponível em:
<http://methods.sagepub.com/book/an-introduction-to-critical-management-research/d4.xml>.

KLUK, Anthony F.; JOHNSON, Hoyt C.; MCGINNIS, Clyde Phillip; ROSS, Steven L.; SUTTER, Herbert G. **Technology readiness levels handbook for space applications**. [s.l: s.n.]. Disponível em: https://artes.esa.int/sites/default/files/TRL_Handbook.pdf.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LAPLANE, Mariano. Joseph A, Schumpeter - Inovações e dinâmica capitalista. *In*: CARNEIRO, R. (org.). **Os clássicos da economia**. São Paulo: Ática, 1997. v. 2p. 59–67.

LAZZARI, Annarita; POU, Jean Michel; DUBOIS, Christophe; LEBLOND, Laurent. Smart metrology: The importance of metrology of decisions in the big data era. **IEEE Instrumentation and Measurement Magazine**, [S. l.], v. 20, n. 6, p. 22–29, 2017. DOI: 10.1109/MIM.2017.8121947.

LEE, Ming-Xuan; LEE, Yen-Chun; CHOU, C. Essential Implications of the Digital Transformation in Industry 4.0. **Journal of Scientific & Industrial Research**, [S. l.], v. 76, n. 8, p. 465–467, 2017.

LIAO, Yongxin; DESCHAMPS, Fernando; LOURES, Eduardo de Freitas Rocha; RAMOS, Luiz Felipe Pierin. Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. **International Journal of Production Research**, [S. l.], v. 55, n. 12, p. 3609–3629, 2017. DOI: 10.1080/00207543.2017.1308576. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2017.1308576>. Acesso em: 3 jun. 2019.

LIERE-NETHELER, Kirsten. Analysis of adoption processes in industry 4.0. *In*: STPIS@ CAISE 2017, **Anais [...]**. [s.l: s.n.] p. 83–89. Disponível em: <http://ceur-ws.org/Vol-1854/Paper9.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2019.

MALERBA, Franco. Learning by Firms and Incremental Technical Change. **The Economic Journal**, Milão, v. 102, n. 413, p. 845–859, 1992. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2234581>.

MALERBA, Franco; ORSENIGO, Luigi. The dynamics and evolution of industries. **Industrial and Corporate Change**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 51–87, 1996. DOI: 10.1093/icc/5.1.51.

MAMEDE, Michele; PEIXOTO SANTA RITA, Luciana; MARIA OLIVEIRA SÁ, Eliana; RADAELLI, Vanderleia; PINTO GADELHA, Denise; CABRAL SOUSA JUNIOR, Celio; UGGIONI, Natalino. Sistema nacional de inovação: uma análise dos sistemas na Alemanha e no Brasil. **Navus - Revista de Gestão e Tecnologia**, Florianópolis, v. 6, n. 4, p. 06–25, 2016. DOI: 10.22279/navus.2016.v6n4.p06-25.389. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=350454048002>. Acesso em: 16 fev. 2020.

MARQUARDT, Katrin. Smart services – characteristics, challenges, opportunities and business models. **International Conference on Business Excellence**, [S. l.], v. 11, n. 1, p.

789–801, 2017. DOI: 10.1515/picbe-2017-0084. Disponível em: <https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/picbe.2017.11.issue-1/picbe-2017-0084/picbe-2017-0084.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2019.

MARQUES, Miguel; SOUSA, João A.; RIBEIRO, Luís. Calibration 4.0 – Information system for usage of digital calibration certificates. *In: (Sandrine Gazal, Org.) 19TH INTERNATIONAL CONGRESS OF METROLOGY (CIM2019) 2019, Les Ulis, France. Anais [...]. Les Ulis, France: EDP Sciences, 2019. p. 01002. DOI: 10.1051/metrology/201901002. Disponível em: <https://cfmetrologie.edpsciences.org/10.1051/metrology/201901002>.*

MATHIEU, Valérie. Service strategies within the manufacturing sector: benefits, costs and partnership. **International Journal of Service Industry Management**, [S. l.], v. 12, n. 5, p. 451–475, 2001. DOI: 10.1108/EUM0000000006093. Disponível em: <http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/EUM0000000006093>.

MATT, Christian; HESS, Thomas; BENLIAN, Alexander. Digital Transformation Strategies. **Business and Information Systems Engineering**, [S. l.], v. 57, n. 5, p. 339–343, 2015. DOI: 10.1007/s12599-015-0401-5.

MELO, Daniel Peterson Carvalho De. **Tecnologia industrial básica e inovação na base industrial de defesa no Brasil**. 2014. Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Metrologia e Inovação, Rio de Janeiro, 2014.

MELO JR., Wilson; VIEIRA, André; MACHADO, Raphael; FARIAS, Claudio; CARMO, Luiz. Uso de Redes Blockchain em aplicações de Metrologia e Avaliação da Conformidade. *In: ANAIS DO V WORKSHOP DE REGULÇÃO, AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE E CERTIFICAÇÃO DE SEGURANÇA (WRAC 2019) 2019, Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2019. p. 43–52. DOI: 10.5753/wrac.2019.14036. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wrac/article/view/14036>.*

MELO, Tatiana Massaroli; FUCIDJI, José Ricardo; POSSAS, Mario Luiz. Política industrial como política de inovação: notas sobre hiato tecnológico, políticas, recursos e atividades inovativas no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, v. 14, p. 11–36, 2015. DOI: 10.20396/rbi.v14i0.8649098.

MENELAU, SUELI; MACEDO, FRANCISCO GUILHERME LIMA; CARVALHO, PATRÍCIA LACERDA DE; NASCIMENTO, THIAGO GOMES; CARVALHO JÚNIOR, ANTÔNIO DEUSANY DE. Mapeamento da produção científica da Indústria 4.0 no contexto dos BRICS: reflexões e interfaces. **Cadernos EBAPE.BR**, [S. l.], v. 17, n. 4, p. 1094–1114, 2019. DOI: 10.1590/1679-395174878. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-39512019000401094&tlng=pt.

MERRIAM, Sharan B.; TISDELL, Elizabeth J. **QUALITATIVE RESEARCH A Guide to Design and Implementation**. 4ª ed. San Francisco: John Wiley & Sons, 2016.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. Cientificidade, generalização e divulgação de estudos

qualitativos. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 16–17, 2017. DOI: 10.1590/1413-81232017221.30302016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232017000100016&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 2 ago. 2020.

MOREIRA, Herivelto. Critérios e estratégias para garantir o rigor na pesquisa qualitativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, PONTA GROSSA, v. 11, n. 1, p. 405–424, 2018. DOI: 10.3895/rbect.v11n1.6977. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/6977>. Acesso em: 2 ago. 2020.

NELSON, Richard R. The co-evolution of technology, industrial structure, and supporting institutions. **Industrial and Corporate Change**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 47–63, 1994. DOI: 10.1093/icc/3.1.47. Disponível em: <https://academic.oup.com/icc/article/3/1/47/741092>. Acesso em: 24 jun. 2020.

NELSON, Richard R.; WINTER, Sidney Gohannes. Aptidões e Comportamentos das organizações. *In: Uma teoria evolucionária*. Campinas: Editora da Unicamp, 2005. p. 149–205.

OCDE. **Diretrizes para Coleta e Interpretação de dados sobre Inovação Manual de Oslo**. Brasília, Brasil: OCDE, 2005. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0005/5068.pdf.

OKREPILOV, V. V; KRUTIKOV, V. N.; EL’KIN, G. I. The economic component of support for the uniformity of measurements. **Measurement Techniques**, [S. l.], v. 57, n. 2, p. 109–116, 2014. DOI: 10.1007/s11018-014-0416-1.

OLIVA, Rogelio; KALLENBERG, Robert. Managing the transition from products to services. **International Journal of Service Industry Management**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 160–172, 2003. DOI: 10.1108/09564230310474138. Disponível em: <http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/09564230310474138>.

OLIVEIRA, Marcia Cristina De. **Tecnologia Industrial Básica da Formação em Engenharia**. 2015. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Tecnologia do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, [S. l.], 2015.

OZTEMEL, Ercan; GURSEV, Samet. Literature review of Industry 4.0 and related technologies. **Journal of Intelligent Manufacturing**, [S. l.], v. 31, n. 1, p. 127–182, 2020. DOI: 10.1007/s10845-018-1433-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10845-018-1433-8>. Acesso em: 29 jul. 2020.

PAGALDAY, Gerardo; ZUBIZARRETA, Patxi; URIBETXEBARRIA, Jone; ERGUIDO, Asier; CASTELLANO, E. Efficient development and management of after sale services. *In: PROCEDIA MANUFACTURING 2018, Anais [...]*. : Elsevier, 2018. p. 18–25. DOI: 10.1016/j.promfg.2018.01.004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978918300040>. Acesso em: 4 jun. 2019.

PAKES, Paulo Renato. **Serviços tecnológicos e atividades inovativas no sistema de inovação de sorocaba**. 2015. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos,

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Sorocaba, 2015.

PEARSONS, Timothy M.; MACKIN, Michele. Technology Readiness Assessment Guide: Best Practices for Evaluating the Readiness of Technology for Use in Acquisition Programs and Projects. **US Government Accountability Office Washington United States**, [S. l.], n. January, 2020. Disponível em: <https://www.gao.gov/assets/680/679006.pdf>.

PEREIRA, Adriano José; DATHEIN, Ricardo. Processo de aprendizado, acumulação de conhecimento e sistemas de inovação: a “co-evolução das tecnologias físicas e sociais” como fonte de desenvolvimento econômico. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 137–165, 2012. DOI: 10.20396/rbi.v11i1.8649029.

PEREZ, Carlota. Technological change and opportunities for development as a moving target. **Trade and Development: Directions for the 21st Century**, [S. l.], p. 100–130, 2003. DOI: 10.4337/9781843767473.00010.

PEREZ, Carlota. **Technological Revolutions and Financial Capital**. Cheltenham: Edward Elgar, 2004.

PEREZ, Carlota. Technological revolutions and techno-economic paradigms. **Cambridge Journal of Economics**, [S. l.], v. 34, n. 1, p. 185–202, 2009. DOI: 10.1093/cje/bep051. Disponível em: <http://hum.ttu.ee/tg/>. Acesso em: 8 ago. 2019.

PÉREZ, Carlota. Revoluciones tecnológicas y paradigmas tecnoeconómicos. **Tecnología y Construcción**, [S. l.], v. 34, n. 1998, p. 77–86, 2005. DOI: http://www.carlotaperez.org/downloads/pubs/Revoluciones_tecnologicas_y_paradigmas_tecnoeconomicos.pdf.

PIETROBELLI, Carlo; RABELLOTTI, Roberta. The Global Dimension of Innovation Systems: Linking Innovation Systems and Global Value Chains. In: LUNDVALL, Bengt-Åke; JOSEPH, K. J.; CHAMINADE, Cristina; VANG, Jan (org.). **Handbook of innovations systems and developing countries**. Massachusetts: Edward Elgar, 2010. p. 215–238. Disponível em: <http://www.elgaronline.com/view/9781847206091.00015.xml>.

PINTO, Eduardo Costa; FIANI, Ronaldo; CORRÊA, Ludmila Macedo. Dimensões da abordagem da cadeia global de valor: upgrading, governança, políticas governamentais e propriedade intelectual. **Textos para Discussão IPEA**, Brasília, v. 2155, p. 1–49, 2016.

PIRES, Marcos Cordeiro. O Brasil, o Mundo e a Quarta Revolução Industrial: reflexões sobre os impactos econômicos e sociais. **Revista de Economia Política e História Econômica**, [S. l.], v. 14, n. 40, p. 5–36, 2018.

POPKOVA, Elena G.; RAGULINA, Yulia V.; BOGOVIZ, Aleksei V. Fundamental Differences of Transition to Industry 4.0 from Previous Industrial Revolutions. In: **Studies in Systems, Decision and Control**. [s.l.] : Springer International Publishing, 2019. v. 169p. 21–29. DOI: 10.1007/978-3-319-94310-7_3. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-94310-7_3. Acesso em: 29 jun. 2020.

POZDNYAKOVA, Ulyana A.; GOLIKOV, Vyacheslav V.; PETERS, Irina A.; MOROZOVA, Irina A. Genesis of the revolutionary transition to industry 4.0 in the 21st

century and overview of previous industrial revolutions. *In: Studies in Systems, Decision and Control*. [s.l.] : Springer International Publishing, 2019. v. 169p. 11–19. DOI: 10.1007/978-3-319-94310-7_2. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-94310-7_2. Acesso em: 29 jun. 2020.

PTB, Physikalisch-Technische Bundesanstalt. **Metrology for the Digitalization of the Economy and Society**. Braunschweig e Berlin: Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), 2017. a. Disponível em: https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/forschung_entwicklung/digitalisierung/preview_Metrology_for_the_Digitalization_of_Economy_and_Society.pdf. Acesso em: 2 ago. 2019.

PTB, Physikalisch-Technische Bundesanstalt. **Metrology for the Digitalization of the Economy and Society**. Braunschweig e Berlin: Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 2017. b. Disponível em: https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/forschung_entwicklung/digitalisierung/preview_Metrology_for_the_Digitalization_of_Economy_and_Society.pdf. Acesso em: 2 ago. 2019.

PUFFAL, Daniel Pedro; JÚNIOR, José Antonio Valle Antunes. A Organização dos Serviços de Metrologia em Redes Interorganizacionais: Um Estudo de Caso. *In: XXV SIMPÓSIO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA 2008*, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: ANPAD, 2008. p. 1–16. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/admin/pdf/Simpósio137.pdf>.

PWC, Price Water House Coopers. **Digitização como vantagem competitiva – Relatório Brasil Pesquisa global Indústria 4.0**. Brasil: PWC, 2016. Disponível em: <https://www.pwc.com.br>. Acesso em: 12 abr. 2019.

QUINTELLA, Cristina M.; RIBEIRO, Núbia Moura; GONÇALVES, KÉNYA, Felicíssimo; LINHARES, Marcus Vinícius Dantas; PATERNOSTRO, André de Góes. **Maturidade Tecnológica: níveis de prontidão TRL Coleção PROFINIT - Série Prospecção Tecnológica**, 2019. Disponível em: <http://www.profnit.org.br/wp-content/uploads/2019/02/PROFNIT-Serie-Prospeccao-Tecnologica-Volume-2.pdf>.

REIS, Marcello Carvalho Dos. **Tecnologia industrial básica e inovação nos serviços de tecnologia da informação no Brasil**. 2018. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Centro Técnico Científico, Programa de Pós- Graduação em Metrologia para a Qualidade e Inovação, Rio de Janeiro, 2018.

REIS, João; AMORIM, Marlene; MELÃO, Nuno; MATOS, Patrícia. Digital Transformation: A Literature Review and Guidelines for Future Research. *In: 10th European Conference on Information Systems Management. Academic Conferences and publishing limited*. [s.l.: s.n.]. v. 1p. 411–421. DOI: 10.1007/978-3-319-77703-0_41. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-77703-0_41.

RENNUNG, Frank; LUMINOSU, Caius Tudor; DRAGHICI, Anca. Service Provision in the Framework of Industry 4.0. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, [S. l.], v. 221, p. 372–377, 2016. DOI: 10.1016/j.sbspro.2016.05.127. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877042816302002>. Acesso em: 12 abr. 2019.

ROBLEK, Vasja; MEŠKO, Maja; KRAPEŽ, Alojz. A Complex View of Industry 4.0. **SAGE Open**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 215824401665398, 2016. DOI: 10.1177/2158244016653987.

Disponível em: <https://us.sagepub.com/en-us/nam/open-access-at-sage>. Acesso em: 12 abr. 2019.

ROGERS, David L. **Transformação digital : repensando o seu negócio para a era digital**. 1. ed. São Paulo: Autêntica Business, 2017.

ROMERO, David; GAIARDELLI, Paolo; POWELL, Daryl; WUEST, Thorsten; THÜRER, Matthias. Total Quality Management and Quality Circles in the Digital Lean Manufacturing World. **IFIP Advances in Information and Communication Technology**, [S. l.], v. 566, n. September, p. 3–11, 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-30000-5_1.

ROTHWELL, Roy. Towards the Fifth-generation Innovation Process. **International Marketing Review**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 7–31, 1994. DOI: 10.1108/02651339410057491.

Disponível em:

<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/02651339410057491/full/html>.

RÜTTIMANN, Bruno G.; STÖCKLI, Martin T. Lean and Industry 4.0—Twins, Partners, or Contenders? A Due Clarification Regarding the Supposed Clash of Two Production Systems. **Journal of Service Science and Management**, [S. l.], v. 09, n. 06, p. 485–500, 2016. DOI: 10.4236/jssm.2016.96051.

SALKIN, Ceren; ONER, Mahir; USTUNDAG, Alp; CEVIKCAN, Emre. A Conceptual Framework for Industry 4.0. *In*: USTUNDAG, Alp; CEVIKCA, Emre (org.). **Industry 4.0: Managing The Digital Transformation**. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 3–23. DOI: 10.1007/978-3-319-57870-5_1. Disponível em:

http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-57870-5_1.

SANDERS, Adam; ELANGESWARAN, Chola; WULFSBERG, Jens. Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. **Journal of Industrial Engineering and Management**, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 811, 2016. DOI: 10.3926/jiem.1940. Disponível em:

<http://www.jiem.org/index.php/jiem/article/view/1940>. Acesso em: 1 fev. 2021.

SARAIVA, Illyushin Zaak; OLIVEIRA, Nadja Simone Menezes Nery; MOREJON, Camilo Freddy Mendoza. Impactos das Políticas de Quarentena da Pandemia Covid-19, Sars-Cov-2, sobre a CT&I Brasileira: prospectando cenários pós-crise epidêmica. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 13, n. 2, p. 378, 2020. DOI: 10.9771/cp.v13i2 covid-19.36066. Disponível em: <https://portalseer.ufba.br/index.php/nit/article/view/36066>. Acesso em: 3 ago. 2020.

SATYRO, Walter C.; DE MESQUITA SPINOLA, Mauro; SACOMANO, Jose B.; DA SILVA, Márcia Terra; GONÇALVES, Rodrigo Franco; DE PAULA PESSOA, Marcelo Schneck; CONTADOR, Jose Celso; CONTADOR, Jose Luiz; SCHIAVO, Luciano. Implementation of Industry 4.0 in Germany, Brazil and Portugal: Barriers and Benefits. *In*: (D. Ameri, F; Stecke, KE; VonCieminski, G; Kiritsis, Org.) **IFIP ADVANCES IN INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY 2019**, Austin. **Anais [...]**. Austin p. 323–330. DOI: 10.1007/978-3-030-29996-5_37. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-29996-5_37.

SAUNDERS, Mark; LEWIS, Philip; THORNHILL, Adrian. **Research Methods for**

Business Students. 7^a ed. Harlow: Business & Economics, 2016.

SBM, Sociedade Brasileira de Metrologia. **Sociedade Brasileira de Metrologia**. 2021. Disponível em: <https://metrologia.org.br/wpsite/quem-somos/>. Acesso em: 15 maio. 2021.

SCHNEIDER, Paul. Managerial challenges of Industry 4.0: an empirically backed research agenda for a nascent field. **Review of Managerial Science**, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 803–848, 2018. DOI: 10.1007/s11846-018-0283-2. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11846-018-0283-2>. Acesso em: 5 ago. 2019.

SCHUMACHER, Andreas; EROL, Selim; SIHN, Wilfried. A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. **Procedia CIRP**, [S. l.], v. 52, p. 161–166, 2016. DOI: 10.1016/j.procir.2016.07.040. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212827116307909>. Acesso em: 12 abr. 2019.

SCHUMPETER, JOSEPH ALOIS. **Capitalismo, Socialismo e Democracia**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961. Disponível em: http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-72622016000100012&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

SCHUMPETER, JOSEPH ALOIS. **Teoria Do Desenvolvimento Econômico: Uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico**. São Paulo: Nova Cultural, 1997.

SCHWAB, Klaus. **A Quarta Revolução Industrial**. 1^a ed. São Paulo: Edipro, 2016.

SHAMIM, Saqib; CANG, Shuang; YU, Hongnian; LI, Yun. Examining the Feasibilities of Industry 4.0 for the Hospitality Sector with the Lens of Management Practice. **Energies**, [S. l.], v. 10, n. 4, p. 499, 2017. DOI: 10.3390/en10040499. Disponível em: <http://www.mdpi.com/1996-1073/10/4/499>. Acesso em: 4 jun. 2019.

SILVA, Ronaldo Pedro Da. **Simulação e Análise do Desempenho de um Laboratório Analítico em um Cenário Auto-sustentável**. 2007. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro Programa de Pós- graduação em Engenharia Industrial do Departamento de Engenharia Industrial., Rio de Janeiro, 2007.

SKILTON, Mark; HOVSEPIAN, Felix. The Technology of the 4th Industrial Revolution. In: **The 4th Industrial Revolution**. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 29–68. DOI: 10.1007/978-3-319-62479-2_2. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-62479-2_2.

SOUSA, Adail José; CORRÊA, Dalila Alves; NOBRE, Fábio Chaves; PADOVEZE, Clóvis Luís; CALIL, José Francisco. A generalização dos resultados da pesquisa qualitativa no campo da Administração : reflexão sobre seus limites e possibilidades. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 3, n. 3, p. 465–480, 2017. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/52>. Acesso em: 2 ago. 2020.

SUZIGAN, Wilson; FURTADO, João. Instituições e políticas industriais e tecnológicas: reflexões a partir da experiência brasileira. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, [S. l.], v. 40, n. 1, p. 7–41, 2010. DOI: 10.1590/s0101-41612010000100001.

TAYLOR, Frederick Winslow. **Princípios de Administração Científica**. 8ª ed. São Paulo: Atlas S.A., 1995.

TIDD, Joe; BESSANT, John. **Gestão da inovação**. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

TIGRE, Paulo Bastos. Paradigmas Tecnológicos e Teorias Econômicas da Firma. **Revista Brasileira de Inovação**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 187–223, 2005.

TIGRE, Paulo Bastos. **Gestão da Inovação: A Economia da Tecnologia no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

TIRONI, Luis Fernando. Infraestrutura de serviços tecnológicos e política de inovação. *In: Radar -Tecnologia, Produção e Comércio Exterior*. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2016. a.

TIRONI, Luis Fernando. Norma técnica e desenvolvimento: inovação e acordos comerciais. **Boletim de Economia e Política Internacional**, [S. l.], v. 24, p. 1–12, 2019.

TIRONI, Luís Fernando. Globalização em serviços tecnológicos. *In: Radar - Tecnologia, Produção e Comercio Exterior*. Brasília, Brasil: Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IEPA, 2014. v. 33. Disponível em: https://ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/radar/140715_radar33_cap3.pdf. Acesso em: 17 dez. 2019.

TIRONI, Luís Fernando. Serviços tecnológicos em alguns países: uma abordagem inicial com foco no comércio externo de bens. *In: Radar - Tecnologia, Produção e Comercio Exterior*. Brasília: Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IEPA, 2015. v. 40.

TIRONI, Luís Fernando. Serviços tecnológicos. *In: Sistemas Setoriais de Inovação e Infraestrutura de Pesquisa no Brasil*. Brasília: Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IEPA, 2016. b. Disponível em: <http://goo.gl/Jb9Wke>. Acesso em: 12 abr. 2019.

TORTORELLA, Guilherme Luz; GIGLIO, Ricardo; VAN DUN, Desirée H. Industry 4.0 adoption as a moderator of the impact of lean production practices on operational performance improvement. **International Journal of Operations and Production Management**, [S. l.], v. 39, p. 860–886, 2019. DOI: 10.1108/IJOPM-01-2019-0005.

TORTORELLA, Guilherme Luz; ROSSINI, Matteo; COSTA, Federica; PORTIOLI STAUDACHER, Alberto; SAWHNEY, Rapinder. A comparison on Industry 4.0 and Lean Production between manufacturers from emerging and developed economies. **Total Quality Management and Business Excellence**, [S. l.], v. 0, n. 0, p. 1–22, 2019. DOI: 10.1080/14783363.2019.1696184. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14783363.2019.1696184>.

VERHOEF, Peter C.; BROEKHUIZEN, Thijs; BART, Yakov; BHATTACHARYA, Abhi; QI DONG, John; FABIAN, Nicolai; HAENLEIN, Michael. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. **Journal of Business Research**, [S. l.], v. 122, n. November 2019, p. 889–901, 2021. DOI: 10.1016/j.jbusres.2019.09.022. Disponível

em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0148296319305478>.

VIEIRA, Pedro Antônio; OURIQUES, Helton Ricardo; AREND, Marcelo. A posição do Brasil frente à Indústria 4.0: mais uma evidência de rebaixamento para a periferia ? **OIKOS**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 3, p. 12–34, 2020.

WEBER, Max. **Economia e Sociedade: fundamentos da sociologia compreensiva**. 3ª ed. São Paulo: Editora Universidade de Brasília, 2004. v. 2 DOI: 10.1590/S0102-69092008000300004. Disponível em: <http://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/weber-m-economia-e-sociedade-fundamentos-da-sociologia-compreensiva-volume-2.pdf>.

YOO, Youngjin; BOLAND, Richard J.; LYYTINEN, Kalle; MAJCHRZAK, Ann. Organizing for Innovation in the Digitized World. **Organization Science**, [S. l.], v. 23, n. 5, p. 1398–1408, 2012. DOI: 10.1287/orsc.1120.0771. Disponível em: <http://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/orsc.1120.0771>.

ZAKI, Mohamed. Digital transformation: harnessing digital technologies for the next generation of services. **Journal of Services Marketing**, [S. l.], 2019. DOI: 10.1108/JSM-01-2019-0034.

ZÁVADSKÁ, Zuzana; ZÁVADSKÝ, Ján. Quality managers and their future technological expectations related to Industry 4.0. **Total Quality Management and Business Excellence**, [S. l.], v. 31, n. 7–8, p. 717–741, 2020. DOI: 10.1080/14783363.2018.1444474.

ZONNENSHAIN, Avigdor; KENETT, Ron S. Quality 4.0—the challenging future of quality engineering. **Quality Engineering**, [S. l.], v. 32, n. 4, p. 614–626, 2020. DOI: 10.1080/08982112.2019.1706744. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/08982112.2019.1706744>.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Pesquisadora: Emilian Margotti

Orientadora: Dra. Gabriela Gonçalves Silveira Fiates

Título da Pesquisa (provisório): A prestação de Serviços Tecnológicos frente a Indústria 4.0: uma análise sobre o aspecto inovativo tecnológico.

Caro(a) participante:

Gostaria de convidá-lo(a) a participar como voluntário(a) da pesquisa acima intitulada. Trata-se de coleta de informações a serem utilizadas em uma pesquisa dissertação desenvolvida no Programa de Pós-graduação em Administração da Universidade Federal de Santa Catarina, participando de uma entrevista sobre o objeto de estudo. O objetivo deste estudo é analisar de como os serviços tecnológicos podem consolidar o avanço inovativo tecnológico advindo do modelo Indústria 4.0, compreendendo seu estado presente e avaliando possibilidades de atuações futuras. A entrevista será realizada pela pesquisadora, bem como, sua posterior análise.

Declaração do(a) Participante

Eu, _____, tendo sido devidamente esclarecido(a) sobre os objetivos e procedimentos da pesquisa intitulada, provisoriamente, “A prestação de Serviços Tecnológicos frente a digitalização da Indústria: uma análise sobre o aspecto inovativo tecnológico” declaro que tenho conhecimento dos direitos e das condições que me foram assegurados, a seguir relacionados:

- garantia de receber respostas a qualquer pergunta ou esclarecimento a qualquer dúvida;
- segurança de que não serei identificado e que será mantido o caráter confidencial da informação relacionada à minha privacidade e;
- direito de receber informações referentes ao andamento da pesquisa. Para tal solicitarei no e-mail da pesquisadora.

Declaro, ainda, que minha participação é livre e espontânea, assim, concordo com as condições que me foram apresentadas e, livremente, manifesto minha vontade de participar da referida pesquisa.

Cidade, ____ de _____ de 201__.

Assinatura do(a) entrevistado(a)
Nome
Entrevistado

Assinatura da pesquisadora
Emilian Margotti
Pesquisadora

APÊNDICE B – CARTA CONVITE PARA PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA

Prezado Participante,

Venho por meio desta, solicitar a participação na pesquisa de dissertação intitulada “**A prestação de Serviços Tecnológicos frente a Indústria 4.0: uma análise sobre o aspecto inovativo tecnológico**” da aluna de mestrado Emiliana Margotti do Programa de Pós-graduação em Administração da UFSC.

Esse trabalho tem por objetivo “**Analisar de que forma os serviços tecnológicos podem consolidar o avanço inovativo tecnológico advindo do modelo Indústria 4.0**”. Para esse fim serão coletadas entrevistas com prestadores de serviços tecnológicos, indústrias demandantes e governo.

A pesquisa irá ocorrer por meio de uma entrevista online, não durando mais que 60 minutos. A reunião será agendada previamente e poderá ser realizada pela plataforma que melhor lhe atenda.

Estamos à disposição para qualquer pergunta sobre a pesquisa, portanto, não hesite em nos questionar. Solicitamos ainda que a entrevista possa ser gravada, pois assim as informações serão mais bem registradas. As informações serão tratadas como sigilosas, de uso exclusivo para a pesquisa e não oferecerão risco algum para os participantes.

Atenciosamente,

Profa. Gabriela Gonçalves Silveira Fiates, Dra. - Orientadora

Emiliana Margotti – Mestranda PPGA/UFSC

APÊNDICE C – ROTEIRO DE ENTREVISTA

Olá (bom dia/tarde/noite), primeiro quero de pronto já agradecer a sua participação nessa pesquisa.

Conforme apontado no e-mail, esta entrevista faz parte de um estudo acadêmico que tem por objetivo **analisar de que forma os serviços tecnológicos podem consolidar o avanço inovativo tecnológico advindo do modelo Indústria 4.0**. Além da nossa conversa, esse estudo conta com a uma pesquisa teórica em profundidade e entrevistas com outros representantes de indústrias, ICTs e Governo.

Friso que não existem respostas corretas ou incorretas, pois o objetivo da entrevista é coletar as suas opiniões sobre o assunto. Saliento também que essa entrevista será gravada e que as informações são confidenciais e serão utilizadas somente para este estudo acadêmico. Ao término do estudo, os resultados serão divulgados e se houver interesse poderei encaminhar o trabalho para você ter conhecimento.

A entrevista será dividida em 4 partes e levará aproximadamente 1 hora.

PARTE 1 – Inovação Tecnológica

1. Para iniciar a nossa conversa eu gostaria que tu me contasses um pouco sobre a sua atuação hoje na (na empresa XX) e um pouco da sua trajetória de carreira para chegar nesse ponto.
2. Bom, agora entrando no tema inovação, eu gostaria que tu me falasses o que vem em mente quando você pensa no termo “inovação tecnológica”?
3. Para você existe algum responsável pelo processo de inovação tecnológica? Seria o Governo, Universidades, Indústrias, Startups?

PARTE 2 – Serviços Tecnológicos

4. O que você entende pelo termo “serviço tecnológico”? Ele te direciona a algum tipo de oferta serviço em si? Caso não tenha o entendimento direcionado ao objetivo dessa pesquisa, perguntar como se refere aos serviços de metrologia, calibração, inspeção, certificação e acreditação.
5. Você considera esse serviço importante para a nossa economia nacional? E qual a importância deste tipo de serviço para o processo inovativo?
 - E: O quão é importante para a sua empresa?
 - I: O quão é importante para sua ICT?
 - G: Você considera importante/estratégico para o governo?
6. Você considera que o mercado brasileiro, hoje, está estruturado para atender a demanda desse tipo de serviços? Por quê? Se não, quais as lacunas encontradas? Onde está falhando.
7. Quais são as dificuldades encontradas na prospecção destes serviços? Você conhece alguma - logística, preço, burocracia, conhecimento técnico? Pode ser relacionado ao seu setor de atuação ou mesmo uma realidade vivida na sua empresa.
8. Você conhece algum tipo de incentivo (econômico, fiscal, políticas públicas ...) que beneficie esse tipo de serviço? Você considera que deveria haver algum tipo de incentivo? Por quê?

PARTE 3 – Indústria 4.0

9. Qual o significado o modelo “Indústria 4.0” para você?
10. Qual a sua expectativa, nos próximos 5 anos, a respeito da indústria 4.0 no Brasil? O modelo irá se consolidar? Teremos indústrias brasileiras já atuando nesse paradigma?
11. Na sua opinião, onde estão os maiores desafios para implantação deste modelo de indústria no Brasil? Domínio da tecnologia, mão de obra, infraestrutura, legislação, integração da cadeia produtiva?
 - E/I: De que forma esse desafio está ligado à sua empresa também?
 - G: De que forma esse desafio está ligado a políticas de governo?
12. O modelo Indústria 4.0 é imerso em tecnologias disruptivas como: Big data; Sistemas ciber físicos; Inteligência artificial; Internet das coisas/serviços; Realidade aumentada; 5G. Dentre estas citadas, quais você considera serem as mais relevantes para o Brasil, que poderiam ser foco prioritário de políticas públicas? Se para o Brasil for muito amplo, você pode pensar no seu setor.

PARTE 4 – Indústria 4.0 e Serviços tecnológicos

13. O que você acha que pode mudar e/ou melhorar quando falamos em normalização, avaliação da conformidade e metrologia nesse contexto da Indústria 4.0? Algum desafio ou oportunidade aparente?
14. Partindo dos desafios para implantar I4.0 que conversamos anteriormente, na sua opinião, quando olhamos também para o panorama nacional, onde estão os maiores desafios para a implantarmos serviços tecnológicos focados nas necessidades da Indústria 4.0?
 - E: Você vislumbra, para sua empresa, alguma nova demanda de serviços tecnológicos em função do modelo Indústria 4.0?
 - I: Você vislumbra, para sua ICT, alguma nova oferta de serviços tecnológicos em função do modelo Indústria 4.0?
 - G: Você vislumbra, alguma nova regulação, política com foco em serviços tecnológicos, em função do modelo Indústria 4.0?
15. E por fim, uma última pergunta, agora trazendo os 3 conceitos que balizaram a nossa conversa, o que lhe vem em mente, quando correlacionamos os conceitos de: inovações tecnológicas, indústria 4.0 e serviços tecnológicos?
16. Para encerramos a nossa conversa, eu gostaria apenas de perguntar se há algo mais que você gostaria de acrescentar, relacionado a esse tema, que ainda não conversamos?

Agradecimentos e encerramento.

Legendas:

- G: pergunta direcionado ao governo
- I: pergunta direcionada as ICTS
- E: pergunta direcionada as Indústrias