

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS, ADMINISTRATIVAS E CONTÁBEIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO**

**IGOR BOSA**

**O PAPEL DA CAPACIDADE ABSORTIVA NA INOVAÇÃO ABERTA VOLTADO  
ÀS TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0: UM ESTUDO NAS INDÚSTRIAS DE  
MANUFATURA NO RIO GRANDE DO SUL**

**PASSO FUNDO**

**2022**

**IGOR BOSA**

**O PAPEL DA CAPACIDADE ABSORTIVA NA INOVAÇÃO ABERTA VOLTADO ÀS  
TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0: UM ESTUDO NAS INDÚSTRIAS DE MANUFATURA  
NO RIO GRANDE DO SUL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração, na linha de pesquisa Competitividade e Marketing, da Faculdade de Ciências Econômicas, Administrativas e Contábeis da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Administração.

Orientadora: Prof. Dra. Cassiana Maris Lima Cruz

**PASSO FUNDO**

**2022**

CIP – Catalogação na Publicação

---

B741p Bosa, Igor

O papel da capacidade absorviva na inovação aberta voltado às tecnologias da indústria 4.0 [recurso eletrônico] : um estudo nas indústrias de manufatura no Rio Grande do Sul / Igor Bosa. – 2022.

2.1 MB ; PDF.

Orientadora: Prof. Dra. Cassiana Maris Lima Cruz.

Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade de Passo Fundo, 2022.

1. Administração de empresas. 2. Desenvolvimento organizacional. 3. Inovações tecnológicas. 4. Planejamento estratégico. 5. Processos de fabricação. I. Cruz, Cassiana Maris Lima, orientadora. II. Título.

CDU: 658

---

Catalogação: Bibliotecária Jucelei Rodrigues Domingues - CRB 10/1569

**IGOR BOSA**

**O PAPEL DA CAPACIDADE ABSORTIVA NA INOVAÇÃO ABERTA VOLTADO ÀS  
TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0: UM ESTUDO NAS INDÚSTRIAS DE MANUFATURA  
NO RIO GRANDE DO SUL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração, na linha de pesquisa Competitividade e Marketing, da Faculdade de Ciências Econômicas, Administrativas e Contábeis, da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Administração.

Profa. Dra. Cassiana Maris Lima Cruz  
UPF – Orientadora

Prof. Dr. Luiz Fernando Fritz Filho  
UPF – Examinador

Prof. Dr. André da Silva Pereira  
UPF – Examinador

Profa. Dra. Ana Claudia Machado Padilha  
UPF – Examinador

Prof. Dr. Carlos Ricardo Rossetto  
Univali – Examinador

**PASSO FUNDO – RS  
2022**

*A meu pai, que faleceu em meio ao desenvolvimento deste estudo. Seu apoio foi essencial enquanto esteve presente.*

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Arlindo Bosa Ivanês Lurdes Grotto Bosa, que são os alicerces da minha vida. Sou eternamente agradecido a vocês por terem encarado o desafio do mestrado junto comigo, me apoiado e incentivado rumo ao sucesso. Ao meu irmão, Artur Luis Bosa, um irmão sensacional que me acompanhou em todas as viagens realizadas durante a coleta de dados deste trabalho.

A minha orientadora, Professora Cassiana, que confiou em mim e no meu trabalho desde o primeiro momento. Quero muito te agradecer por todos os ensinamentos passados, pelos incentivos e pela interminável paciência que teve comigo. Agradeço por nossa relação ter evoluído de orientadora e orientando para uma verdadeira amizade que teve algumas broncas e muitos conselhos para a construção deste trabalho. É uma honra ser seu orientando.

Aos professores do PPGAdm, que transmitiram seus conhecimentos e pelos vários debates que contribuíram para a construção do meu conhecimento acadêmico. Aos colegas do Mestrado, que várias vezes em que me ajudaram em dificuldades, pelas longas madrugadas de estudos, mas também pelos momentos de descontração. Aos funcionários do PPGAdm e da UPF, por todos os atendimentos e a todas as empresas e seus gestores, por terem participado espontaneamente desta pesquisa, fornecendo informações que colaboraram para o desenvolvimento deste estudo.

*Não existe triunfo sem perda, não há vitória sem sofrimento, não há liberdade sem sacrifício.*

*O Senhor dos Anéis - J.R.R. Tolkien*

## RESUMO

O estudo teve como objetivo geral analisar o impacto da capacidade absorptiva das empresas sobre a inovação aberta de processos produtivos voltados à adequação à Indústria 4.0. Inicialmente realizou-se uma revisão sistemática de literatura, buscando esclarecer a relação entre os conceitos de inovação aberta e de capacidade absorptiva. Foi identificado que não havia um consenso entre os autores que abordam o assunto. As pesquisas existentes na área ainda não foram capazes de compreender como cada uma das dimensões da capacidade absorptiva se relaciona com a inovação aberta, visto que existem pesquisas que apontam que apenas a capacidade absorptiva potencial afeta a inovação aberta, enquanto outros estudos evidenciam que apenas a capacidade absorptiva realizada está relacionada a abertura da inovação. Para preencher esta lacuna, buscou-se compreender melhor esta relação. Diante da importância de as empresas inovarem para manterem-se mais competitivas e da transição das indústrias para o modelo de indústria 4.0, este estudo buscou avaliar tal relação em um contexto de inovação de processos voltado à adequação das indústrias ao modelo de indústria 4.0. Os resultados obtidos através da modelagem de equações estruturais, sugerem que, no âmbito da adequação ao modelo de indústria 4.0, a abertura do processo de inovação das empresas possibilita que as acumulem mais conhecimento referente a mesma. Além disso, os resultados sugerem que apenas as dimensões da capacidade absorptiva que compõem a capacidade absorptiva realizada (transformação e exploração) medeiam a relação entre a abertura da inovação e o grau de conhecimento sobre a Indústria 4.0.

**Palavras-chave:** Capacidade Absortiva. Inovação aberta. Indústria 4.0. Inovação de processos.



## ABSTRACT

The study's general objective was to analyze the impact of the organizations' absorptive capacity on the open innovation of production processes aimed at adapting to Industry 4.0. Initially, a systematic literature review was carried out, seeking to clarify the relationship between the concepts of open innovation and absorptive capacity. It was identified that there was no consensus among the authors that address the subject. Existing research in the area has not yet been able to understand how each of the dimensions of absorptive capacity is related to open innovation, since there are studies that point out that only the potential absorptive capacity affects open innovation, while other studies show that only the potential absorptive capacity affects open innovation. Realized absorptive capacity is related to the opening of innovation. To fill this gap, we sought to better understand this relationship. Given the importance of companies innovating to remain more competitive and the transition of industries to the industry 4.0 model, this study sought to evaluate this relationship in a context of process innovation aimed at adapting industries to the industry 4.0 model. The results obtained through the modeling of structural equations, suggest that, within the scope of adaptation to the industry 4.0 model, the opening of the innovation process of companies allows them to accumulate more knowledge regarding it. Furthermore, the results suggest that only the absorptive capacity dimensions that make up the performed absorptive capacity (transformation and exploitation) mediate the relationship between innovation openness and the degree of knowledge about Industry 4.0.

**Keywords:** Absorptive Capacity. Open innovation. Industry 4.0. Process innovation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Modelo de ACAP de Cohen e Levinthal .....	25
Figura 2 Modelo de ACAP de Zahra e George .....	27
Figura 3 Inovação Fechada X Inovação Aberta .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b> 31
Figura 4 Tipo de Inovação X Estágio de Desenvolvimento da Indústria .....	39
Figura 5 Linha Temporal das Revoluções Industriais .....	51
Figura 6 CPS .....	43
Figura 7 Tecnologias da Indústria 4.0 .....	49
Figura 8 Modelo Teórico da Pesquisa .....	50
Figura 9 Procedimentos Adotados .....	54
Figura 10 Modelo de Equações Estruturais .....	70

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 Sistematização dos estudos da ACAP .....	30
Quadro 2 Vantagens e Desvantagens da OI .....	34
Quadro 3 Relação entre ACAP e OI .....	37
Quadro 4 Tecnologias Indústria 4.0 .....	46
Quadro 5 Temáticas, Elementos e Autores .....	56
Quadro 6 Escala ACAP .....	57
Quadro 7 Escala OI .....	58
Quadro 8 Escala I4.0 .....	58
Quadro 9 Escala Desempenho da Inovação de Processos .....	60
Quadro 10 Definição do porte das empresas no Brasil .....	61
Quadro 11 Número de Empresas Conforme o Número de Funcionários .....	62
Quadro 12 Alfa de Cronbach .....	64
Quadro 13 Número de funcionários .....	65
Quadro 14 Setor .....	66
Quadro 15 Conhecimento Tecnologias da I4.0 .....	66
Quadro 16 Itens Removidos .....	69
Quadro 17 Alpha de Cronbach .....	70
Quadro 18 CR e AVE .....	70
Quadro 19 Efeitos Diretos .....	72
Quadro 20 Efeitos Indiretos .....	74

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ACAP	Capacidade Absortiva
CPS	Sistemas Ciberfísicos ( <i>Cyber-Physical Systems</i> )
I4.0	Indústria 4.0
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IoT	Internet das Coisas ( <i>Internet of Things</i> )
MA	Manufatura Aditiva
IA	Inovação Aberta ( <i>Open Innovation</i> )
PACAP	Capacidade Absortiva Potencial
RACAP	Capacidade Absortiva Realizada
TI	Tecnologia da Informação
VL	Variável Latente
CR	<i>Composite Reliability</i>
AVE	<i>Average Variance Extracted</i>

## SUMÁRIO

1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO .....	12
1.1	APRESENTAÇÃO DO TEMA .....	12
1.2	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	16
1.3	OBJETIVOS .....	18
1.3.1	Objetivo geral.....	18
1.3.2	Objetivos específicos.....	18
1.4	JUSTIFICATIVAS.....	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	23
2.1	CAPACIDADE ABSORTIVA .....	23
2.1.1	Evolução Temporal da ACAP.....	25
2.2	INOVAÇÃO ABERTA.....	30
2.3	RELAÇÃO DA ACAP COM A INOVAÇÃO ABERTA .....	35
2.4	INOVAÇÃO DE PROCESSOS.....	38
2.5	INDÚSTRIA 4.0 .....	40
2.5.1	Tecnologias da Indústria 4.0 .....	44
2.6	MODELO TEÓRICO .....	49
3	METODOLOGIA .....	53
3.1	DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	53
3.2	INSTRUMENTO DE COLETA.....	54
3.2.1	População e Amostra.....	59
3.2.2	Análise dos dados.....	61
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	63
4.1	CONFIABILIDADE DA AMOSTRA.....	63
4.2	ESTATÍSTICA DESCRITIVA.....	64
4.2.1	Caracterização da Amostra.....	64
4.2.2	Conhecimento das Tecnologias da Indústria 4.0.....	65
4.3	MODELO DE EQUAÇÕES ESTRUTURAIS .....	68
4.3.1	Avaliação do Modelo de Medição.....	68
4.3.2	Teste de Hipóteses.....	70
5	CONCLUSÕES.....	76
5.1	LIMITAÇÕES E SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS.....	77
6	REFERÊNCIAS .....	78

## **1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO**

Esta seção tem por objetivo contextualizar o tema capacidade absorativa e exploração de conhecimento externo para a inovação de processos produtivos direcionada a adequação das empresas ao modelo da Indústria 4.0. Na sequência é realizada a apresentação do problema norteador do estudo, a partir do qual são derivados os objetivos, tanto geral quanto específicos. Por fim é apresentada a justificativa do estudo.

### **1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA**

A inovação consiste em um capacitador competitivo essencial para qualquer empresa que busca sustentar seu crescimento (SIVAM et al., 2019). Roper e Hewitt-Dundas (2015) destacam que a inovação bem-sucedida depende do conhecimento (tecnológico, estratégico e de mercado). Levando-se em conta que a propensão à inovar está associada à estrutura organizacional (KOKSHAGINA; LE MASSON; BORIES, 2017), as empresas devem possuir um ambiente interno que enfatiza a assimilação e o compartilhamento de conhecimento, criando assim uma capacidade de aprendizado contínuo, ou seja, capacidade absorativa (ACAP) (TU; et al, 2006), a qual é definida por Cohen e Levinthal (1990) como “a capacidade de uma empresa de reconhecer o valor de uma nova informação externa, assimilá-la e aplicá-la para fins comerciais”. A ACAP configura-se como um fator crítico na competitividade industrial (COHEN; LEVINTHAL, 1994), pois as fontes externas de conhecimento geralmente são críticas para o processo de inovação, independentemente do nível organizacional em que a unidade inovadora é definida (COHEN; LEVINTHAL, 1990), estando a ACAP intimamente ligada ao processo de inovação (VLAČIĆ et al., 2019).

Assim como a ACAP, o conceito de inovação aberta (IA) baseia-se na ideia de que as empresas podem utilizar o conhecimento gerado externamente para melhoria de seu desempenho em inovação (CLAUSEN, 2013; PATELI; LIOUKAS, 2017; FLOR; COOPER; OLTRA, 2018), sendo tal conhecimento de crucial importância para a geração de novos conhecimentos tecnológicos (ANTONELLI; FASSIO, 2015), uma vez que, quanto mais ampla a busca por conhecimento externo, maior o desempenho inovador da empresa (CRUZ-GONZÁLEZ et al., 2015). O conceito de inovação aberta desenvolveu-se ao longo de várias décadas, principalmente em indústrias de alta tecnologia, sendo amplamente discutida e implementada na estratégia de inovação (MATULOVA et al., 2018). A discussão sobre IA

sugere que a capacidade de absorver o conhecimento externo se tornou um dos principais impulsionadores da concorrência (SPITHOVEN; CLARYSSE; KNOCKAERT, 2011), tornando-se cada vez mais uma tendência na gestão da inovação (LOPES; CARVALHO, 2018).

A premissa básica da IA consiste em abrir o processo de inovação (HUIZINGH, 2011), movendo o lócus da inovação para fora dos limites organizacionais, fazendo assim com que as capacidades de inovação tornem-se dependentes da ACAP das empresas (KOKSHAGINA; LE MASSON; BORIES, 2017; GHASSIM; FOSS, 2018), visto que essa refere-se ao potencial de aquisição e assimilação de conhecimento, bem como a transformação e exploração deste conhecimento (COHEN; LEVINTHAL, 1990; ZAHRA; GEORGE, 2002; LANE; KOKA; PATHAK, 2006). Diante da importância dos recursos externos de conhecimento para a inovação, a ACAP tornou-se um dos construtos mais significativas nos últimos anos (CAMISÓN; FORÉS, 2010), configurando-se como necessário para que a empresa consiga responder ao conhecimento externo (DUAN; WANG; ZHOU, 2020), permitindo que a mesma se ajuste rapidamente às mudanças do ambiente e obtenha vantagem competitiva (LEWANDOWSKA, 2015).

Todavia, é importante destacar que o conhecimento externo não pode ser considerado homogêneo, dado que suas origens, propriedades e mecanismos de aquisição são fatores que determinam até que ponto as empresas podem realmente se beneficiar dos insumos externos de conhecimento (ANTONELLI; FASSIO, 2015). Dessa forma, desenvolver e manter a ACAP torna-se fundamental para a sobrevivência e o sucesso a longo prazo de uma empresa, visto que a ACAP pode reforçar, complementar ou reorientar a base de conhecimento da empresa (LANE; KOKA; PATHAK, 2006), uma vez que, possibilita a identificação e avaliação do valor potencial do conhecimento externo (SCHNECKENBERG; TRUONG; MAZLOOM, 2015), conferindo a ACAP grande importância para a inovação das empresas (LINDER; SPERBER, 2019).

Na lógica do desenvolvimento da ACAP as empresas desenvolvem conhecimentos prévios para assimilar e utilizar novos conhecimentos (COHEN; LEVINTHAL, 1990; COHEN; LEVINTHAL, 1994; ZAHRA; GEORGE, 2002; LANE; KOKA; PATHAK, 2006), cabendo a empresa adotar processos e rotinas essenciais para a obtenção de níveis de desempenho e diferenciais competitivos (EISENHARDT; MARTIN, 2000; ZAHRA; GEORGE, 2002; FLATTEN et al., 2011). A forma que cada empresa utiliza seus recursos e capacidades consiste em um fator crítico para o sucesso (ZAHRA; GEORGE, 2002).

A capacidade da empresa de usar efetivamente o conhecimento externo é importante para a competitividade e a inovação da mesma (MATUSIK; HEELEY, 2005; JANSEN; VAN

DEN BOSCH; VOLBERDA, 2005; LANE; KOKA; PATHAK, 2006). A importância da ACAP para a competitividade e inovação das empresas advém do fato de que o contexto incerto e dinâmico das empresas torna necessário responder de forma rápida e eficaz ao mercado, podendo a gestão de conhecimento desenvolvida pela ACAP (COHEN; LEVINTHAL, 1990; ZAHRA; GEORGE, 2002) potencializar a vantagem competitiva nas empresas a partir da exploração simultânea de recursos externos, capacidades internas e processos de aprendizagem (TEECE; PISANO; SCHUEN, 1997; ZAHRA; GEORGE, 2002 ).

Neste contexto, a ACAP caracteriza-se como uma habilidade que as empresas devem desenvolver se desejam se adaptar às mudanças em um ambiente cada vez mais competitivo, de forma a alcançar e sustentar vantagens competitivas (JIMÉNEZ-BARRIONUEVO GARCÍA-MORALES MOLINA, 2011). Dessa forma, as empresas com alta capacidade de absorção podem escolher recursos externos apropriados e desenvolver medidas estratégicas apropriadas de acordo com seus objetivos estratégicos (NAJAFI-TAVANI et al, 2018; DUAN; WANG; ZHOU, 2020).

No âmbito das empresas de manufatura, a inovação de processos torna-se significativa na obtenção de vantagem competitiva (ROBERTSON; CASALI; JACOBSON, 2012). A inovação de processos segue um padrão semelhante ao seguido por uma empresa que busca beneficiar-se da comercialização de novos produtos ou serviços (ETTLIE; REZA; 1992). Todavia, apesar de convergirem em certo grau, as inovações de produtos e processos diferem em uma série de dimensões, dentre elas: (i) o objetivo da inovação; (ii) avaliação; (iii) dimensão; e (iv) impacto competitivo (UN; ASAKAWA, 2014). Em termos gerais, a inovação de processos caracteriza-se pelo foco interno à empresa (UTTERBACK; ABERNATHY, 1975; UN; ASAKAWA, 2014; ALIASGHAR; ROSE; CHETTY, 2019b), visto que um processo produtivo consiste em um sistema de equipamentos, força de trabalho, especificações de tarefas, entradas de materiais, fluxos de trabalho e informações empregados na produção tanto de um produto quanto de um serviço (UTTERBACK; ABERNATHY, 1975).

É importante distinguir inovação de produto de inovação processo, pois os *insights* obtidos na investigação da inovação de produto podem não estar diretamente relacionados ao *insight* necessários para a inovação de processo, demandando diferentes habilidades organizacionais (ALIASGHAR; ROSE; CHETTY, 2019b; DAMANPOUR; GOPALAKRISHNAN, 2001). A inovação de processos apresenta maior complexidade comparada a inovação de produto, visto que envolve elementos proprietários da cadeia de valor, os quais dificilmente estão disponíveis publicamente, impossibilitando o processo de engenharia reversa (JAMES; LEIBLEIN; LU, 2013), além de apresentar um maior tempo de



desenvolvimento se comparado à inovações de produto (DAMANPOUR; GOPALAKRISHNAN, 2001). Porém, a inovação de processos, especialmente no que tange ao processo de manufatura, pode ter um impacto substancial na produtividade da empresa, aumentando a qualidade dos produtos fabricados e reduzindo custos (ETTLIE; REZA; 1992; ROBERTSON; CASALI; JACOBSON, 2012; OSES et al., 2016).

Os ganhos de produtividade associados à inovação de processos resultam de mudanças simultâneas e muitas vezes incrementais, algumas externas à empresa e outras internas (UTTERBACK; ABERNATHY, 1975). As inovações de processo são fundamentais para melhorar a produtividade e contribuir para a eficiência e o crescimento da empresa (TERSEN; PATEL, 2015), visto que todas as empresas, independentemente do setor no qual estão inseridas, empregam processos de produção que afetam diretamente sua competitividade (ROBERTSON; CASALI; JACOBSON, 2012).

No âmbito da invocação de processos, cabe destacar o surgimento e avanço do conceito de Indústria 4.0 (I4.0). O termo Indústria 4.0, também referido como quarta revolução industrial, consiste em um termo popular utilizado para descrever as mudanças do cenário industrial devido à tendência de digitalização e automação dos processos, particularmente na indústria de países desenvolvidos (BRETTEL et al., 2014; OESTERREICH; TEUTEBERG, 2016; THAMES; SCHAEFER, 2016; SCHUH et al., 2017; XU et al., 2018; SARI; GÜLEŞ; YIĞITOL, 2019; NOGALSKI; NIEWIADOMSKI, 2020). Tendência essa, em grande parte influenciada pelo aumento da quantidade de dados e das capacidades de computação (GÓRKA; GRZEGANEK-WIĘCEK; SZOPA, 2017).

O conceito de Indústria 4.0 foi introduzido na Alemanha por volta de 2011, sendo utilizado pela primeira vez durante a feira comercial de Hannover para descrever uma iniciativa estratégica alemã para assumir um papel pioneiro nas indústrias, que atualmente está revolucionando o setor manufatureiro (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; DRATH; HORCH, 2014; KANG et al., 2016; SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016; LI; HOU; WU, 2017; LU, 2017; SUNG, 2018; FRANK; DALENOGARE; AYALA, 2019; SARI; GÜLEŞ; YIĞITOL, 2019; XU, 2020; DELGADO et al., 2021). Este conceito consiste na criação de sistemas inteligentes através da combinação de técnicas de fabricação avançadas e tecnologias de informação (TI), originando processos que se comunicam uns com os outros através da Internet ao longo da cadeia de valor (DRATH; HORCH, 2014; LASI et al., 2014; SHAFIQ et al., 2016; SCHUH et al., 2017; WEI; SONG; WANG, 2017; SARI; GÜLEŞ; YIĞITOL, 2019; VOGEL-HEUSER; JUMAR, 2019; NOGALSKI; NIEWIADOMSKI, 2020; DELGADO et al., 2021).

Esta combinação modifica os meios de operação, design, serviços de produto e sistemas de produção (RÜßMANN et al., 2015; LUTHRA; MANGLA, 2018), representando uma revolução que remodela as indústrias de manufatura de maneira semelhante às revoluções industriais ocorridas anteriormente e possibilitará maior flexibilidade de manufatura, customização em massa de produtos, melhor qualidade e maior produtividade (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; PISCHING et al., 2015; SALDIVAR et al., 2015; THAMES; SCHAEFER, 2016; WANG et al., 2016a; GÓRKA; GRZEGANEK-WIĘCEK; SZOPA, 2017; ZHONG et al., 2017; REISCHAUER, 2018; SARI; GÜLEŞ; YIĞITOL, 2019; DELGADO et al., 2021), possibilitado que as empresas alcancem um desempenho industrial superior (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; KANG et al., 2016; GÓRKA; GRZEGANEK-WIĘCEK; SZOPA, 2017; DALENOGARE et al., 2018). Dessa forma, a transformação da indústria para o modelo de I4.0 caracteriza-se como uma mudança significativa do ponto de vista da empresa e dos processos. (NOGALSKI; NIEWIADOMSKI; SZPITTER, 2018), sendo a transição para este modelo uma tendência, no âmbito da inovação de processos produtivos.

## **1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA**

Empresas dos mais variados setores - serviços, agricultura, mineração, construção, bem como manufatura - empregam algum processo de produção que contribui diretamente para sua competitividade (ROBERTSON; CASALI; JACOBSON, 2012). No âmbito dos processos produtivos, Piening e Salge (2014) destacam que tanto a turbulência tecnológica quanto o mercado moderam positivamente o relacionamento entre a propensão à inovação de processos, bem como sua eficácia e seu desempenho financeiro.

A Indústria 4.0 tem se mostrado como uma tendência no âmbito da inovação de processos produtivos, sendo uma das principais prioridades de muitas empresas, centros de pesquisa e universidades (GHOBAKHLOO, 2018). No entanto, não se pode ignorar que existem muitos desafios associados à quarta revolução industrial, dentre eles a capacidade financeira, questões de segurança de dados, manutenção da integridade do processo de produção, maturidade de TI e competências de conhecimento (GHOBAKHLOO, 2018). Além disso, no âmbito da quarta revolução industrial tem-se como grande questão a forma como as empresas realizam a transição de seu modelo industrial atual para a Indústria 4.0 (GHOBAKHLOO, 2018), visto que, antes que as empresas possam explorar e se beneficiar das

oportunidades geradas pela Indústria 4.0 é necessário implementar o modelo I4.0 de maneira direcionada e adequada (VEILE et al., 2019).

Dessa forma, os processos de absorção do conhecimento externo tornam-se um elemento essencial para a inovação e a adaptação das empresas às mudanças do ambiente competitivo (CAMISÓN; FORÉS, 2010), uma vez que, a adoção do paradigma da inovação aberta é considerada por muitas empresas contemporâneas como uma forma de aumentar suas capacidades de inovação (MORTARA; MINSHALL, 2011), sendo cada vez mais adotada pelas empresas (BIRKINSHAW; BOUQUET; BARSOUX, 2011). Todavia, muitas empresas não conseguiram incorporá-la em seus processos de inovação de forma permanente e em escala (ZYNGA et al., 2018), não estando claro, como as empresas são capazes de obter conhecimento externo para inovar (CLAUSEN, 2013).

A discussão sobre inovação aberta sugere que a capacidade de absorver conhecimento externo tornou-se um grande motivador para a competição. (SPITHOVEN; CLARYSSE; KNOCKAERT, 2011). De acordo com Kokshagina, Le Masson e Bories (2017), a ACAP, pré-define a capacidade das empresas de se estenderem para fora de sua área de competências essenciais, para seguir os processos de inovação aberta, uma vez que, para utilizar efetivamente o conhecimento absorvido do ambiente externo, as empresas precisam de mecanismos de integração que permitam um processo de articulação mais eficaz do conhecimento externo e um processo de recombinação com outros recursos de conhecimento (MARTINI; NEIROTTI; APPIO, 2017). Além disso, de acordo com Müller, Buliga e Voigt (2020), a capacidade de absorção e as estratégias de inovação necessárias para essa transição permanecem incertas para muitos fabricantes industriais, sendo a pesquisa referente a aplicação do conhecimento, o campo de estudos mais fraco da literatura do ACAP (ROBERTSON; CASALI; JACOBSON, 2012; PATTERSON; AMBROSINI, 2015).

Diante do exposto e da necessidade de avançar na compreensão do papel da ACAP na inovação de processos produtivos (ALIASGHAR; ROSE; CHETTY, 2019a; ALIASGHAR; ROSE; CHETTY, 2019b), o presente estudo parte da seguinte pergunta de pesquisa: “Como a capacidade absorptiva das empresas impacta sobre a inovação aberta de processos produtivos voltados à adequação à Indústria 4.0?”

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo geral**

Analisar a relação existente entre capacidade absorptiva, Inovação Aberta, Indústria 4.0 e Desempenho de Inovação.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- a) Verificar como se desenvolve a capacidade absorptiva nas empresas foco do estudo;
- b) Medir o grau de abertura do processo de inovação das empresas;
- c) Mensurar a adequação do processo ao modelo de Indústria 4.0;

## **1.4 JUSTIFICATIVA**

As inovações são a principal fonte de vantagem competitiva que determina o sucesso econômico de cada empresa (SIVAM et al., 2019). Com isso, a aquisição de conhecimento interorganizacional tem se tornado uma estratégia cada vez mais importante para as empresas melhorarem seu desempenho inovador, visto que pode fornecer ideias e recursos que possibilitem às empresas obter e explorar oportunidades inovadoras (LAURSEN; SALTER, 2005; LOPES; CARVALHO, 2018; XIE; WANG; ZENG, 2018). Neste contexto, a inovação aberta tem se tornado um dos tópicos mais significativos na gestão da inovação (ŽEMAITIS, 2014; SIVAM et al., 2019), dado que a aquisição de tecnologia tem sido amplamente estudada, evidenciando seu impacto nas empresas (VLAČIĆ et al., 2019).

O interesse pela inovação aberta como campo de pesquisa cresceu exponencialmente desde que seu conceito foi cunhado por Chesbrough em seu livro de 2003 (RANGUS et al., 2015; WEST; BOGERS, 2016). Tal interesse advém do fato de que, de acordo com Laursen e Salter (2005) as empresas mais abertas a fontes externas de conhecimento apresentam maior probabilidade de apresentar um nível mais alto de desempenho inovador, de modo que a abordagem mais aberta à inovação é vista como necessária pela maioria das empresas (BIRKINSHAW; BOUQUET; BARSOUX, 2011).

Diante do exposto, o conceito de inovação aberta atraiu atenção e interesse de acadêmicos e formuladores de políticas (ALIASGHAR; ROSE; CHETTY, 2019b). Todavia, autores destacam que é relevante estudar esse conceito em um contexto específico, mais

especificamente no contexto dos setores tradicionais e em economias em transição (SPITHOVEN; CLARYSSE; KNOCKAERT, 2011; XIE; WANG; ZENG, 2018), visto que, a pesquisa referente à utilidade e eficácia da inovação aberta está em seus estágios iniciais, deixando em aberto uma série de questões-chave que podem ser exploradas (MORTARA; MINSHALL, 2011; SISODIYA; JOHNSON; GRÉGOIRE, 2013).

Embora a inovação aberta seja considerada uma estratégia organizacional com aplicação universal, sua generalização e aplicabilidade para empresas que operam em economias emergentes ainda precisam ser totalmente exploradas (HUIZINGH, 2011; HUANG; RICE; MARTIN, 2015), visto que as pesquisas anteriores concentraram-se principalmente em grandes empresas de alta tecnologia, havendo pouca evidência deste tipo de estratégia em empresas e setores de menor intensidade tecnológica (SEGARRA-CIPRÉS; BOU-LLUSAR; ROCA-PUIG, 2012; POPA; SOTO-ACOSTA; MARTINEZ-CONESA, 2017; PIHLAJAMAA; et al., 2017). Ainda, Popa, Soto-Acosta e Martinez-Conesa (2017) argumentam que, embora apresente sinais de avanço, a maior parte da literatura existente sobre inovação aberta ainda se baseia, em grande medida, em estudos de caso e quadros conceituais, com poucas pesquisas empíricas, dessa forma, identificar as principais variáveis e fatores que afetam a inovação aberta ainda é um desafio de pesquisa (LOPES; CARVALHO, 2018).

No âmbito de inovação aberta, Spithoven, Clarysse e Knockaert (2011), destacam que pouca atenção é dada à ACAP, a qual, segundo os autores, é necessária para que as empresas possam desenvolver com sucesso atividades de inovação aberta. Um desafio importante na inovação aberta é a capacidade de absorver e explorar o conhecimento (DENICOLAI; RAMIREZ; TIDD, 2016; GHASSIM; FOSS, 2018), uma vez que, Flor, Cooper e Oltra (2018) destacam que custos associados à adoção de uma ampla pesquisa externa podem ser minimizados se a empresa possuir uma forte ACAP. Dessa forma, de uma perspectiva organizacional, a ACAP torna-se crítica nos processos de inovação aberta (LICHTENTHALER; LICHTENTHALER, 2010; LEWANDOWSKA, 2015; KOKSHAGINA; LE MASSON; BORIES, 2017). Todavia, a combinação dos conceitos de ACAP e inovação aberta (ainda rara na literatura) traz uma nova perspectiva sobre o papel da ACAP na abertura do processo de inovação (LEWANDOWSKA, 2015; SEGUÍ-MAS et al., 2016). Neste contexto, a relação entre inovação aberta e conceitos e capacidade de absorção que, como uma linha de pesquisa, pode ser interessante para analisar em profundidade na literatura (ROBERTSON; CASALI; JACOBSON, 2012; AHN et al., 2016; SEGUÍ-MAS et al., 2016).

O fato de a empresa desenvolver a ACAP pode configurar-se como um determinante

essencial para a promoção de efeitos positivos de um uso amplo e intenso de fontes externas de conhecimento, visto que a alta capacidade de absorção está associada a uma melhor chance de aplicar com sucesso novos conhecimentos para fins comerciais, produzindo mais inovações e melhor desempenho empresarial ( TSAI, 2001; ESCRIBANO; FOSFURI; TRIBÓB, 2009; FLOR; COOPER; OLTRA, 2018). Assim, a ACAP configura-se como um meio eficaz de obter e manter uma vantagem competitiva (VLAČIĆ et al., 2019), possibilitando que a empresa se adapte a ambientes competitivos em mudança (SCHNECKENBERG; TRUONG; MAZLOOM, 2015). De acordo com o conceito de ACAP, o conhecimento externo à empresa não é absorvido livre e facilmente, mesmo este sendo de domínio público, não sendo igualmente absorvido e explorado por todas as empresas (FABRIZIO, 2009).

A ACAP tem sido amplamente utilizada e aplicada em pesquisa no campo da gestão (ZAHRA; GEORGE, 2002), constituindo um dos conceitos mais influentes na literatura de gestão e inovação (ALDIERI; SENA; VINCI, 2018), visto que representa uma parte importante da capacidade de uma empresa criar novos conhecimentos (COHEN; LEVINTHAL, 1989), uma vez que, as capacidades de absorção (potenciais e realizadas) possibilitam às empresas alavancar a disponibilidade de conhecimento externo e impulsionar seu desempenho inovador (CRESCENZI; GAGLIARDI, 2018). O interesse acadêmico na ACAP cresceu rapidamente nas últimas duas décadas, concentrando-se no efeito da ACAP na aprendizagem organizacional, compartilhamento de conhecimento, inovação, capacitação e desempenho da empresa (FLATTEN, et al., 2011). Pesquisas anteriores sobre a interação ACAP/inovação mostram que a ACAP apresenta um impacto significativo na inovação das empresas (TSAI, 2001; CHEN; LIN; CHANG, 2009; SPITHOVEN; CLARYSSE; KNOCKAERT, 2011; CEPEDA-CARRION; CEGARRA-NAVARRO; JIMENEZ-JIMENEZ, 2012; ALI; KAN; SARSTEDT, 2016; FLOR; COOPER; OLTRA, 2018; DUAN; WANG; ZHOU, 2020).

Cabe destacar que empresas que apresentam uma maior ACAP estão mais capacitadas à aprender com os parceiros e integrar informações externas bem como transformá-las em conhecimento incorporado à empresa (WANG; AHMED, 2007; ESCRIBANO; FOSFURI; TRIBÓB, 2009) e utilizá-las para a melhoria e/ou para a desenvolvimento produtos e processos, impulsionando seu desempenho inovador (NAJAFI-TAVANI et al, 2018; CRESCENZI; GAGLIARDI, 2018).

De acordo com Escríbano, Fosfuri e Tribób, (2009), as empresas que apresentam uma maior ACAP estão melhor equipadas para identificar a presença de fluxos externos de conhecimento e explorá-los com maior eficiência. Tal afirmação está alinhada com os resultados obtidos por Tsai (2001), que observou que a alta capacidade de absorção está

associada a uma melhor chance de aplicar com êxito novos conhecimentos com finalidades comerciais, produzindo mais inovações e melhor desempenho dos negócios.

Todavia, de acordo com Robertson, Casali e Jacobson (2012), a literatura referente à ACAP não dá ênfase suficiente ao conhecimento e aprendizado distribuídos ou à aplicação de conhecimento inovador. Uma explicação para isso pode consistir no fato de que o construto da ACAP apresenta uma ambiguidade e uma diversidade de definições, componentes, antecedentes e resultados (ZAHRA; GEORGE, 2002). Além disso, pouca atenção tem sido dada a forma como ACAP medeia a relação entre o desempenho no nível da empresa e o conhecimento externo, havendo carência de evidências empíricas (MUROVEC; PRODAN, 2009; ALDIERI; SENA; VINCI, 2018), visto que, não foram encontrados estudos que analisem empiricamente o papel de cada dimensão individual (ACAP Potencial e ACAP Realizada) na explicação das capacidades e desempenho inovadores das empresas (ALI; KAN; SARSTEDT, 2016; ALIASGHAR; ROSE; CHETTY, 2019a). Ainda, Aliasghar, Rose e Chetty (2019a) destacam que, a maioria dos estudos empíricos de ACAP considera grandes empresas de países desenvolvidos, sendo pertinente realizar estudos em empresas que não apresentem estas características.

Além disso no contexto da inovação, a inovação de produtos recebeu consideravelmente mais atenção teórica e empírica na literatura, tornando limitado o conhecimento sobre como as empresas se tornam inovadoras de processos bem como sobre efeitos da pesquisa externa na inovação de processos (PIENING; SALGE, 2014; ALIASGHAR; ROSE; CHETTY, 2019b; LINDER; SPERBER, 2019). Todavia, Robertson, Casali e Jacobson (2012) observam que a falta de capacidade de realizar inovação de processos pode afetar significativamente a competitividade das empresas. Ainda, os autores destacam que há evidências de que a inovação aberta tem sido muito mais comum na tecnologia de processo. (ROBERTSON; CASALI; JACOBSON, 2012).

No que tange à inovação de processos, cabe destacar o advento do modelo de indústria 4.0, o qual caracteriza-se como uma tendência atual para automação e troca de dados em tecnologias de manufatura, ganhando cada vez mais atenção devido aos seus benefícios para as empresas (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; DALENOGARE et al., 2018), configurando-se como tópico de pesquisa em expansão (CHEN et al., 2014), o qual ainda encontra-se em estágio inicial (HORVÁTH; SZABÓ, 2019). Modelo esse, ao qual as empresas de manufatura enfrentam dificuldades quando se trata de entender o conceito e identificar as etapas necessárias para a transição para este modelo (GHOBAKHLOO, 2018), visto que a literatura existente sobre o assunto fornece à prática corporativa recomendações gerais e

altamente agregadas que são difíceis de entender e geralmente desconsideram as características específicas da empresa (VEILE, ET AL., 2019). Diante disso, a Indústria 4.0 constitui um contexto de pesquisa contemporâneo que é altamente relevante para a prática corporativa, mas que até o momento não é considerado na literatura de administração (MÜLLER; BULIGA; VOIGT, 2020).



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Essa seção apresenta a base conceitual que sustenta e orienta o estudo, realizada em duas etapas e de formas distintas. Na primeira etapa realizou-se uma revisão bibliográfica abordando os conceitos relacionados à: (I) Capacidade Absortiva (seção 2.1); (II) Inovação Aberta, (seção 2.2); (III) Inovação de Processos Produtivos (seção 2.3); e (IV) Indústria 4.0 (seção 2.4). Na segunda etapa (seção 2.5), realizou-se uma revisão sistemática de literatura com objetivo de explorar a relação existente entre a abertura da inovação e a capacidade absorptiva.

### 2.1 CAPACIDADE ABSORTIVA

O conceito de capacidade absorptiva (ACAP) foi desenvolvido por Wesley Cohen e Daniel Levinthal em seus artigos seminais publicados no período entre 1989 e 1990. A ACAP refere-se a capacidade de uma empresa identificar, assimilar e explorar o conhecimento do ambiente, com finalidades comerciais (COHEN; LEVINTHAL, 1989; COHEN; LEVINTHAL, 1990; TSAI, 2001; LENOX; KING, 2004; LANE; KOKA; PATHAK, 2006; LICHTENTHALER; LICHTENTHALER, 2009; FLATTEN; et al., 2011; JIMÉNEZ-BARRIONUEVO; GARCÍA-MORALES; MOLINA, 2011; CEPEDA-CARRION; CEGARRA-NAVARRO; JIMENEZ-JIMENEZ, 2012; DUAN; WANG; ZHOU, 2020). Tal capacidade é necessária para a sobrevivência da empresa perante a turbulência do ambiente de negócios (JANSEN; VAN DEN BOSCH; VOLBERDA, 2005) e uma importante fonte de vantagem competitiva (ESCRIBANO; FOSFURI; TRIBÓB, 2009), visto que, para adquirir novos conhecimentos, as empresas necessitam saber onde e como encontrá-los, como assimilá-los e difundi-los através de sua própria estrutura corporativa (MUSCIO, 2007).

Desenvolver e manter a capacidade de absorção é fundamental para a sobrevivência e para o sucesso a longo prazo de uma empresa, visto que a mesma pode reforçar, complementar ou reorientar a base de conhecimento da empresa, sendo um importante moderador para a assimilação de conhecimento (COHEN; LEVINTHAL, 1990; COHEN; LEVINTHAL, 1994; LANE; LUBATKIN, 1998; LANE; KOKA; PATHAK, 2006). A ACAP consiste em uma habilidade fundamental de aprendizagem organizacional (JIMÉNEZ-BARRIONUEVO; GARCÍA-MORALES; MOLINA, 2011) que permite que as empresas capitalizem o conhecimento adquirido externamente (NAJAFI-TAVANI et al, 2018), afetando significativamente, segundo Tsai (2001), a inovação e o desempenho das empresas. Além disso,

Cohen e Levinthal (1994) argumentam que ACAP não apenas possibilita que as empresas explorem novos conhecimentos externos, como também possibilita à empresa prever com uma maior precisão futuros avanços tecnológicos, configurando-se como um componente crítico para a inovação (COHEN; LEVINTHAL, 1990; LENOX; KING, 2004).

A ACAP possui caráter cumulativo, uma vez que seu desenvolvimento no presente permitirá uma acumulação de conhecimento mais eficiente no futuro. (VEGA-JURADO; GUTIÉRREZ-GRACIA; FERNÁNDEZ-DE-LUCIO, 2008), sendo tal característica definida por Cohen e Levinthal (1994), como uma das características críticas da ACAP. De acordo com os autores, a cumulatividade possui dois componentes principais, sendo eles: (I) a aprendizagem baseia-se em aprendizados anteriores; e (II), o desenvolvimento da ACAP é cumulativo (COHEN; LEVINTHAL, 1994).

Diante disso, observa-se que empresas que já tenham desenvolvido alguma ACAP em uma determinada área, poderão acumular mais prontamente o conhecimento adicional necessário nos períodos subsequentes, podendo explorar qualquer conhecimento externo crítico que possa se tornar disponível (COHEN; LEVINTHAL, 1990; COHEN; LEVINTHAL, 1994; LENOX; KING, 2004). Além disso, ainda de acordo com Cohen e Levinthal (1990), a existência de conhecimentos relacionados permite à empresa um melhor entendimento e conseqüentemente uma melhor avaliação da importação de avanços tecnológicos intermediários relevantes para um eventual novo desenvolvimento tecnológico, dessa forma influenciando na seleção de novos conhecimentos suscetíveis à serem absorvidos (LENOX; KING, 2004).

A relevância do conhecimento relacionado anterior advém do fato de que a ACAP tem como premissa a noção de que a empresa necessita de conhecimentos prévios relacionados para assimilar e usar novos conhecimentos (COHEN; LEVINTHAL, 1989; COHEN; LEVINTHAL, 1990), uma vez que o acesso a fontes externas de conhecimento pode variar de acordo com o tipo de conhecimento que as empresas procuram, sua disponibilidade e transmissibilidade (MUSCIO, 2007). De acordo com Cohen e Levinthal (1990), a capacidade de avaliar e utilizar conhecimento externo é, em grande parte, uma função do nível de conhecimento já relacionado pela empresa, dado que este possibilita reconhecer o valor de novas informações, assimilá-las e aplicá-las para fins comerciais. Dessa forma, empresas com altos níveis de ACAP apresentam uma maior capacidade de identificar novas oportunidades e utilizar o conhecimento adquirido para melhorar ou desenvolver novos produtos e processos (NAJAFI-TAVANI et al, 2018; DUAN; WANG; ZHOU, 2020).

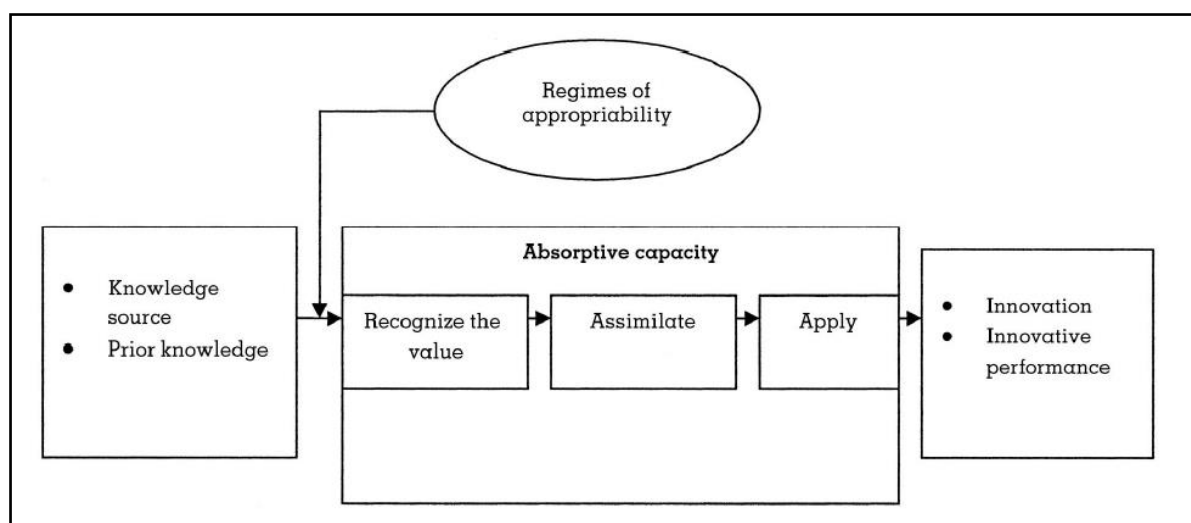
Além disso, o desenvolvimento da ACAP é influenciado pelas condições de

apropriabilidade, as quais são condicionadas pela interdependência do concorrente. (COHEN; LEVINTHAL, 1990). A apropriabilidade do conhecimento está inversamente relacionada à propensão das empresas a fazer uso de mecanismos de proteção de sua propriedade intelectual, assim, quanto mais fraca a proteção dos direitos de propriedade intelectual, maior a apropriabilidade do conhecimento (LANE; KOKA; PATHAK, 2006). Além disso, Tsai (2001) observa a existência de uma relação entre a posição de rede de uma empresa e a ACAP, visto que essa está relacionada a sua capacidade relativa de obtenção de acesso a novos conhecimentos.

### 2.1.1 Evolução Temporal da ACAP

Em uma perspectiva temporal o conceito de ACAP foi desenvolvido no trabalho seminal de Cohen e Levinthal (1989), no qual a ACAP é inicialmente dimensionada a nível individual e posteriormente abordada a nível organizacional. Podendo, se bem desenvolvida gerar ganhos para empresa por meio da exploration (exploração) e exploitation (exploração) do conhecimento externo e da melhor usabilidade de recursos na gestão do conhecimento (COHEN; LEVINTHAL, 1990). Neste modelo a ACAP consiste na capacidade de reconhecer o valor de novos conhecimentos, de assimilá-los e aplicá-los para fins comerciais, sendo seu desenvolvimento dependente do conhecimento prévio existente na empresa, bem como do regime de apropriabilidade (COHEN; LEVINTHAL, 1990; TORODOVA; DURISIN, 2007). Sendo representado por Torodova e Durisin (2007) conforme a Figura 1.

Figura 1 Modelo de ACAP de Cohen e Levinthal



Fonte: Torodova e Durisin, 2007

Posterior a isso, Lane e Lubatkin (1998) propõem a reconceitualização da teoria da ACAP. Os autores a diferenciam do modelo proposto por Cohen e Levinthal (1990) ao defini-la como a capacidade das empresas de absorver conhecimentos (LANE; LUBATKIN, 1998).

Além disso, Van Der Bosch, Volberda e De Boer (1999) desenvolvem um framework ampliando o entendimento da ACAP como elemento mediador de adaptações ao conhecimento prévio. Os autores identificam dois determinantes a nível organizacional, sendo eles: (I) formas organizacionais; e (II) capacidade combinatória (VAN DER BOSH; VOLBERDA; DE BOER, 1999). Por fim, os autores concluem que a empresa não se dissocia da forma como está organizada, e as capacidades combinatórias conectam-se às capacidades individuais (VAN DER BOSH; VOLBERDA; DE BOER, 1999).

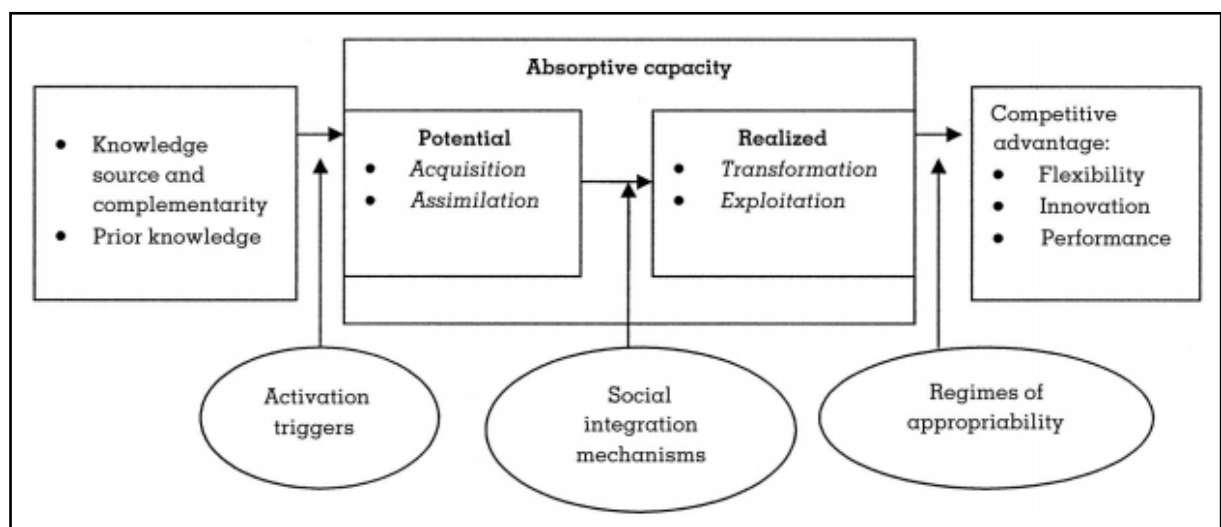
Em seu trabalho, Tsai (2001) conceitua uma empresa como um arranjo de rede e investiga o acesso de uma unidade ao conhecimento, analisando sua posição de rede em sua rede intraorganizacional. Os resultados obtidos com seu estudo evidenciam que embora uma posição de rede central permita um amplo acesso a novos conhecimentos desenvolvidos pelas demais unidades, o sucesso da aplicação deste conhecimento na unidade depende do grau de desenvolvimento da ACAP (TSAI, 2001).

Diferentemente do modelo proposto por Cohen e Levinthal (1990), Zahra e George (2002) propõe uma reconceitualização da ACAP, definindo-a como um conjunto de rotinas e processos organizacionais pelos quais as empresas adquirem, assimilam, transformam e exploram o conhecimento para produzir uma capacidade organizacional dinâmica, aprimorando a capacidade da empresa obter e sustentar uma vantagem competitiva, visto que, de acordo com os autores, a absorção de novos conhecimentos potenciais gera maior flexibilidade estratégica e amplia o grau de liberdade para evolução em ambientes altamente complexos (ZAHRA; GEORGE, 2002). Nesta reconceitualização a ACAP é vista como uma capacidade dinâmica incorporada nas rotinas e processos de uma empresa, possibilitando analisar os estoques e fluxos do conhecimento de uma empresa e relacionar essas variáveis à criação e sustentabilidade da vantagem competitiva (ZAHRA; GEORGE, 2002; TORODOVA; DURISIN, 2007; VEGA-JURADO; GUTIÉRREZ-GRACIA; FERNÁNDEZ-DE-LUCIO, 2008).

De acordo com Zahra e George (2002) a ACAP é constituída por quatro capacidades distintas, mas complementares, sendo elas: (I) aquisição que consiste na capacidade de adquirir e identificar o conhecimento de fontes externas, podendo ser influenciada pelos atributos de intensidade, velocidade e direção; (II) assimilação, definida como a capacidade da empresa em captar conhecimentos para a composição da base estratégica organizacional; (III)

transformação, que consiste na capacidade de combinar conhecimento recém adquirido e assimilado ao conhecimento existente; e (IV) exploração que consiste na a presença de mecanismos processuais que permitem a empresa refinar iniciativas atuais, inovar em outras como forma de sustentação ao negócio. Tais dimensões, mesmo que desempenhando papéis diferentes são complementares na compreensão da forma como a ACAP pode influenciar os resultados organizacionais (ZAHRA; GEORGE, 2002). O modelo proposto por Zahra e George (2002) é apresentado na Figura 2.

Figura 2 Modelo de ACAP de Zahra e George



Fonte: Zahra e George 2002

Os autores sugerem que a ACAP é composta por como dois subconjuntos de capacidades, a capacidade absorptiva potencial (PACAP), que compreende as capacidades de aquisição e assimilação de conhecimento e a capacidade absorptiva realizada (RACAP), que se concentra na transformação e exploração do conhecimento (ZAHRA; GEORGE, 2002). A distinção entre PACAP e RACAP destaca não apenas o caráter multidimensional da ACAP, mas também o fato de que seus antecedentes podem influenciar a capacidade de absorção de diferentes maneiras, dependendo de qual componente está sendo analisado (VEGA-JURADO; GUTIÉRREZ-GRACIA; FERNÁNDEZ-DE-LUCIO, 2008).

Em seu estudo, Jansen, Van Den Bosch e Volberda (2005) exploraram os diferentes efeitos dos antecedentes organizacionais na PACAP e RACAP de uma empresa. Os autores observaram que os mecanismos organizacionais associados às capacidades de coordenação aumentam principalmente a PACAP, enquanto os mecanismos organizacionais associados às capacidades de socialização aumentam principalmente a RACAP (JANSEN; VAN DEN

BOSCH; VOLBERDA, 2005).

De acordo com Lane, Koka e Pathak (2006) a manutenção da ACAP deve ser realizada a longo prazo e compor a estratégia da empresa. Os autores definem a ACAP como a capacidade de uma empresa utilizar o conhecimento mantido externamente por meio de três processos sequenciais, sendo eles: (I) reconhecer e compreender novos conhecimentos potencialmente valiosos fora da empresa por meio de aprendizagem exploratória, (II) assimilar novos conhecimentos valiosos por meio da aprendizagem transformativa e (III) usar o conhecimento assimilado para criar novos conhecimentos e resultados comerciais por meio da aprendizagem exploratória (LANE; KOKA; PATHAK, 2006). Para que isto ocorra, segundo os autores, é fundamental a atenção à estrutura organizacional, uma vez que as relações estabelecidas trazem o desenvolvimento de habilidades para atendimento das demandas do meio ambiente e agregam atributos de criatividade e inovação, resultando na transformação de produtos e serviços (LANE; KOKA; PATHAK, 2006).

Torodova e Durisin (2007) concentram-se no desenvolvimento de um modelo enfatizando os mecanismos de integração social e a retroalimentação do sistema. Os autores baseiam-se no artigo seminal de Cohen e Levinthal (1990), propondo mudanças substantivas nos conceitos e relacionando-o com o modelo de Zahra e George (2002) (TORODOVA; DURISIN, 2007).

Lichtenthaler e Lichtenthaler (2009) desenvolvem, a partir de pesquisas em gestão do conhecimento, capacidade de absorção e capacidades dinâmicas, uma perspectiva integrativa que considera a exploração, retenção e exploração do conhecimento dentro e fora dos limites de uma empresa, avançando rumo a uma estrutura baseada em capacidade para processos de inovação aberta. De acordo com os autores essa perspectiva pode ser vista como uma estrutura para a inovação aberta, um complemento à capacidade de absorção e um movimento no sentido de compreender as capacidades dinâmicas de gestão do conhecimento (LICHTENTHALER; LICHTENTHALER, 2009).

Em seu estudo, Escribano, Fosfuri e Tribó (2009) argumentam que as empresas com níveis mais altos de capacidade de absorção podem gerenciar os fluxos de conhecimento externo com mais eficiência e estimular resultados inovadores e avaliam o impacto da capacidade de absorção no desempenho da inovação. Os autores constatam que a capacidade de absorção é de fato uma fonte de vantagem competitiva, especialmente em setores caracterizados por conhecimento turbulento e forte proteção aos direitos de propriedade intelectual, sendo relevante, em termos de desempenho de inovação, investir no aumento da capacidade de absorção (ESCRIBANO; FOSFURI; TRIBÓ, 2009).

Flatten et al. (2011), buscam evoluir a o modelo proposto por Zahra e George (2002), por meio da proposição de uma escala que permita comparar a ACAP de diferentes empresas, possibilitando uma base para a determinação de investimentos e tomadas de decisões adicionais para a otimização do uso da ACAP. Os resultados da pesquisa possibilitaram aos gerentes alavancar criativamente a ACAP de suas empresas, concebendo e explorando maneiras de integrar de forma estratégica as quatro dimensões heterogêneas da ACAP (FLATTEN et al., 2011).

Flor, Cooper e Oltra (2018) argumentam que tanto a ACAP, como a inovação aberta (IA) são conceitos baseados na ideia de que as empresas podem utilizar o conhecimento gerado externamente para melhorar seu desempenho inovador, dessa forma os autores analisam o efeito conjunto da IA e da ACAP na inovação radical de uma empresa. Os resultados indicam a existência de um efeito moderador da ACAP na IA (FLOR; COOPER; OLTRA, 2018).

No Quadro 1 é apresentada uma síntese dos estudos da ACAP. O quadro apresenta os principais elementos da temática ACAP ao longo de seu desenvolvimento teórico.

Quadro 1 Sistematização dos estudos da ACAP

<b>Autores</b>	<b>Elementos da temática ACAP</b>
COHEN; LEVINTHAL (1989)	O investimento no desenvolvimento da ACAP reduz os custos de aquisição de conhecimento externo, sendo inicialmente dimensionada a nível individual e posteriormente abordada a nível organizacional.
COHEN; LEVINTHAL (1990)	A ACAP consiste na capacidade de identificar, assimilar e explorar conhecimentos gerados no ambiente com finalidades comerciais por meio da exploration (exploração) e exploitation (exploração) do conhecimento externo.
LANE; LUBATKIN (1998)	A ACAP é reconceituada como a capacidade das empresas de absorver conhecimentos.
VAN DER BOSCH; VOLBERDA; DE BOER (1999)	O conhecimento prévio é mediado pelas formas organizacionais e capacidades combinatórias conectadas às capacidades individuais que compõem a empresa.
TSAI (2001)	A interação entre a posição na rede e a capacidade de absorção afeta significativamente a inovação e o desempenho das unidades de negócios.
ZAHRA; GEORGE (2002)	Conjunto de rotinas e processos organizacionais pelos quais as empresas adquirem, assimilam, transformam e exploram o conhecimento para produzir uma capacidade organizacional dinâmica,
JANSEN; VAN DEN BOSCH; VOLBERDA (2005)	Os mecanismos organizacionais associados às capacidades combinativas conduzem o potencial de uma unidade e a capacidade de absorção realizada de diferentes maneiras.
LANE; KOKA; PATHAK (2006)	Capacidade de utilizar o conhecimento externo para criar novos conhecimentos e resultados comerciais por meio da aprendizagem exploratória.
TORODOVA; DURISIN (2007)	A capacidade de reconhecer valor potencializa o desenvolvimento de mecanismos de integração social e retroalimentação do sistema.

LICHTENTHALER; LICHTENTHALER (2009)	Os processos de exploração (exploration), retenção e exploração (exploitation) do conhecimento, podem ser organizados tanto dentro quanto fora dos limites de uma empresa.
ESCRIBANO; FOSFURI; TRIBÓB (2009)	A ACAP é uma fonte importante de vantagem competitiva, especialmente em setores caracterizados por conhecimento turbulento e forte proteção aos direitos de propriedade intelectual.
FLOR; COOPER; OLTRA (2018)	ACAP e as estratégias de busca de inovação aberta na inovação radical apresentam uma natureza complementar

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

## 2.2 INOVAÇÃO ABERTA

Novos modelos de inovação surgiram e com isso, empresas inovadoras mudaram a forma de buscar novas ideias, adotando estratégias de pesquisa aberta que envolvem o uso de uma ampla gama de atores e fontes externas de conhecimento para alcançar e sustentar a inovação (LAURSEN; SALTER, 2005). De acordo com Ollila e Elmquist (2011) o surgimento de iniciativas de inovação aberta está associado à ampliação dos níveis de colaboração. Essa abertura à fontes externas de conhecimento envolve o uso de uma ampla gama de atores e fontes externas para ajudar as empresas a obter o conhecimento necessário para seus processos de inovação, possibilitando que as mesmas descubram novas combinações de recursos que, de outra forma, seriam difíceis de prever (CHESBROUGH, 2003; ALMIRALL; CASADESUS-MASANELL, 2010).

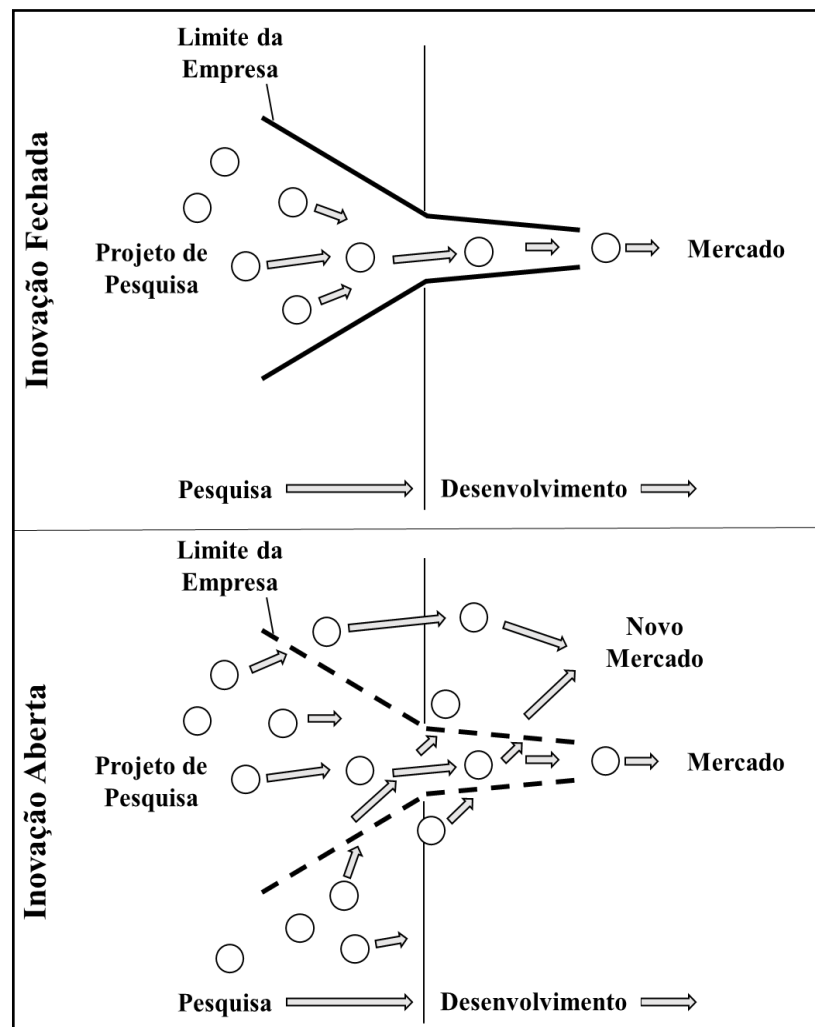
A discussão referente à inovação aberta sugere que a capacidade de absorver conhecimento externo se tornou um dos principais impulsionadores da concorrência (SPITHOVEN; CLARYSSE; KNOCKAERT, 2011). De acordo com Escribano, Fosfuri e Tribób (2009) a importância do conhecimento externo aumentado dramaticamente, de forma que empresas que pesquisam mais ampla e profundamente em uma variedade de canais de pesquisa têm maior probabilidade de obter um nível mais alto de desempenho inovador (FERRERAS-MÉNDEZ, et al., 2015).

A inovação aberta coloca ideias e caminhos externos para o mercado no mesmo grau de importância que era atribuído às ideias e caminhos internos para o mercado durante a era da inovação fechada, na qual uma empresa gera, desenvolve e comercializa suas próprias ideias (BIRKINSHAW; BOUQUET; BARSOUX, 2011), indo além das perspectivas tradicionais e criando valor ao considerar explicitamente caminhos alternativos (CHESBROUGH, 2003b; BIRKINSHAW; BOUQUET; BARSOUX, 2011; SISODIYA; JOHNSON; GRÉGOIRE, 2013). De acordo com este conceito (Figura 3), os limites do funil de desenvolvimento são permeáveis, possibilitando que ideias valiosas possam vir de dentro ou de fora da empresa, e



da mesma forma, podendo ir ao mercado de dentro ou de fora da empresa, estando disponíveis para serem utilizadas por outras empresas (CHESBROUGH, 2003b; DITTRICH; DUYSTERS, 2007; SISODIYA; JOHNSON; GRÉGOIRE, 2013), fornecendo ideias e recursos que ajudam as empresas a obter e explorar oportunidades inovadoras (LAURSEN; SALTER, 2005) e possibilitando que a empresa tanto beneficie-se de ideias de origem externa, quanto lucre a partir do compartilhamento de conhecimento interno (CHESBROUGH, 2003), tendo este conceito chamado a atenção e atraído o interesse de estudiosos e formuladores de políticas nos últimos anos (ALIASGHAR; ROSE; CHETTY, 2019b).

Figura 3 Inovação Fechada X Inovação Aberta



Fonte: Adaptado de Chesbrough, 2003b

O ponto de partida para a ideia de abertura consiste no fato de que uma única empresa não pode inovar isoladamente (DAHLANDER; GANN, 2010), visto que, empresas com foco interno em demasia podem perder oportunidades de inovação, uma vez que, fontes de

conhecimento necessárias para alcançá-las só podem ser encontradas externamente (CHESBROUGH, 2003; LAURSEN; SALTER, 2005). Ao quebrar as fronteiras corporativas tradicionais, a inovação aberta permite que a propriedade intelectual, as ideias e as pessoas fluam livremente para dentro e para fora de uma empresa. (CHESBROUGH; GARMAN, 2009).

No contexto da inovação aberta, as empresas adquirem cada vez mais tecnologias de fontes externas, aprofundando o conjunto de oportunidades tecnológicas disponíveis (LAURSEN; SALTER, 2005; LICHTENTHALER, 2008; BIRKINSHAW; BOUQUET; BARSOUX, 2011). Dessa forma, a inovação aberta possibilita que as mesmas obtenham uma perspectiva mais ampla, acessando conhecimento distante no intuito de melhorar o desempenho da empresa por meio do desenvolvimento de produtos e processos de produção superiores (ROBERTSON; CASALI; JACOBSON, 2012; SISODIYA; JOHNSON; GRÉGOIRE, 2013; KOKSHAGINA; LE MASSON; BORIES, 2017).

De acordo com Chesbrough e Crowther (2006) a inovação aberta é composta por duas modalidades, sendo eles: (I) inovação aberta de entrada, que consiste na prática de alavancar as descobertas de externas, partido do pressuposto de que ideias podem se originar fora dos laboratórios da empresa e ser trazidas para comercialização. (BIRKINSHAW; BOUQUET; BARSOUX, 2011), sendo esta modalidade normalmente responsável pela vantagem competitiva (CHESBROUGH; CROWTHER, 2006); e (II) inovação aberta de saída, que sugere que, em vez de depender de caminhos internos para o mercado, as empresas podem procurar empresas externas com modelos de negócios mais adequados para comercializar uma determinada tecnologia, a fim de gerar valor para a empresa (CHESBROUGH; CROWTHER, 2006; BIRKINSHAW; BOUQUET; BARSOUX, 2011).

Dessa forma, a empresa adquire vantagem competitiva por meio do melhor uso possível do conhecimento interno e externo em tempo hábil, visto que a pesquisa externa tende a funcionar como um complemento no desempenho das atividades internas de P&D (CHESBROUGH, 2003b; CHESBROUGH; CROWTHER, 2006), afetando indiretamente o desempenho monetário de uma empresa, uma vez que os ganhos de desempenho provenientes da inovação aberta dependem de outros fatores organizacionais, dentre eles, a capacidade de assimilar conhecimento, tecnologia e informações (CALANTONE; CAVUSGIL; ZHAO, 2002; LICHTENTHALER, 2008; SISODIYA; JOHNSON; GRÉGOIRE, 2013).

Embora alguns autores defendam que a abertura do processo de inovação implica em uma série de benefícios para a empresa, outros destacam algumas desvantagens com as quais a empresa terá que lidar ao abrir seu processo de inovação. As vantagens e desvantagens

encontradas na literatura são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 Vantagens e Desvantagens da IA

<b>Autores</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
CALANTONE; CAVUSGIL; ZHAO (2002)	- Permite a implementação de novas ideias, produtos ou processos;	
CHESBROUGH (2003)	- Possibilita que a empresa beneficie-se de ideias de origem externa; - Lucro a partir do compartilhamento de conhecimento interno;	
LAURSEN; SALTER (2005)	- Aprofundamento do conjunto de oportunidades tecnológicas disponíveis;	
DITTRICH; DUYSTERS (2007)	- Oferece flexibilidade, velocidade, inovação; - Aumenta a capacidade de se ajustar às mudanças nas condições do mercado e às novas oportunidades estratégica;	
LICHTENTHALER (2008)	- Ampliação de oportunidades tecnológicas disponíveis;	
HARMANCIOGLU (2009)	- Adaptabilidade; - Capacidade de resposta do mercado; - Aumento das vantagens competitivas em relação a seus rivais;	- Potencial para vazamento de conhecimento;
LEE; JOHNSON (2010)	- Ampliação das bases de recursos; - Facilita a realização de objetivos organizacionais; - Influenciam os resultados financeiros	- Exposição de tecnologias e o conhecimento; - Risco de apropriação do conhecimento;
FAEMS et al. (2010)	- Melhor desempenho da inovação;	- Aumento dos custos de pesquisa e parceria;
TORTORIELLO; KRACKHARDT (2010)		- Custos associados às decisões de compartilhar conhecimento;
ALMIRALL; CASADESUS- MASANELL (2010)	- Descoberta de novas combinações de recursos;	- Controle de atores externos sobre as trajetórias de tecnologia; - Enfraquecimento das capacidades internas de P&D
BIRKINSHAW; BOUQUET; BARSOUX (2011)	- Acesso a um conjunto muito maior de ideias;	- Propriedade intelectual; - Falta de confiança; - custos operacionais;
ROBERTSON; CASALI; JACOBSON (2012)	- Melhor desempenho da empresa por meio do desenvolvimento de produtos e processos de produção superiores;	
SISODIYA; JOHNSON; GRÉGOIRE (2013)	- Melhor desempenho da empresa;	
FERRERAS- MÉNDEZ, et al. (2015)	- Amplia a probabilidade de obter um nível mais alto de desempenho inovador;	
KOKSHAGINA; LE MASSON; BORIES (2017)	- Melhor desempenho da empresa;	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

A partir da análise do Quadro 2, pode-se observar que a literatura referente a IA tende a

apontar mais vantagens que desvantagens da abertura do processo de inovação. Dentre as vantagens apresentadas na literatura, destaca-se o melhoria do desempenho organizacional por meio do desenvolvimento de produtos e processos de produção superiores (CALANTONE; CAVUSGIL; ZHAO, 2002; ROBERTSON; CASALI; JACOBSON, 2012; SISODIYA; JOHNSON; GRÉGOIRE, 2013; FERRERAS-MÉNDEZ, et al., 2015; KOKSHAGINA; LE MASSON; BORIES, 2017). Tal vantagem advém de outra vantagem citada na literatura, a qual consiste na ampliação das bases de recursos, dado o acesso da empresa a um conjunto consideravelmente maior de ideias, fato esse que amplia a probabilidade de a mesma obter um desempenho inovador mais alto, uma vez que, possibilita a descoberta de novas combinações de recursos (LEE; JOHNSON, 2010; ALMIRALL; CASADESUS-MASANELL, 2010; FAEMS et al., 2010; BIRKINSHAW; BOUQUET; BARSOUX, 2011; FERRERAS-MÉNDEZ, et al., 2015).

Além disso os autores argumentam que a IA possibilita uma maior flexibilidade e velocidade de inovação, possibilitando que a empresa se adapte mais rapidamente às condições do mercado (DITTRICH; DUYSTERS, 2007; HARMANCIOGLU, 2009), além de ampliar as oportunidades tecnológicas disponíveis, uma vez que possibilita que a empresa beneficie-se de ideias de origem externa (CHESBROUGH, 2003; LAURSEN; SALTER, 2005; LICHTENTHALER, 2008). De modo geral, a IA possibilita um aumento nas vantagens competitivas da empresa em relação a seus concorrentes, facilitando a realização de objetivos organizacionais e consequentemente influenciando positivamente os resultados financeiros, possibilitando inclusive obter lucros a partir do compartilhamento de conhecimento interno (CHESBROUGH, 2003; HARMANCIOGLU, 2009; LEE; JOHNSON, 2010).

Dentre as desvantagens da abertura da inovação, a literatura destaca o risco da exposição de tecnologias e conhecimentos, podendo acarretar em potenciais vazamentos de conhecimento e na possível apropriação deste conhecimento por terceiros (HARMANCIOGLU, 2009; LEE; JOHNSON, 2010), bem como o risco de a empresa ter que se submeter ao controle que terceiros podem exercer sobre a trajetória da tecnologia (ALMIRALL; CASADESUS-MASANELL, 2010). Além disso, outra desvantagem consiste nos custos operacionais associados à abertura da inovação, bem como o possível enfraquecimento das capacidades internas de pesquisa e desenvolvimento (FAEMS et al., 2010; TORTORIELLO; KRACKHARDT, 2010; ALMIRALL; CASADESUS-MASANELL, 2010).

### 2.3 RELAÇÃO DA ACAP COM A INOVAÇÃO ABERTA

A capacidade de absorção é frequentemente vista como uma pré-condição para o sucesso da Inovação Aberta, sendo necessária para o sucesso da inovação (SPITHOVEN; CLARYSSE; KNOCKAERT, 2011; RANGUS et al., 2015; DENICOLAI; RAMIREZ; TIDD, 2016; FERRERAS-MÉNDEZ; FERNÁNDEZ-MESA; ALEGRE, 2016; KOKSHAGINA; LE MASSON; BORIES, 2017; PIHLAJAMAA et al., 2017; CRESCENZI; GAGLIARDI, 2018; DOLOREUX; TURKINA; VAN ASSCHE, 2018). Segundo Jasimuddina e Naqshbandi (2019) uma forte capacidade de absorção pode motivar e permitir que a empresa adquira novos conhecimentos externos, visto que, empresas com alta capacidade de absorção podem se beneficiar consideravelmente de conhecimentos externos (SPITHOVEN; CLARYSSE; KNOCKAERT, 2011; CLAUSEN, 2013; WINKELBACH; WALTER, 2015).

O conceito de capacidade de absorção é a chave para entender a inovação aberta (SPITHOVEN; CLARYSSE; KNOCKAERT, 2011), visto que à medida que o lócus da inovação é movido para fora das fronteiras organizacionais, as capacidades de inovação dependerão da capacidade de absorção das empresas (GHASSIM; FOSS, 2018). Neste contexto, Denicolai, Ramirez e Tidd (2016) destacam que a falta de capacidade de absorção pode, a longo prazo, reduzir significativamente o desempenho inovador, sendo necessário que as empresas adotem uma visão de inovação aberta que incorpore todo o processo de absorção de conhecimento (WAL; CRISCUOLO; SALTER, 2017), visto que essa facilita as atividades de inovação aberta (SPITHOVEN; CLARYSSE; KNOCKAERT, 2011), sendo inclusive destacado por Ferreras-Méndez, Fernández-Mesa e Alegre (2016), que redução do resultado da inovação pode estar relacionada a deficiências em sua ACAP.

Diante disso, pode-se observar que o fato de a empresa possuir capacidade de absorção facilita a identificação e exploração de conhecimentos externos, podendo ser útil para atenuar alguns dos desafios impostos pela inovação aberta (FLOR; COOPER; OLTRA, 2018), visto que, as empresas precisam estar cientes das mudanças na tecnologia e ganhar maior flexibilidade por meio da estratégia busca de conhecimento externo (CRUZ-CÁZARES; BAYONA-SÁEZ; GARCÍA-MARCO, 2013). Neste contexto, capacidade de absorção configura-se como uma condição crucial (CRESCENZI; GAGLIARDI, 2018), havendo um efeito complementar da inovação aberta e da ACAP (CLAUSEN, 2013; FERRERAS-MÉNDEZ, et al., 2015; HUANG; RICE; MARTIN, 2015; WINKELBACH; WALTER, 2015; AHN et al., 2016; MILLER et al., 2016; KOKSHAGINA; LE MASSON; BORIES, 2017; FLOR; COOPER; OLTRA, 2018; LEE et al, 2019).

A literatura evidencia que a ACAP se configura como uma condição prévia para abrir a inovação (SPITHOVEN; CLARYSSE; KNOCKAERT, 2011). Resultados obtidos por Rangus et al. (2015) através de modelagem de equações estruturais evidenciam que capacidade de absorção medeia a relação entre a inovação aberta e o desempenho da inovação. Ainda, Xia e Roper (2016) aprofundam a compreensão da interação moderadora entre o ACAP, sugerindo que a inovação aberta não é um processo estático e isolado, uma vez que interage com o contexto organizacional da empresa e está intimamente ligado às capacidades internas das empresas. Além disso, o efeito mediador da ACAP na Inovação Aberta foi novamente evidenciado no estudo de Jasimuddina e Naqshbandi (2019).

Todavia, cabe destacar que o estabelecimento de relacionamentos profundos e amplos com fontes externas têm impactos diferentes na ACAP potencial e na ACAP realizada da empresa (ALIASGHAR; ROSE; CHETTY, 2019a), não havendo na literatura, um consenso de quais dimensões da ACAP de fato afetam o desempenho da Inovação Aberta. Foi observado, a partir desta revisão sistemática de literatura, que os estudos realizados sobre o assunto divergem em seus resultados. A relação entre as dimensões da ACAP e a inovação aberta são apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 Relação entre ACAP e IA

ACAP	Dimensões	Autores
PACAP	Aquisição	SPITHOVEN; CLARYSSE; KNOCKAERT, 2011; RANGUS et al., 2015; ALI; KAN; SARSTEDT, 2016; KIM; KIM; FOSS, 2016; XIA; ROPER, 2016; PIHLAJAMAA et al., 2017; ZOBEL, 2017; CRESCENZI; GAGLIARDI, 2018; FLOR; COOPER; OLTRA, 2018; ALIASGHAR; ROSE; CHETTY, 2019a; ALIASGHAR; ROSE; CHETTY, 2019b; JASIMUDDINA; NAQSHBANDI, 2019;
	Assimilação	SPITHOVEN; CLARYSSE; KNOCKAERT, 2011; RANGUS et al., 2015; ALI; KAN; SARSTEDT, 2016; KIM; KIM; FOSS, 2016; XIA; ROPER, 2016; WAL; CRISCUOLO; SALTER, 2017; ZOBEL, 2017; CRESCENZI; GAGLIARDI, 2018; FLOR; COOPER; OLTRA, 2018; ALIASGHAR; ROSE; CHETTY, 2019a; ALIASGHAR; ROSE; CHETTY, 2019b; JASIMUDDINA; NAQSHBANDI, 2019;
RACAP	Transformação	SPITHOVEN; CLARYSSE; KNOCKAERT, 2011; RANGUS et al., 2015; KIM; KIM; FOSS, 2016; PIHLAJAMAA et al., 2017; XIE; WANG; ZENG; 2018; FLOR; COOPER; OLTRA, 2018; JASIMUDDINA; NAQSHBANDI, 2019;
	Exploração	SPITHOVEN; CLARYSSE; KNOCKAERT, 2011; RANGUS et al., 2015; KIM; KIM; FOSS, 2016; ALI; KAN; SARSTEDT, 2016; PIHLAJAMAA et al., 2017; ZOBEL, 2017; XIE; WANG; ZENG; 2018; FLOR; COOPER; OLTRA, 2018; JASIMUDDINA; NAQSHBANDI, 2019;

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

O estudo realizado por Ali, Kan e Sarstedt (2016) indica que três das quatro dimensões do ACAP (aquisição, assimilação e exploração) afetam a inovação organizacional, que por sua vez aumenta o desempenho organizacional. Da mesma forma, Zobel (2017), chega a resultados semelhantes em seu estudo. O autor destaca que a dimensão de aquisição possibilita o reconhecimento de fontes externas de inovação, mas destaca que esta dimensão por si só é insuficiente para se beneficiar da Inovação Aberta (ZOBEL, 2017). Neste contexto, a dimensão de assimilação é necessária, pois permite que empresas utilizem efetivamente a inovação aberta (PIHLAJAMAA et al., 2017; ZOBEL, 2017).

A dimensão de assimilação, é importante destacar que tal dimensão é necessária para que o conhecimento externo seja transmitido internamente para maximizar as chances de encontrar uma aplicação adequada em resultados de inovação da empresa (WAL; CRISCUOLO; SALTER, 2017; ZOBEL, 2017). Ainda, Zobel (2017), destaca que, no âmbito da Inovação Aberta o nível de assimilação deve estar acima da média. Já a dimensão de exploração tem uma associação direta positiva com a vantagem competitiva na inovação (ZOBEL, 2017). Os autores ainda destacam que a dimensão de transformação não apresenta efeito significativo (ALI; KAN; SARSTEDT, 2016; ZOBEL, 2017; PIHLAJAMAA et al., 2017).

Além disso, foram encontrados estudos que evidenciam que apenas a PACAP contribui para o desempenho da Inovação Aberta (XIA; ROPER, 2016; ALIASGHAR; ROSE; CHETTY, 2019a; CRESCENZI; GAGLIARDI, 2018). De acordo com Aliasghar, Rose e Chetty (2019a) esta relação pode estar relacionada à forte dependência de trajetória do PACAP, que é afetada pela experiência anterior da empresa em desenvolver seu estoque de conhecimento, sendo capaz de detectar novas oportunidades no ambiente externo.

Todavia, cabe destacar que apesar de a PACAP ser uma condição necessária, a mesma não é suficiente, para explorar os benefícios de ambientes locais propensos à inovação (CRESCENZI; GAGLIARDI, 2018). Esta afirmação é reforçada por Xie, Wang e Zeng (2018), que destacam o papel mediador da RACAP na relação entre a aquisição de conhecimento interorganizacional e a inovação das empresas.

Por fim, outros estudos indicam um efeito significativo tanto da PACAP quanto da RACAP, destacando um efeito moderador da ACAP na inovação aberta (FLOR; COOPER; OLTRA, 2018). Neste contexto, Kim, Kim e Foss, (2016) argumentam que, cada tipo de inovação requer PACAP e RACAP, em propriedades e proporções diferentes.

## 2.4 INOVAÇÃO DE PROCESSOS

Um processo de produção consiste em um sistema de equipamentos, força de trabalho, especificações de tarefas, entradas de materiais, fluxos de trabalho e informações que são utilizados para a produção de um produto ou serviço (UTTERBACK; ABERNATHY, 1975). Neste contexto as inovações que resultam em novas maneiras de produzir estes produtos e/ou serviços são classificadas como inovações de processo (KNIGHT, 1967; EDQUIST; HOMMEN; MCKELVEY, 2001).

A inovação de processo é geralmente definida como mudanças na tecnologia de uma empresa ou unidade operacional, que são novas para uma indústria (KNIGHT, 1967; BIGONESS; PERREAULT, 1981). Apesar de a maioria das inovações de processo envolverem pequenas mudanças no método de produção (REICHSTEIN; SALTER, 2006), as inovações de processo são fundamentais para melhorar a produtividade de uma empresa (TERJESSEN; PATEL, 2015) podendo ter um impacto significativo na competitividade de longo prazo da empresa (KNIGHT, 1967; GOPALAKRISHNAN; BIERLY; KESSLER, 1999; ALIASGHAR; ROSE; CHETTY, 2019b), sendo uma fonte significativa de valor (PISANO; SHIH, 2012)

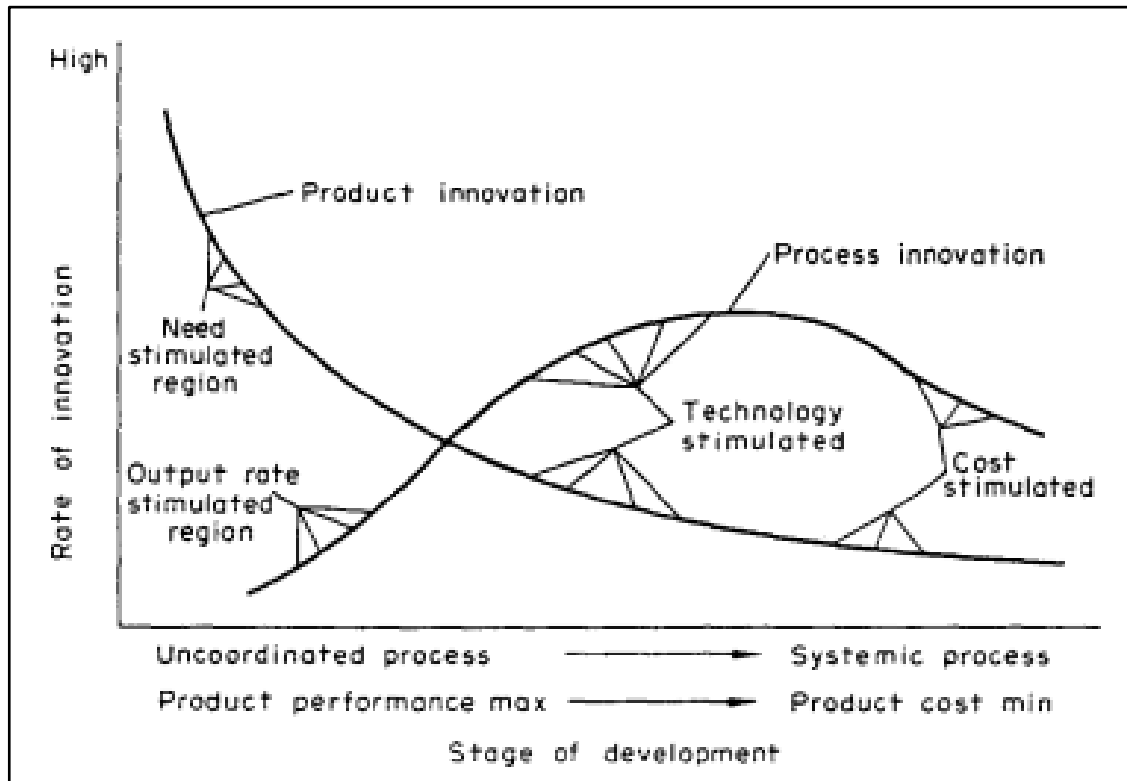
A inovação de processo pode ser definida como a introdução de novos elementos nas operações de produção ou serviço de uma empresa, de forma a reduzir os custos e/ou aumentar a qualidade dos produtos/serviços (UTTERBACK; ABERNATHY, 1975; ROSENBERG, 1982; DAMANPOUR, 1991; GOPALAKRISHNAN; BIERLY; KESSLER, 1999; PISANO; SHIH, 2012). Além disso, Gopalakrishnan, Bierly e Kessler (1999), destacam que as melhorias em processos são menos tangíveis e dificilmente notadas pelos consumidores, sendo frequentemente consideradas atividades inovadoras de segunda ordem, sendo ofuscada pela inovação de produtos. (REICHSTEIN; SALTER, 2006), de forma que estudos indicam que unidades inovadoras vêm a maioria de suas inovações como novos produtos (ABERNATHY; UTTERBACK, 1978; DAMANPOUR; GOPALAKRISHNAN, 2001).

As inovações de produto e processos estão associadas a diferentes tipos de conhecimento e têm diferentes implicações estratégicas (GOPALAKRISHNAN; BIERLY; KESSLER, 1999). De modo geral, a inovação de produtos consiste na introdução de novos produtos no mercado, tendendo a ser direcionada ao mercado e aos clientes, já a inovação de processos consiste na introdução de novos elementos em no processo produtivo, sendo caracterizada por um foco mais interno (KNIGHT, 1967; ALIASGHAR; ROSE; CHETTY, 2019b). Todavia, cabe destacar que as inovações de processo e produto são interdependentes (REICHSTEIN; SALTER, 2006), conforme apresentado no modelo de Utterback; Abernathy



(1975). De acordo com esse modelo (Figura 4), o tipo de inovação adotado corresponde ao estágio de desenvolvimento da indústria (DAMANPOUR; GOPALAKRISHNAN, 2001).

Figura 4 Tipo de Inovação X Estágio de Desenvolvimento da Indústria



Fonte: Utterback e Abernathy, 1975

As inovações de processo normalmente melhoram a eficiência de criação ou estabelecimento do produto ou serviço, mas também podem agregar valor ao cliente, por meio de maior qualidade e confiabilidade (GOPALAKRISHNAN; BIERLY; KESSLER, 1999), sendo essenciais para a melhoria da produtividade de uma empresa e contribuir para a eficiência e o crescimento do produto interno bruto conhecimento (TERJESEN; PATEL, 2015). Todavia, empresas do setor de manufatura tendem a enfatizar a adoção de inovações de produto em vez de inovações de processo (Damanpour; Gopalakrishnan, 2001), visto que, inovações de processo são mais complexas e menos tangíveis (GOPALAKRISHNAN; BIERLY; KESSLER, 1999). Apesar disso, cabe destacar que, por mais que sejam intangíveis, tais melhorias podem agregar valor para o cliente por meio da entrega de produtos/serviços com maior confiabilidade e qualidade (ROSENBERG, 1982; GOPALAKRISHNAN; BIERLY; KESSLER, 1999), sendo, a inovação de processos, um elemento central nas principais teorias de inovação e desenvolvimento econômico (REICHSTEIN; SALTER, 2006)

Embora a maior dificuldade em definir e fazer cumprir os direitos de propriedade legais para inovações de processo faça com que empresas sejam mais propensas a explorar essas inovações internamente (JAMES; LEIBLEIN; LU, 2013), Terjesen e Patel (2015) argumentam que a maior complexidade associada a estas inovações torna necessário desenvolver e implementar inovações de processo, as empresas recorrem cada vez mais a fontes externas de conhecimento, requerendo simultaneamente uso de mecanismos de integração externos e internos para ter sucesso (ETTLIE; REZA, 1992). Neste contexto, autores destacam a utilização de fontes externas de conhecimento para a inovação de processos produtivos (REICHSTEIN; SALTER, 2006; PISANO; SHIH, 2012; UN; ASAKAWA, 2015), sendo necessário que as empresas possuam capacidades que lhes permitam adquirir, assimilar e explorar conhecimento, a fim de melhorar seus processos e operações de manufatura (ALIASGHAR; ROSE; CHETTY, 2019b).

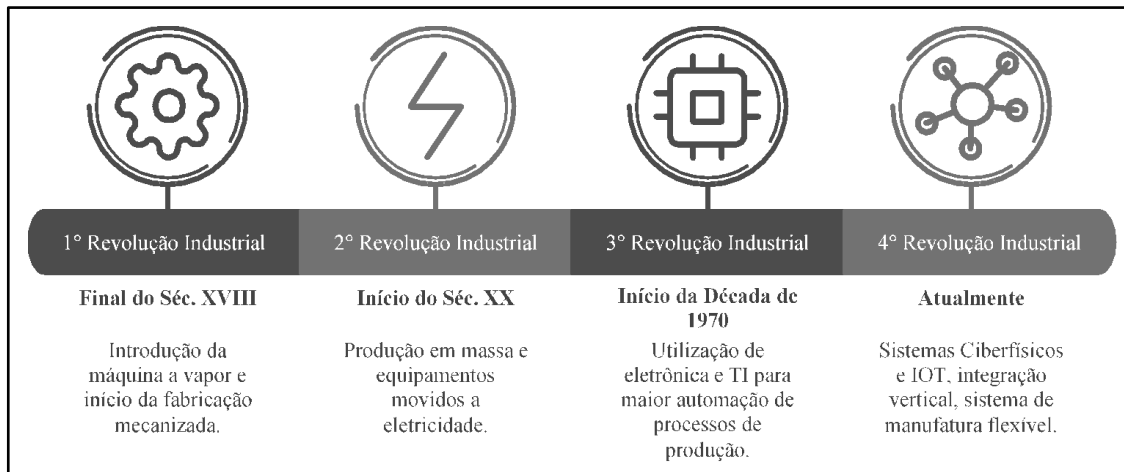
## **2.5 INDÚSTRIA 4.0**

Desde o início da industrialização (1ª Revolução industrial – Séc. XVIII), saltos tecnológicos levaram a mudanças de paradigma chamadas de “revoluções industriais” (LASI et al., 2014). Atualmente, o setor industrial está passando pela sua quarta revolução, a qual é precedida por revoluções tecnológicas anteriores como a introdução de equipamentos de manufatura mecânica movidos a vapor (1º Revolução Industrial), o uso intensivo de energia elétrica e a produção em massa (2º Revolução Industrial), e a digitalização generalizada oriunda da introdução dos sistemas de informação e automação industrial (3º Revolução Industrial) (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; DRATH; HORCH, 2014; KAGERMANN, 2014; LASI et al., 2014; SALDIVAR et al., 2015; KANG et al., 2016; LI; HOU; WU, 2017; THOBEN; WIESNER; WUEST, 2017; DALMARCO et al., 2019; DELGADO et al., 2021).

As três primeiras revoluções industriais surgiram como resultado da centralização da produção (SALDIVAR et al., 2015). Já quarta revolução industrial, comumente conhecida como Indústria 4.0, advém da proliferação da Internet das Coisas (Internet of Things – IoT) e de sistemas ciberfísicos (Cyber-Physical Systems – CPS) (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; KAGERMANN, 2014; DRATH; HORCH, 2014; SALDIVAR et al., 2015; WANG et al., 2016a; DALMARCO et al., 2019), que possibilitam a integração vertical de vários componentes de uma fábrica, originando um sistema de manufatura flexível e configurável, ou seja, uma fábrica inteligente (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013;

PISCHING et al, 2015; SALDIVAR et al., 2015; THAMES; SCHAEFER, 2016; SHAFIQ et al., 2016; WANG et al., 2016a; GÓRKA; GRZEGANEK-WIĘCEK; SZOPA, 2017; ZHONG et al., 2017; REISCHAUER, 2018; SARI; GÜLEŞ; YIĞITOL, 2019; DELGADO et al., 2021). A linha temporal que ilustra o avanço das revoluções industriais é apresentada na Figura 5.

Figura 5 Linha Temporal das Revoluções Industriais



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

O conceito de I4.0 é frequentemente utilizado no contexto de necessidades específicas de negócios (NOGALSKI; NIEWIADOMSKI, 2020). De acordo com Kagermann (2014), o impacto da I4.0 no desenvolvimento econômico e na organização do trabalho será tão profundo quanto os impactos das três revoluções industriais anteriores. A visão da I4.0 consiste na integração de computação inteligente massivamente implantada e tecnologias de rede aplicada à produção industrial, promovendo a informatização de fábricas tradicionais para fins de automação, confiabilidade e controle, destacando-se a conectividade mediante IoT (SALDIVAR et al., 2015; SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016; SHAFIQ et al., 2016; XU et al., 2018; DELGADO et al., 2021). Uma fábrica adequada aos moldes da I4.0 torna-se um ambiente no qual todos os participantes do processo estão interconectados e compartilhando informações (SCHLECHTENDAHL et al., 2015).

O Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (National Institute of Standard and Technology - NIST) define a I4.0 como “sistemas de manufatura totalmente integrados e colaborativos que respondem em tempo real para atender às demandas e condições de mudança na fábrica, rede de fornecimento, e necessidades do cliente” (NIST, 2015). Estes sistemas tornam possível reunir e analisar dados entre máquinas, permitindo processos mais rápidos, mais flexíveis e mais eficientes para produzir bens de maior qualidade a custos reduzidos

(KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; RÜßMANN et al., 2015; SCHUH et al., 2017; NOGALSKI; NIEWIADOMSKI; SZPITTER, 2018). Pode-se considerar que a Indústria 4.0 representa um novo patamar industrial (DELGADO et al., 2021), que tem por objetivo principal criar, através da aplicação avançada de sistemas de informação e comunicação na manufatura, uma fábrica inteligente (SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016; SHAFIQ et al., 2016).

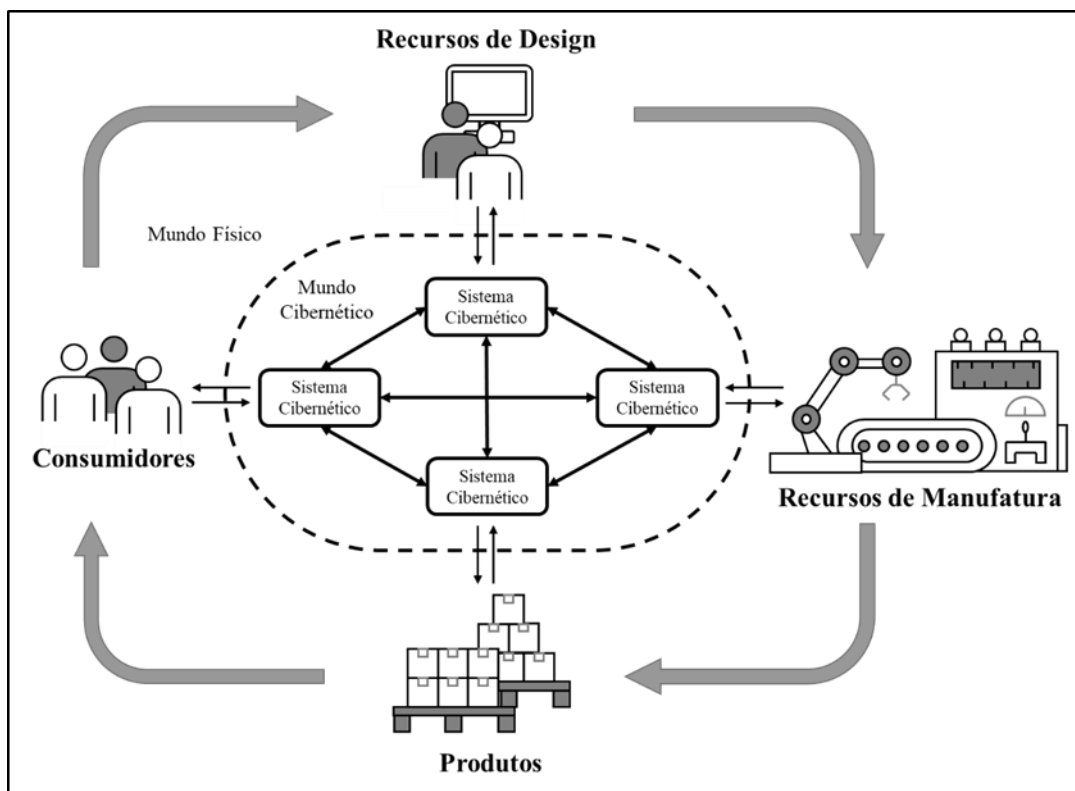
As fábricas inteligentes constituem uma característica chave da I4.0, sendo capazes de gerenciar a complexidade e serem menos sujeitas a interrupções, dessa forma apresentando maior eficiência (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; WANG et al., 2016a). A terminologia "fábricas inteligentes" descreve a evolução tecnológica dos sistemas de manufatura integrados, ligando: (i) demanda; (ii) manufatura; (iii) fornecimento; e (iv) serviços pela Internet (SALDIVAR et al., 2015). De acordo com Lasi et al. (2014), as fábricas inteligentes são totalmente equipada com sensores, atores e sistemas autônomos, conferindo-lhes adaptabilidade e eficiência na utilização de recursos, bem como integração com clientes e parceiros de negócios (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016; SHAFIQ et al., 2016; SCHUH et al., 2017; NOGALSKI; NIEWIADOMSKI; SZPITTER, 2018).

Os processos industriais das fábricas inteligentes giram em torno da colaboração máquina/humano, uma vez que os seres humanos, as máquinas e os recursos comunicam-se uns com os outros (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; KAGERMANN, 2014; THAMES; SCHAEFER, 2016). Além disso, os processos industriais das fábricas inteligentes contam com os produtos inteligentes, os quais "sabem" os detalhes de como foram fabricados e como devem ser usados, possibilitando o planejamento da produção em tempo real, bem como a auto-otimização dos processos de manufatura (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; KAGERMANN, 2014; SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016), possibilitando o atendimento das demandas dinâmicas dos clientes com alta variabilidade em pequenos tamanhos de lote (THOBEN; WIESNER; WUEST, 2017). Além disso, as empresas serão capazes de estabelecer redes globais que incorporaram suas máquinas, sistemas de armazenamento e instalações de produção na forma de um CPS, possibilitando que estes sejam capazes de trocar informações de forma autônoma, conferindo-lhes a capacidade de controlar-se de forma independente (SALDIVAR et al., 2015).

Neste novo estágio industrial, destaca-se a introdução da conectividade mediante IoT, que viabiliza a implementação de CPSs (DRATH; HORCH, 2014; WANG; TORNGREN; ONORI, 2015; LEE; BAGHERI; KAO, 2015; DELGADO et al., 2021). Os CPSs (Figura 6)

surtem a partir de uma rede complexa que cria uma ponte entre os mundos físico e virtual (THOBEN; WIESNER; WUEST, 2017; DALMARCO et al., 2019), conectando globalmente os recursos físicos, de forma que as informações são monitoradas de perto e sincronizadas entre o chão de fábrica físico e o espaço cibernético computacional (SZTIPANOVITS et al., 2013; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; KAGERMANN, 2014; LEE; BAGHERI; KAO, 2015; YU; XU; LU, 2015; ZHANG et al., 2021), modificando totalmente a interação homem-máquina (SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016). Os CPSs são compostos por máquinas inteligentes, sistemas de armazenamento e instalações de produção digitalmente integrados, desde a logística de entrada até a produção, marketing, logística de saída e serviços (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; KAGERMANN, 2014; RÜßMANN et al., 2015). Dessa forma é possível conectar recursos, informações, objetos e pessoas em rede (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

Figura 6 CPS



Fonte: Adaptado de Yu, Xu e Lu, 2015

Esta conectividade possibilita que as fábricas inteligentes possuam sistemas de produção integrados vertical e horizontalmente (THOBEN; WIESNER; WUEST, 2017; DALENOGARE et al., 2018). De acordo com Kagermann, Wahlster e Helbig (2013) e

Kagermann (2014), a integração vertical refere-se à integração dos vários componentes dentro de uma fábrica, possibilitando a implementação de um sistema de manufatura flexível e reconfigurável (WANG et al., 2016a; WANG et al., 2016b). Já a integração horizontal refere-se à integração dos vários componentes usados nas diferentes fases dos processos de fabricação e planejamento de negócios que envolvem uma troca de materiais, energia e informações dentro de uma empresa e entre várias empresas diferentes, incorporando desde o pedido até a entrega do produto (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; KAGERMANN, 2014; WANG et al., 2016b). A integração vertical e horizontal são essenciais para que a I4.0 se torne realidade (WANG et al., 2016b), visto que esta possibilita criar um ecossistema cibernético de troca de informações, de forma que os dados possam trafegar tanto de forma vertical quanto horizontal (DELGADO et al., 2021).

A I4.0 é considerada uma nova etapa industrial na qual a integração dos processos e a conectividade do produto podem ajudar as empresas a alcançar um melhor desempenho industrial (DALENOGARE et al., 2018). Diante disso, pode-se observar que a I4.0 influencia significativamente o ambiente de produção com mudanças radicais na execução das operações (RÜßMANN et al., 2015; SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016; THAMES; SCHAEFER, 2016). Além disso, A I4.0 abre uma nova era para a indústria de manufatura, e ao contrário das revoluções industriais anteriores, a atual está progredindo em um ritmo muito mais rápido dado que cada nova tecnologia dá origem a uma mais nova e ainda mais eficiente (NOGALSKI; NIEWIADOMSKI, 2020; ZHANG et al., 2021).

### **2.5.1 Tecnologias da Indústria 4.0**

A quarta revolução industrial tem sido considerada uma nova etapa industrial na qual várias tecnologias emergentes estão convergindo para fornecer soluções digitais e apoiar a tomada de decisão em tempo real (KANG et al., 2016; FRANK; DALENOGARE; AYALA, 2019). O conceito de indústria 4.0 abrange a integração de diferentes tecnologias em um sistema de produção, abrangendo desde tecnologias de produção específicas até aplicativos que conectam diferentes empresas da cadeia de suprimentos (DALMARCO et al., 2019).

Muitas destas tecnologias já são utilizadas, de forma isolada, na manufatura, mas com a Indústria 4.0 estas tecnologias convergiram, de forma a criar um ecossistema cibernético onde sistemas de informações, pessoas e máquinas trocam dados e informações (RÜßMANN et al., 2015; DALMARCO et al., 2019; DELGADO et al., 2021). De acordo com Kang et al. (2016),

a I4.0 será realizada com sucesso por meio de um desenvolvimento e aplicação equilibrados dessas principais tecnologias. As tecnologias que compõem a indústria 4.0 são apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 Tecnologias Indústria 4.0

<b>Tecnologia</b>	<b>Autores</b>
<b>Big Data e Analytics</b>	MEGAHED; JONES-FARMER, 2015; POSADA; et al., 2015; RÜBMANN et al., 2015; BABICEANU; SEKER, 2016; KANG et al., 2016; LU, 2017; SARI; GÜLEŞ; YIĞITOL, 2019; NOGALSKI; NIEWIADOMSKI, 2020; DELGADO et al., 2021
<b>Robótica Colaborativa</b>	AWAIS; HENRICH, 2013; RÜBMANN et al., 2015; DALMARCO et al., 2019; SARI; GÜLEŞ; YIĞITOL, 2019
<b>Simulação</b>	POSADA; et al., 2015; RÜBMANN et al., 2015; BABICEANU; SEKER, 2016; SARI; GÜLEŞ; YIĞITOL, 2019
<b>Iot</b>	PISCHING et al., 2015; RÜBMANN et al., 2015; WANG; TORNGREN; ONORI, 2015; BABICEANU; SEKER, 2016; GEORGAKOPOULOS et al., 2016; KANG et al., 2016; SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016; LU, 2017; THOBEN; WIESNER; WUEST, 2017; SARI; GÜLEŞ; YIĞITOL, 2019; NOGALSKI; NIEWIADOMSKI, 2020; DELGADO et al., 2021
<b>CPS</b>	BAHETI; GILL, 2011; SZTIPANOVITS et al., 2013; LASI et al., 2014; LEE; BAGHERI; KAO, 2015; GEISBERGER; BROY, 2015; LEITÃO; COLOMBO; KARNOUSKOS, 2016; PISCHING et al., 2015; KANG et al., 2016; LU, 2017; SARI; GÜLEŞ; YIĞITOL, 2019
<b>Cybersecurity</b>	RÜBMANN et al., 2015; BABICEANU; SEKER, 2016; WANG et al., 2016b; DALMARCO et al., 2019; SARI; GÜLEŞ; YIĞITOL, 2019
<b>Cloud</b>	RÜBMANN et al., 2015; WANG; TORNGREN; ONORI, 2015; BABICEANU; SEKER, 2016; SARI; GÜLEŞ; YIĞITOL, 2019; DELGADO et al., 2021
<b>Manufatura Aditiva</b>	RÜBMANN et al., 2015; WELLER; KLEER; PILLER, 2015; KANG et al., 2016; LAUREIJS, ET AL., 2016; OETTMEIER; HOFMANN, 2017; DALMARCO et al., 2019; HALEEM; JAVAID, 2019; SARI; GÜLEŞ; YIĞITOL, 2019;
<b>Realidade Aumentada</b>	PAELKE, 2014; POSADA; et al., 2015; RÜBMANN et al., 2015; DALMARCO et al., 2019; SARI; GÜLEŞ; YIĞITOL, 2019;
<b>Sensores Inteligentes</b>	GEISBERGER; BROY, 2015; BABICEANU; SEKER, 2016; KANG et al., 2016;

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Os CPSs são uma abordagem emergente que se refere a uma nova geração de sistemas com recursos físicos e computacionais integrados (BAHETI; GILL, 2011; LASI et al., 2014; SZTIPANOVITS et al., 2013; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; GEISBERGER; BROY, 2015; LEE; BAGHERI; KAO, 2015; YU; XU; LU, 2015; LEITÃO; COLOMBO; KARNOUSKOS, 2016; DELGADO et al., 2021; ZHANG et al., 2021), possibilitando que as informações sejam monitoradas de perto e sincronizadas entre o chão de fábrica físico e o espaço cibernético computacional (LEE; BAGHERI; KAO, 2015; LEITÃO; COLOMBO; KARNOUSKOS, 2016). Na área de manufatura, o CPS consiste em uma tecnologia chave para a realização da Manufatura Inteligente (BABICEANU; SEKER, 2016;

KANG et al., 2016). Os CPS possuem uma estreita relação com tecnologias como nuvem, IoT e big data, sendo necessários para a disponibilização de recursos de simulação na nuvem (WANG; TORNGREN; ONORI, 2015; BABICEANU; SEKER, 2016; KANG et al., 2016).

A IOT permite conectar toda a fábrica em rede formando um ambiente inteligente. (SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016). A IOT envolve a integração potencial de bilhões de sensores, câmeras, máquinas industriais, entre outros dispositivos de comunicação inteligente (RÜßMANN et al., 2015; BABICEANU; SEKER, 2016; GEORGAKOPOULOS et al., 2016), sendo uma das tecnologias centrais para a realização da Manufatura Inteligente (KANG et al., 2016). Dentro da estrutura da IoT, as redes ciberfísicas de dispositivos realizam a detecção, coleta, envio e recebimento de dados adquiridos de sensores inteligentes (WANG; TORNGREN; ONORI, 2015; BABICEANU; SEKER, 2016; KANG et al., 2016), viabilizando a implementação de CPSs através da digitalização da fábrica e a introdução de sensores e componentes que permitem a comunicação entre equipamentos, objetos e pessoas, permitindo que os tomadores de decisão, humanos ou automatizados, comuniquem-se com os dispositivos físicos, permitindo respostas em tempo real (RÜßMANN et al., 2015; BABICEANU; SEKER, 2016; DELGADO et al., 2021).

Além da IOT, a nuvem (Cloud) caracteriza-se como outra importante tecnologia para o setor de manufatura (GEORGAKOPOULOS et al., 2016). A computação em nuvem existe desde o final dos anos 2000 (BABICEANU; SEKER, 2016), já sendo utilizada em alguns aplicativos corporativos e analíticos, (RÜßMANN et al., 2015). Todavia, com a Indústria 4.0, um maior compartilhamento de dados será exigido (RÜßMANN et al., 2015). Neste contexto, os recursos físicos integrados na nuvem serão capazes de oferecer serviços de manufatura adaptáveis, seguros e sob demanda pela IOT (WANG; TORNGREN; ONORI, 2015). Todavia, em comparação com outras indústrias, a manufatura está atrasada em lucrar com todos os benefícios que a nuvem tem a oferecer (BABICEANU; SEKER, 2016).

Para que essa integração seja possível, são necessários sensores, os quais consistem na tecnologia mais básica para coleta e controle de dados em tempo real. (KANG et al., 2016). Os sensores capturam os dados referente ao que está acontecendo no mundo físico, interpretam-os e os disponibilizam em rede (GEISBERGER; BROY, 2015). Os avanços recentes nas tecnologias de sensores podem fornecer as bases para conectar as instalações físicas de manufatura e o mundo das máquinas ao mundo cibernético (BABICEANU; SEKER, 2016).

O CPS e a IoT permitem que maiores quantidades de dados relacionados a sistemas físicos sejam disponibilizados para análise (BABICEANU; SEKER, 2016; WANG; TORNGREN; ONORI, 2015). Este grande conjunto de dados, composto por dados diversos,



gerados a partir de uma variedade de instrumentos e sensores, é conhecida como Big Data (MEGAHED; JONES-FARMER, 2015). O Big data refere-se a análises baseadas em grandes coleções de dados, por vezes inadequada para uso pelos métodos tradicionais de processamento de dados devido à sua ampla variedade, estrutura complexa e tamanho (MEGAHED; JONES-FARMER, 2015; RÜßMANN et al., 2015; WANG; TORNGREN; ONORI, 2015; BABICEANU; SEKER, 2016; KANG et al., 2016). Neste contexto, as análises de Big Data destacam-se na tomada de decisões mais assertivas (POSADA; et al., 2015; RÜßMANN et al., 2015; BABICEANU; SEKER, 2016; WANG et al., 2016a). Todavia, à medida que o volume, a variedade e a velocidade dos dados aumentam, são demandadas formas mais dinâmicas de processamento, sem referência a qualquer modelo estrutural predefinido (BABICEANU; SEKER, 2016; MEGAHED; JONES-FARMER, 2015; GÖLZER; FRITZSCHE, 2017).

Além disso, Posada et al. (2015), argumentam que a simulação virtual de produtos e processos, antes e durante a operação, é um aspecto chave para atingir o CPS, uma vez que, possibilita criar um ambiente de teste virtual, tornando possível lidar com as operações reais no mundo físico e, ao mesmo tempo, monitorá-las no mundo cibernético (BABICEANU; SEKER, 2016; DALMARCO et al., 2019). Essas simulações utilizam os dados atualizados em tempo real para espelhar o mundo físico em um modelo virtual, que pode incluir máquinas, produtos e humanos, permitindo que as configurações das máquinas sejam testadas em um ambiente virtual, reduzindo os tempos de setup e aumentando a qualidade e flexibilizando a produção (POSADA; et al., 2015; RÜßMANN et al., 2015; DALMARCO et al., 2019). As ferramentas de simulação melhoram a análise de viabilidade de novas soluções ou a otimização da linha de produção (DALMARCO et al., 2019).

Todavia, é importante destacar que a integração físico-cibernética promovida pela quarta revolução industrial possui a desvantagem de ser vulnerável a ataques cibernéticos (BABICEANU; SEKER, 2016; WANG et al., 2016b). Neste contexto é necessário proteger tanto informações referentes a clientes, fornecedores, estratégias comerciais e know-how, que podem ser divulgados, causando grande perda de lucros ou até mesmo disputas legais, quanto as máquinas e outros objetos físicos conectadas à nuvem que se danificados podem causar perda direta de propriedade (WANG et al., 2016b). Para lidar com a ameaça de ataques e limitar a magnitude de suas consequências, respostas adequadas de Cybersecurity precisam ser implementadas, de forma a tornar a camada de dispositivos ciberfísicos resistente a ataques (RÜßMANN et al., 2015; BABICEANU; SEKER, 2016). Dessa forma, a Cybersecurity possui um papel transversal na Indústria 4.0, sendo a chave para proteger as empresas contra hacking de redes, máquinas e equipamentos, bem como evitar a espionagem industrial (DALMARCO

et al., 2019).

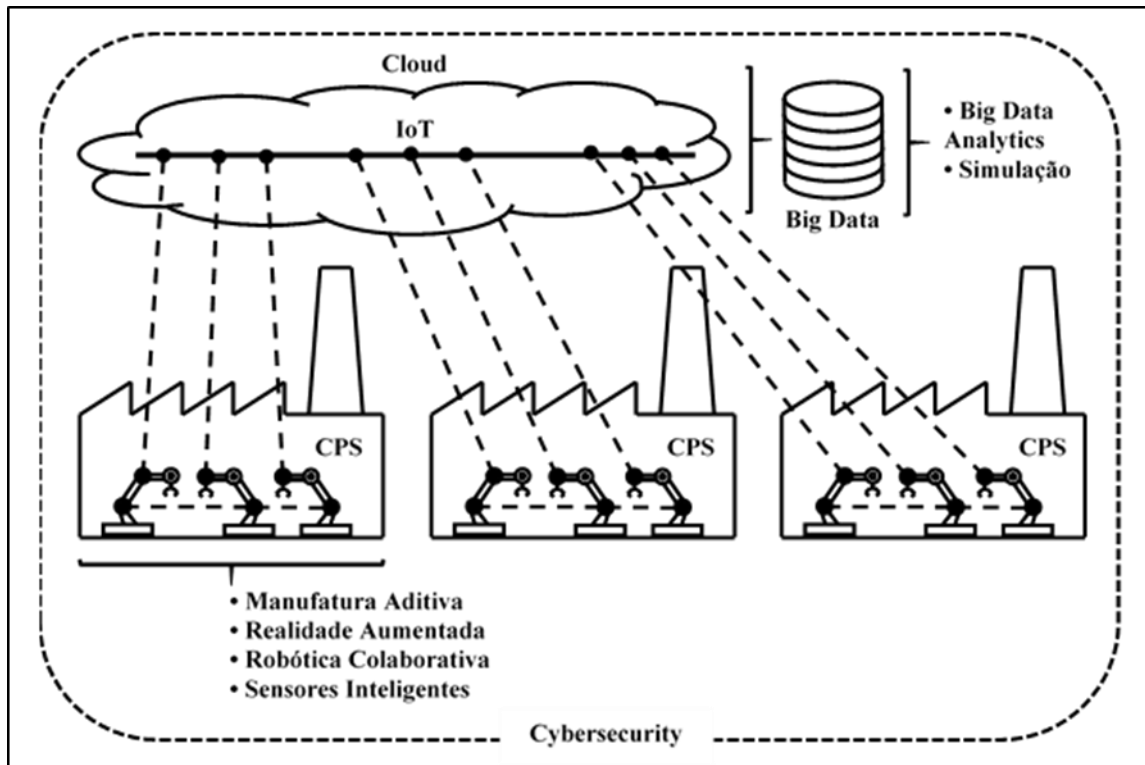
Fabricantes há muito usam robôs para realizar tarefas complexas, mas os robôs estão evoluindo, eventualmente, eles irão interagir uns com os outros e trabalhar com segurança lado a lado com os humanos e aprender com eles RÜßMANN et al., 2015), sendo necessário que haja intuitividade na interação homem-robô tornou-se inevitável (AWAIS; HENRICH, 2013). Neste contexto, a robótica colaborativa aborda uma questão específica das linhas de produção - deixar tarefas pesadas ou repetitivas para sistemas automatizados enquanto os funcionários podem executar tarefas complexas que exigem uma tomada de decisão reflexiva (DALMARCO et al., 2019).

A realidade aumentada se refere à integração de informações adicionais geradas por computador em um ambiente do mundo real. (PAELKE, 2014). Os sistemas baseados em realidade aumentada oferecem suporte a uma variedade de serviços, bem como, fornecer informações em tempo real para melhorar a tomada de decisões e os procedimentos de trabalho. (PAELKE, 2014; POSADA; et al., 2015; RÜßMANN et al., 2015; DALMARCO et al., 2019). Além disso, a realidade aumentada pode melhorar o treinamento e as condições de trabalho, permitindo que os funcionários aprendam seus procedimentos in loco, reduzindo a curva de aprendizado e reduzindo erros na execução das tarefas. (DALMARCO et al., 2019).

Com a Indústria 4.0, métodos de manufatura aditiva (MA) serão amplamente usados para produzir pequenos lotes de produtos customizados, permitindo a produção de projetos funcionais complexos e integrados em um processo de uma única etapa, reduzindo a necessidade de trabalho de montagem. (RÜßMANN et al., 2015; WELLER; KLEER; PILLER, 2015; LAUREIJS, ET AL., 2016; DALMARCO et al., 2019). A MA é uma maneira de converter um modelo 3D, como um arquivo CAD, em um objeto físico, ligando ou juntando materiais por meio de luz, vibração ultrassônica, laser e feixe de elétrons (KANG et al., 2016; HALEEM; JAVAID, 2019). As tecnologias MA foram originalmente empregadas para a criação rápida de protótipos (OETTMEIER; HOFMANN, 2017). Devido ao seu baixo desperdício de material e uso reduzido de material por meio do design das peças, a MA pode reduzir os requisitos de material para peças feitas com materiais caros, bem como produzir peças mais leves do que os processos tradicionais (RÜßMANN et al., 2015; LAUREIJS, ET AL., 2016; DALMARCO et al., 2019), possuindo, de acordo com Haleem e Javaid (2019), um papel vital na Indústria 4.0.

A interação das tecnologias abordadas neste tópico para a criação de um ambiente de fabricação 4.0 é apresentada na Figura 7.

Figura 7 Tecnologias da Indústria 4.0



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

## 2.6 MODELO TEÓRICO

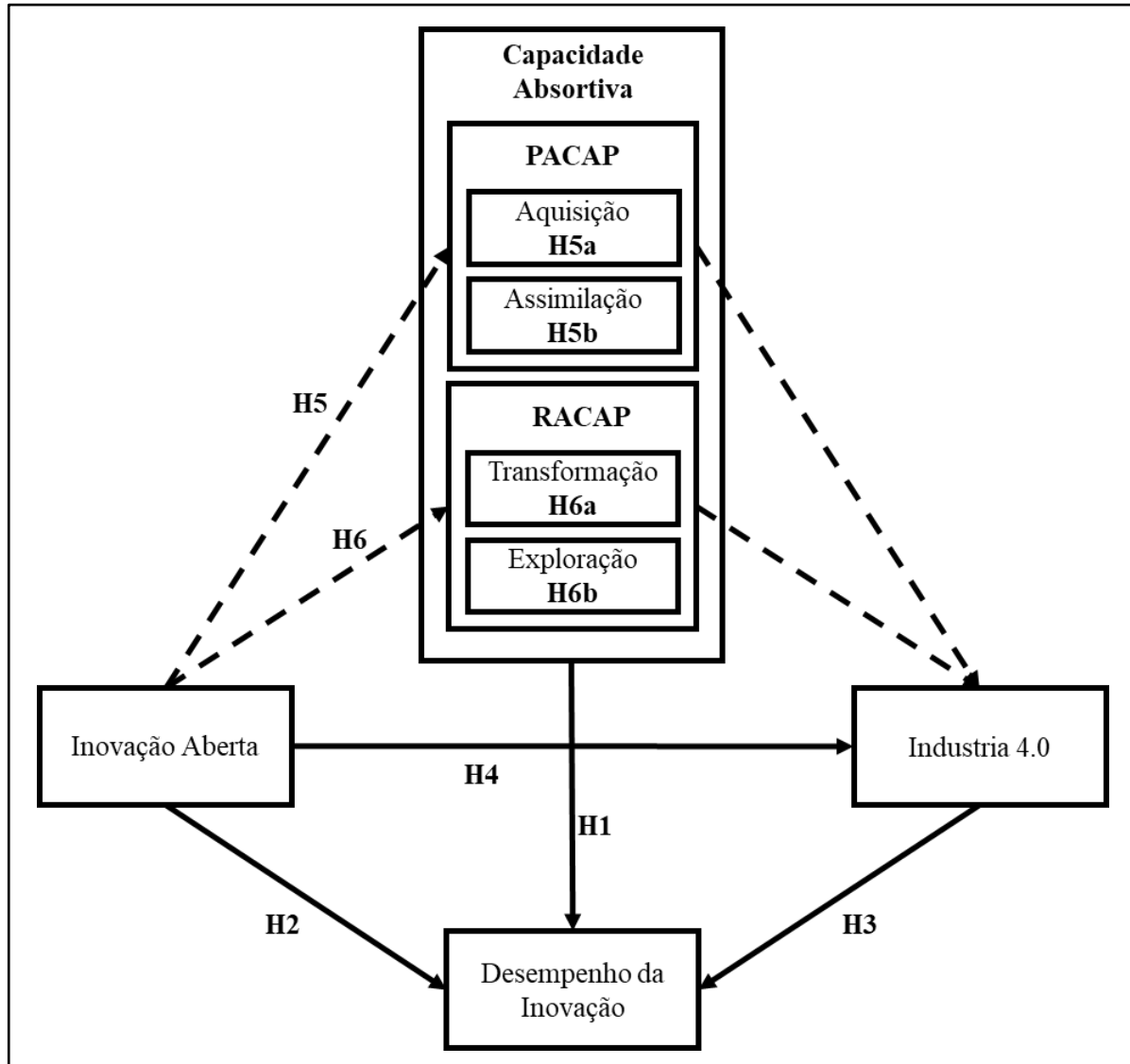
A partir da definição do problema, objetivos e do referencial desenvolveu-se o modelo teórico da pesquisa (Figura 8) e respectivos estudos que justificam etapas e respectiva construção.

O modelo proposto utiliza a abordagem dos quatro fatores do ACAP de aquisição, assimilação, transformação e exploração (FLATTEN et al., 2011), baseado na reconceituação de ACAP realizada por Zahra e George (2002), que avalia o grau em que uma empresa se engaja em atividades de aquisição de conhecimento, assimilação das informações adquiridas ao conhecimento existente, transformação o conhecimento e exploração comercial do conhecimento transformado em vantagem competitiva. O referido modelo é validado e adaptado por Engelmann et al. (2016).

No que tange a abertura da inovação, o modelo baseia-se na abordagem de Hung e Chou (2013), que mensura a Inovação Aberta a partir de dois fatores, a saber: (I) Aquisição de tecnologia externa; e (II) Exploração de tecnologia externa. Cabe destacar que o autor faz usos de autores seminais do campo da inovação aberta para embasar sua abordagem, dentre eles:

Chesbrough (2003), Chesbrough e Crowther (2006), Lichtenthaler (2008) e Lichtenthaler (2009).

Figura 8 Modelo Teórico da Pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

A primeira hipótese trata do impacto da ACAP sobre o desempenho inovador das empresas. Tal hipótese foi elaborada diante do fato de que autores destacam que a ACAP é uma habilidade que permite que as empresas capitalizem o conhecimento adquirido externamente afetando significativamente a inovação e o desempenho das empresas (TSAI, 2001; JIMÉNEZ-BARRIONUEVO; GARCÍA-MORALES; MOLINA, 2011; NAJAFI-TAVANI et al, 2018), configurando-se como um componente crítico para a inovação (COHEN; LEVINTHAL, 1990; LENOX; KING, 2004). Diante disso, elabora-se a primeira hipótese:

**H1** – A capacidade absorptiva das empresas impacta positivamente o desempenho de inovação de processos.

A segunda hipótese desenvolvida para este estudo diz respeito à relação entre a abertura da inovação e o desempenho da inovação de processos das empresas, visto que a inovação de processos apesar de apresentar maior complexidade comparada a inovação de produto (JAMES; LEIBLEIN; LU, 2013), é fundamental para melhorar a produtividade e contribui para a eficiência e o crescimento da empresa (TERSEN; PATEL, 2015), de modo que a inovação aberta poderia possibilitar uma perspectiva mais ampla, acessando conhecimento distante, melhorando o desempenho da inovação de processos (ROBERTSON; CASALI; JACOBSON, 2012; SISODIYA; JOHNSON; GRÉGOIRE, 2013; KOKSHAGINA; LE MASSON; BORIES, 2017). Dessa forma elabora-se a segunda hipótese:

**H2** – O grau de abertura de inovação impacta sobre o desempenho da inovação de processos.

No que tange a terceira hipótese, a mesma foi elaborada tendo por base o fato de que o conhecimento adquirido é de crucial importância para a geração de novos conhecimentos tecnológicos (ANTONELLI; FASSIO, 2015), sendo a inovação bem-sucedida depende do conhecimento (ROPER; HEWITT-DUNDAS, 2015). Diante disso, elabora-se a terceira hipótese:

**H3** – O conhecimento adquirido sobre a Indústria 4.0 afeta o desempenho da inovação de processos.

Já a quarta hipótese elaborada diz respeito ao impacto da abertura da inovação sobre o conhecimento das empresas sobre as tecnologias da Indústria 4.0, visto que a abertura à fontes externas de conhecimento auxilia as empresas a obter o conhecimento necessário para seus processos de inovação (CHESBROUGH, 2003; ALMIRALL; CASADESUS-MASANELL, 2010), adquirindo mais tecnologias e aprofundando o conjunto de oportunidades tecnológicas disponíveis (LAURSEN; SALTER, 2005; LICHTENTHALER, 2008; BIRKINSHAW; BOUQUET; BARSOUX, 2011). Isso melhora o desempenho da empresa por meio do desenvolvimento de produtos e processos de produção superiores (ROBERTSON; CASALI; JACOBSON, 2012; SISODIYA; JOHNSON; GRÉGOIRE, 2013; KOKSHAGINA; LE MASSON; BORIES, 2017). Diante disso, elabora-se a quarta hipótese:

**H4** - A abertura da inovação amplia o conhecimento das empresas sobre as tecnologias da Indústria 4.0.

Por fim, as hipóteses referentes ao efeito mediador da ACAP (H5a, H5b, H6a e H6b) foram elaboradas a partir das constatações de autores que destacam que a ACAP medeia a

relação entre a busca de conhecimento de fontes externas e atividades de inovação (XIE; WANG; ZENG, 2018; ALIASGHAR; ROSE; CHETTY, 2019b; JASIMUDDINA; NAQSHBANDI, 2019). Inclusive inovações relacionadas a processos (ALIASGHAR; ROSE; CHETTY, 2019b). Além disso, a elaboração destas hipóteses foram motivadas pela divergência existente entre o real impacto das dimensões da ACAP na abertura da inovação, visto que existem autores que defendem que apenas três das quatro dimensões (aquisição, assimilação e exploração) afetam a invocação aberta (ALI; KAN; SARSTEDT, 2016; PIHLAJAMAA et al., 2017; WAL; CRISCUOLO; SALTER, 2017; ZOBEL, 2017). Bem como existem autores que argumentam que apenas a PACAP contribui para o desempenho da Inovação Aberta (XIA; ROPER, 2016; ALIASGHAR; ROSE; CHETTY, 2019a; CRESCENZI; GAGLIARDI, 2018) e outros que argumentam que a PACAP não é suficiente para explorar os benefícios de ambientes locais propensos à inovação (CRESCENZI; GAGLIARDI, 2018), e destacam que a o papel mediador da RACAP na relação entre a aquisição de conhecimento (KIM; KIM; FOSS, 2016; FLOR; COOPER; OLTRA, 2018; XIE; WANG; ZENG, 2018). Diante do exposto, são formuladas as seguintes hipóteses:

**H5** – A PACAP medeia a relação entre a abertura da inovação e conhecimento das empresas sobre as tecnologias da Indústria 4.0.

**H5a** – A dimensão de aquisição medeia a relação entre a abertura da inovação e conhecimento das empresas sobre as tecnologias da Indústria 4.0.

**H5b** – A dimensão de assimilação medeia a relação entre a abertura da inovação e conhecimento das empresas sobre as tecnologias da Indústria 4.0.

**H6** – A RACAP medeia a relação entre a abertura da inovação e conhecimento das empresas sobre as tecnologias da Indústria 4.0.

**H6a** – A dimensão de transformação medeia a relação entre a abertura da inovação e conhecimento das empresas sobre as tecnologias da Indústria 4.0.

**H6b** – A dimensão de exploração medeia a relação entre a abertura da inovação e conhecimento das empresas sobre as tecnologias da Indústria 4.0.

### **3 METODOLOGIA**

Neste capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para execução do trabalho. Inicialmente, é apresentado o delineamento da pesquisa (3.1). Por fim, são apresentados os detalhes para a condução da coleta de dados, contendo informações acerca da população e amostra, o instrumento e procedimento de coleta e o método de análise de dados (3.2).

#### **3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA**

Para o desenvolvimento da pesquisa foi utilizada a abordagem quantitativa, dado que esta dimensiona resposta ao problema de pesquisa, subsidiando conclusões por meio de análises estatísticas (MALHOTRA, 2019). Além disso, cabe destacar que a abordagem quantitativa possibilita o estabelecimento de relações entre as variáveis de uma determinada população/amostra, auxiliando na determinação da natureza desta relação (GIL, 2002) e possibilitando o alcance de resultados conclusivos (MALHOTRA, 2019).

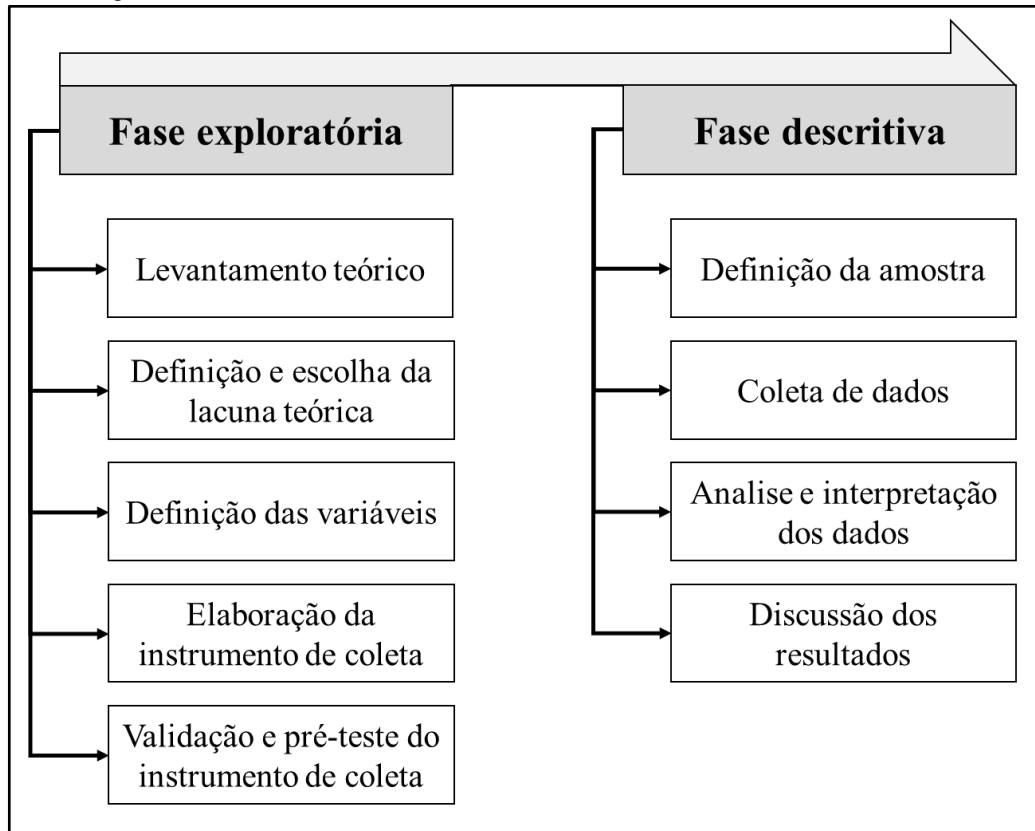
A pesquisa foi composta por dados primários e dados secundários. Os dados primários, levando em conta o método que será utilizado para a realização deste estudo, foi coletado por meio de uma ferramenta de coleta estruturada. Já os dados secundários dizem respeito ao problema abordado neste projeto (MALHOTRA, 2019), sendo coletados através da realização de revisão de literatura, agrupando pesquisas e comparando resultados, de modo a destacar similaridades e diferenças de resultados relacionados a um mesmo assunto/objeto de estudo (GREENHALG, 1997).

Em relação a sua natureza, a pesquisa figura-se como exploratória e descritiva. As pesquisas exploratórias caracterizam-se por envolver revisão bibliográfica proporcionando uma visão geral de um determinado fenômeno realizado a partir de um problema de pesquisa, gerando ideias ou hipóteses realizando descobertas. Já as pesquisas descritivas, propõe descrever características de uma população e objeto (GIL, 2002; MALHOTRA, 2019) assim como a relação entre as variáveis relacionadas (GIL, 2002) sem inferir no mesmo (RUDIO, 2013). Ao mesmo tempo que busca apresentar uma clara definição do problema a partir do conhecimento preliminar e com coleta de dados estruturada por meio de amostra representativa (MALHOTRA, 2019).

Diante do exposto, os procedimentos adotados para a realização deste estudo podem ser

observados na Figura 9. Esta figura apresenta as etapas que serão realizadas em cada uma das fases que fazem parte da elaboração deste estudo.

Figura 9 Procedimentos Adotados



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

### 3.2 INSTRUMENTO DE COLETA

O instrumento de coleta de dados é apoiado na revisão de literatura, com a intenção de comprovar de forma empírica a teoria e ancorado em temáticas contemplando as dimensões da ACAP (ZAHRA; GEORGE, 2002; FLATTEN et al., 2011; ENGELMANN et al., 2016), a abertura da inovação (HUNG; CHOU, 2013; CHESBROUGH, 2003; CHESBROUGH; CROWTHER, 2006; LICHTENTHALER, 2008; LICHTENTHALER, 2009), as tecnologias da indústria 4.0 (BAHETI; GILL, 2011; AWAIS; HENRICH, 2013; SZTIPANOVITS et al., 2013; LASI et al., 2014; PAELKE, 2014; GEISBERGER; BROY, 2015; LEE; BAGHERI; KAO, 2015; MEGAHED; JONES-FARMER, 2015; PISCHING et al., 2015; POSADA; et al., 2015; RÜßMANN et al., 2015; WANG; TORNGREN; ONORI, 2015; WELLER; KLEER; PILLER, 2015; BABICEANU; SEKER, 2016; GEORGAKOPOULOS et al., 2016; KANG et



al., 2016; LAUREIJS et al., 2016; LEITÃO; COLOMBO; KARNOUSKOS, 2016; SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016; WANG et al., 2016b; LU, 2017; OETTMEIER; HOFMANN, 2017; THOBEN; WIESNER; WUEST, 2017; DALMARCO et al., 2019; HALEEM; JAVAID, 2019; SARI; GÜLEŞ; YİĞİTOL, 2019; NOGALSKI; NIEWIADOMSKI, 2020; DELGADO et al., 2021) e o desempenho da inovação de processos (RANGUS et al., 2015). O Quadro 5 apresenta a as temáticas, elementos e respectivos autores utilizados no presente instrumento de pesquisa.

Quadro 5 Temáticas, Elementos e Autores

<b>Temáticas</b>	<b>Elementos</b>	<b>Autores</b>
ACAP	Aquisição, assimilação, transformação, exploração	ZAHRA; GEORGE, 2002; FLATTEN et al., 2011; ENGELMANN et al., 2016
Inovação aberta	Aquisição de tecnologia, exploração de tecnologia	HUNG; CHOU, 2013; CHESBROUGH, 2003; CHESBROUGH; CROWTHER, 2006; LICHTENTHALER, 2008; LICHTENTHALER, 2009
Indústria 4.0	Tecnologias da indústria 4.0	BAHETI; GILL, 2011; AWAIS; HENRICH, 2013; SZTIPANOVITS et al., 2013; LASI et al., 2014; PAELKE, 2014; GEISBERGER; BROY, 2015; LEE; BAGHERI; KAO, 2015; MEGAHED; JONES-FARMER, 2015; PISCHING et al, 2015; POSADA; et al., 2015; RÜßMANN et al., 2015; WANG; TORNGREN; ONORI, 2015; WELLER; KLEER; PILLER, 2015; BABICEANU; SEKER, 2016; GEORGAKOPOULOS et al., 2016; KANG et al., 2016; LAUREIJS et al., 2016; LEITÃO; COLOMBO; KARNOUSKOS, 2016; SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016; WANG et al., 2016b; LU, 2017; OETTMEIER; HOFMANN, 2017; THOBEN; WIESNER; WUEST, 2017; DALMARCO et al., 2019; HALEEM; JAVAID, 2019; SARI; GÜLEŞ; YİĞİTOL, 2019; NOGALSKI; NIEWIADOMSKI, 2020; DELGADO et al., 2021
Desempenho inovador	Desempenho da inovação de processos	RANGUS et al., 2015

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Para analisar a ACAP selecionou-se a escala validada e traduzida por Engelmann, et al. (2016), visto que a mesma foi adaptada ao contexto brasileiro a partir da mensuração de Flatten et al. (2011). Os autores propuseram analisar dimensões da ACAP a partir da avaliação de especialistas e, posteriormente, testada em uma amostra de 495 empresas localizadas no Estado do Rio Grande do Sul, de diferentes portes e setores da indústria e intensidades tecnológicas (ENGELMANN et al., 2016). A comparação das escalas é apresentada no Quadro 6.

Quadro 6 Escala ACAP

Escala Original (FLATTEN et al., 2011)	Escala Brasileira (ENGELMANN et al., 2016)
<p><b>Acquisition</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. The search for relevant information concerning our industry is everyday business in our company.</li> <li>2. Our management motivates the employees to use information sources within our industry.</li> <li>3. Our management expects that the employees deal with information beyond our industry.</li> </ol>	<p><b>Aquisição</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. A busca por informações relevantes do nosso setor faz parte do dia a dia da empresa.</li> <li>2. Nossos gestores incentivam os funcionários a buscar informação do nosso setor.</li> <li>3. Nossos gestores esperam que os funcionários utilizem informações de outros setores.</li> </ol>
<p><b>Assimilation</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. In our company ideas and concepts are communicated cross-departmental.</li> <li>2. Our management emphasizes cross-departmental support to solve problems.</li> <li>3. In our company there is a quick information flow, e.g., if a business unit obtains important information it communicates this information promptly to all other business units or departments.</li> <li>4. Our management demands periodical cross-departmental meetings to interchange new developments, problems, and achievements.</li> </ol>	<p><b>Assimilação</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Em nossa empresa as ideias e conceitos são comunicados entre as diversas áreas.</li> <li>2. Nossos gestores incentivam o apoio entre as áreas da empresa para resolver problemas.</li> <li>3. Em nossa empresa há um fluxo rápido de informações entre as áreas.</li> <li>4. Nossos gestores promovem encontros periódicos entre as áreas para o intercâmbio de novos desenvolvimentos, problemas e conquistas.</li> </ol>
<p><b>Transformation</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Our employees have the ability to structure and to use collected knowledge.</li> <li>2. Our employees are used to absorb new knowledge as well as to prepare it for further purposes and to make it available.</li> <li>3. Our employees successfully link existing knowledge with new insights.</li> <li>4. Our employees are able to apply new knowledge in their practical work.</li> </ol>	<p><b>Transformação</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nossos funcionários têm habilidade para estruturar e utilizar os conhecimentos adquiridos externamente.</li> <li>2. Nossos funcionários preparam os novos conhecimentos adquiridos externamente para outros fins e para torná-los disponíveis.</li> <li>3. Nossos funcionários são bem-sucedidos em articular o conhecimento existente com novas ideias.</li> <li>4. Nossos funcionários são capazes de aplicar os novos conhecimentos em seu trabalho.</li> </ol>
<p><b>Exploitation</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Our management supports the development of prototypes.</li> <li>2. Our company regularly reconsiders technologies and adapts them according to new knowledge.</li> <li>3. Our company has the ability to work more effectively by adopting new technologies.</li> </ol>	<p><b>Exploração</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nossos gestores apoiam o desenvolvimento de protótipos.</li> <li>2. Nossa empresa regularmente reconsidera as tecnologias utilizadas e as adapta de acordo com novos conhecimentos.</li> <li>3. Nossa empresa tem habilidade de trabalhar melhor quando adota novas tecnologias.</li> </ol>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Para analisar a IA utilizou-se a escala desenvolvida por Hung e Chou (2013). Esta escala avalia a abertura da inovação através de duas dimensões, a aquisição de tecnologia externa e a exploração de tecnologia externa. O autor faz uso de publicações semanais para elaborar esta escala (CHESBROUGH, 2003; CHESBROUGH; CROWTHER, 2006; LICHTENTHALER,

2008; LICHTENTHALER, 2009). A escala original e sua tradução são apresentadas no Quadro 7.

Quadro 7 Escala IA

<b>Escala Original</b>	<b>Escala Traduzida</b>
<p><b>External technology acquisition</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. We often acquire technological knowledge from outside for our use.</li> <li>2. We regularly search for external ideas that may create value for us.</li> <li>3. We have a sound system to search for and acquire external technology and intellectual property.</li> <li>4. We proactively reach out to external parties for better technological knowledge or products.</li> <li>5. We tend to build greater ties with external parties and rely on their innovation.</li> </ol>	<p><b>Aquisição de tecnologia externa</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Frequentemente adquirimos conhecimento tecnológico externo para nosso uso.</li> <li>2. Buscamos regularmente ideias externas que possam criar valor para nós.</li> <li>3. Contamos com um sistema de som para busca e aquisição de tecnologia externa e propriedade intelectual.</li> <li>4. Alcançamos proativamente partes externas para obter melhores conhecimentos tecnológicos ou produtos.</li> <li>5. Temos a tendência de construir maiores laços com partes externas e confiar em sua inovação.</li> </ol>
<p><b>External technology exploitation</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. We are proactive in managing outward knowledge flow.</li> <li>2. We make it a formal practice to sell technological knowledge and intellectual property in the market.</li> <li>3. We have a dedicated unit (i.e., gatekeepers, promoters) to commercialize knowledge assets (e.g., selling, cross-licensing patents, or spin-off).</li> <li>4. We welcome others to purchase and use our technological knowledge or intellectual property.</li> <li>5. We seldom co-exploit technology with external organizations.</li> </ol>	<p><b>Exploração de tecnologia externa</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Somos proativos na gestão do fluxo de <b>conhecimento externo</b>.</li> <li>2. Temos como prática formal a comercialização de <b>conhecimento</b> tecnológico e propriedade intelectual no mercado.</li> <li>3. Temos uma unidade dedicada (ou seja, porteiros, promotores) para comercializar ativos de <b>conhecimento</b> (por exemplo, venda, licenciamento cruzado de patentes ou spin-off).</li> <li>4. Convidamos outras pessoas a adquirir e usar nosso <b>conhecimento</b> tecnológico ou propriedade intelectual</li> <li>5. Raramente exploramos a tecnologia em conjunto com organizações externas.</li> </ol>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Além disso, para mensurar o conhecimento das empresas em relação às tecnologias da Indústria 4.0 elaborou-se, com base na literatura, uma escala que compreende todas as principais tecnologias citadas na literatura. O Quadro 8 apresenta as questões elaboradas, bem como os autores que justificam sua inclusão nesta escala.

Quadro 8 Escala Tecnologias da I4.0

<b>Tecnologia</b>	<b>Pergunta</b>	<b>Autores</b>
<b>Big Data e Analytics</b>	A empresa possui conhecimento sobre a tecnologia de Big Data e suas aplicações a nível de indústria.	MEGAHED; JONES-FARMER, 2015; POSADA; et al., 2015; RÜBMANN et al., 2015; BABICEANU; SEKER, 2016; KANG et al., 2016; LU, 2017; SARI; GÜLEŞ; YIĞITOL, 2019; NOGALSKI; NIEWIADOMSKI, 2020; DELGADO et al., 2021

<b>Robótica Colaborativa</b>	A empresa possui conhecimento sobre as tecnologias de robótica colaborativa e suas aplicações a nível de indústria.	AWAIS; HENRICH, 2013; RÜBMANN et al., 2015; DALMARCO et al., 2019; SARI; GÜLEŞ; YİĞİTOL, 2019
<b>Simulação</b>	A empresa possui conhecimento sobre a tecnologia e ferramentas de simulação e suas aplicações a nível de indústria.	POSADA; et al., 2015; RÜBMANN et al., 2015; BABICEANU; SEKER, 2016; SARI; GÜLEŞ; YİĞİTOL, 2019
<b>Iot</b>	A empresa possui conhecimento sobre a tecnologia de Internet das Coisas e suas aplicações a nível de indústria.	PISCHING et al., 2015; RÜBMANN et al., 2015; WANG; TORNGREN; ONORI, 2015; BABICEANU; SEKER, 2016; GEORGAKOPOULOS et al., 2016; KANG et al., 2016; SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016; LU, 2017; THOBEN; WIESNER; WUEST, 2017; SARI; GÜLEŞ; YİĞİTOL, 2019; NOGALSKI; NIEWIADOMSKI, 2020; DELGADO et al., 2021
<b>CPS</b>	A empresa possui conhecimento sobre a tecnologia de Sistemas Ciber-físicos e suas aplicações a nível de indústria.	BAHETI; GILL, 2011; SZTIPANOVITS et al., 2013; LASI et al., 2014; LEE; BAGHERI; KAO, 2015; GEISBERGER; BROY, 2015 LEITÃO; COLOMBO; KARNOUSKOS, 2016; PISCHING et al., 2015; KANG et al., 2016; LU, 2017; SARI; GÜLEŞ; YİĞİTOL, 2019
<b>Cybersecurity</b>	A empresa possui conhecimento sobre tecnologias de Cibersegurança e suas aplicações a nível de indústria	RÜBMANN et al., 2015; BABICEANU; SEKER, 2016; WANG et al., 2016b; DALMARCO et al., 2019; SARI; GÜLEŞ; YİĞİTOL, 2019
<b>Cloud</b>	A empresa possui conhecimento sobre a tecnologia de computação em nuvem e suas aplicações a nível de indústria	RÜBMANN et al., 2015; WANG; TORNGREN; ONORI, 2015; BABICEANU; SEKER, 2016; SARI; GÜLEŞ; YİĞİTOL, 2019; DELGADO et al., 2021
<b>Manufatura Aditiva</b>	A empresa possui conhecimento sobre tecnologias de manufatura aditiva e suas aplicações a nível de indústria	RÜBMANN et al., 2015; WELLER; KLEER; PILLER, 2015; KANG et al., 2016; LAUREIJS, ET AL., 2016; OETTMEIER; HOFMANN, 2017; DALMARCO et al., 2019; HALEEM; JAVAID, 2019; SARI; GÜLEŞ; YİĞİTOL, 2019;
<b>Realidade Aumentada</b>	A empresa possui conhecimento sobre a tecnologia de realidade aumentada e suas aplicações a nível de indústria	PAELKE, 2014; POSADA; et al., 2015; RÜBMANN et al., 2015; DALMARCO et al., 2019; SARI; GÜLEŞ; YİĞİTOL, 2019;
<b>Sensores Inteligentes</b>	A empresa possui conhecimento sobre a tecnologia de sensores inteligentes e suas aplicações a nível de indústria	GEISBERGER; BROY, 2015; BABICEANU; SEKER, 2016; KANG et al., 2016;

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Por fim, para avaliar o desempenho da inovação de processos das empresas estudadas, foi utilizada uma escala desenvolvida por Rangus et al. (2015). Originalmente o autor apresenta uma escala que mensura a inovação de produtos e a inovação de processos, todavia, para a realização deste estudo, foi utilizado apenas o bloco destinado a mensurar a inovação de processos. A escala, e sua respectiva tradução, são apresentadas no Quadro 9.

Quadro 9 Escala Desempenho da Inovação de Processos

<b>Escala Original</b>	<b>Escala Traduzida</b>
In the last 3 years, our firm has performed worse/better than competitors in regard to the number of introduced changes in processes.	Nos últimos 3 anos, nossa empresa teve um desempenho melhor do que os concorrentes no que diz respeito ao número de mudanças introduzidas nos processos.
In the last 3 years, our firm has performed worse/better than competitors in regard to pioneering newly introduced processes (you've been one of the first to introduce new processes).	Nos últimos 3 anos, nossa empresa teve um desempenho melhor do que os concorrentes no que diz respeito ao pioneirismo em processos recém-introduzidos (você foi um dos primeiros a introduzir novos processos).
In the last 3 years, our firm has performed worse/better than competitors in regard to responding to new processes introduced by other companies in your field.	Nos últimos 3 anos, nossa empresa teve um desempenho melhor do que os concorrentes no que diz respeito a responder a novos processos introduzidos por outras empresas em seu campo.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

O instrumento de coleta desenvolvido, antes de sua aplicação, foi submetido a um pré-teste (BOURQUE; CLARK, 1992), que foi realizado por 2 pesquisadores do campo da ACAP; 2 pesquisadores do campo de inovação; 2 gestores de empresas do setor de manufatura. A coleta de dados ocorreu entre os meses de dezembro de 2021 a janeiro de 2022. Os questionários têm formato eletrônico e foram disponibilizados por meio de um link na internet.

### 3.2.1 População e Amostra

População é a soma de todos os elementos que compartilham algum conjunto comum de características e que compreende o universo para o problema de pesquisa (MALHOTRA, 2019). Para este estudo, definiu-se como universo da pesquisa as indústrias de manufatura de pequeno, médio e grande porte, atuantes no estado do Rio Grande do Sul.

A seleção das empresas que integraram a amostra utilizada foi feita a partir da classificação de indústrias do Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CENA), que define as seguintes segmentos industriais como indústria de manufatura: (i) fabricação de produtos alimentícios; (ii) fabricação de bebidas; (iii) fabricação de produtos do fumo; (iv) fabricação de produtos têxteis; (v) confecção de artigos do vestuário e acessórios; (vi) preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos para viagem e calçados; (vii) fabricação de produtos de madeira; (viii) fabricação de celulose, papel e produtos de papel; (ix) impressão e reprodução de gravações; (x) fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis ; (xi) fabricação de produtos químicos; (xii) fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos; (xiii) fabricação de produtos de borracha e de material plástico; (xiv) fabricação de produtos de minerais não-metálicos; (xv) metalurgia; (xvi) fabricação de

produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos; (xvii) fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos; (xviii) fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos; (xix) fabricação de máquinas e equipamentos; (xx) fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias; (xxi) fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores; (xxii) fabricação de móveis; (IBGE, 2022).

No Brasil, não existe uma forma única de definir o porte de uma empresa, sendo as classificações mais comuns realizadas com base no faturamento da empresa, ou então, com base no número de funcionários que a empresa possui. O Quadro 10 apresenta a classificação de porte das empresas com base nos critérios propostos pelo BNDES (Banco Nacional do Desenvolvimento), que utiliza a receita operacional bruta para a realização da classificação das empresas, e pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas), que classificam as empresas a partir do número de funcionários.

Quadro 10 Definição do porte das empresas no Brasil

Classificação	BNDES	IBGE/SEBRAE
	Receita operacional bruta	Número de funcionários
<b>Micro empresa</b>	≤ R\$ 360 mil	0 - 19
<b>Pequena empresa</b>	> R\$ 360 mil e ≤ R\$ 4,8 milhões	20 – 99
<b>Média empresa</b>	> R\$ 4,8 milhões e ≤ R\$ 300 milhões	100 - 499
<b>Grande empresa</b>	> R\$ 300 milhões	500 +

Fonte: BNDES (2020); SEBRAE (2013).

Diante da dificuldade de obter informações a respeito do faturamento das empresas, optou-se pela utilização da classificação do porte da empresa a partir do número de funcionários. Portanto, compõem a população deste estudo as indústrias de manufatura situadas no estado do Rio Grande do Sul que possuem mais de 20 funcionários, englobando na amostra empresas de pequeno, médio e grande porte. A decisão de utilizar empresas de manufatura em geral para compor a amostra é apoiada pelos estudos de Ali, Kan e Sarstedt (2016), Barrena-Martínez et al (2019), Flor; Cooper; Oltra (2018), Spithoven; Clarysse; Knockaert (2011), Cheng; Yang; Sheu (2016), Crescenzi; Gagliardi (2018), Cruz-Cázares, Bayona-Sáez e García-Marco (2013), Cruz-González et al. (2015), Denicolai, Ramirez e Tidd (2016) e Ferreras-Méndez, Fernández-Mesa e Alegre (2016) que utilizaram empresas de manufatura em geral em seus estudos, não fazendo distinções por tipo de produto e por porte da empresa. O número de empresas que se adequa aos requisitos da amostra é apresentado no Quadro 11. O quadro

completo, com a distribuição de empresas por cidade é apresentado no Apêndice 1.

Quadro 11 Número de Empresas Conforme o Número de Funcionários

Tamanho da empresa (Nº de Funcionários)	20 a 49	50 a 99	100 a 249	250 a 499	500 a 999	1000 ou Mais	Total
Número de Empresas	2841	1086	664	245	92	62	36178

Fonte: IBGE (2021)

O tamanho de amostra necessário para a realização deste estudo foi calculado através do software G\*Power 3.1 (FAUL et al., 2009). Para a realização do cálculo do tamanho amostral foram obedecidos os parâmetros estabelecidos por Cohen (1998) e Hair et al. (2014), que recomendam um poder ( $1 - \beta$  err prob) de 0,80 e mediana  $f^2 = 0,15$ . A partir destes parâmetros o software calculou uma amostra mínima de 85 empresas. A coleta de dados realizada resultou em respostas provenientes de 100 empresas, atendendo a amostra mínima calculada e possibilitando que as demais análises sejam realizadas.

### 3.2.2 Análise dos dados

A análise dos dados foi realizada a partir de análise descritiva da amostra e modelagem de equações estruturais (SEM). As análises estatísticas foram processadas por meio dos softwares estatísticos SmartPLS 3.0 e Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

As análises estatísticas descritiva foram realizadas com a finalidade de obter a caracterização da amostra utilizada nesta pesquisa, foi empregada a técnica de frequência absoluta e relativa. Os dados analisados foram o porte da empresa (número de funcionários), segmento de atuação e conhecimento das tecnologias da Indústria 4.0.

A fim de alcançar os objetivos propostos por esta pesquisa, aplicou-se a técnica estatística de Modelagem de Equações Estruturais - *Structural Equation Modeling* (SEM). A SEM Possibilita testar teorias que contêm diversas equações envolvendo relações de dependência inter-relacionadas entre as variáveis observadas e construtos latentes, assim como entre outros construtos latentes (HAIR et al., 2009). Segundo Chin (1998), um de seus benefícios é a flexibilidade que o pesquisador dispõe para avaliar a interação entre teoria e dados.

A escolha do método PLS-SEM se deu em função de a mesma (i) aceitar amostras pequenas e evitar problemas de tamanho de amostra; (ii) possuir suposições menos rigorosas

sobre a distribuição dos dados e termos de erro; (iii) possibilitar estimar modelos complexos com muitos indicadores e relações de modelo; e (iv) trabalhar com modelos de medição reflexivos e formativos (HAIR et al., 2009; HENSELER; RINGLE; SINKOVICS, 2009). O modelo SEM consiste no agrupamento das variáveis medidas que juntas formam o construto e o estrutural, que mostra, por meio de diagramas de caminhos, como os construtos estão relacionados entre si (HAIR et al. 2009). O diagrama de caminho é uma visualização gráfica que não serve apenas para a identificação de relações de causa e efeito entre variáveis dependentes e independente, mas também para verificar a validade e significância dos indicadores, e por consequência, a confiabilidade do construto (BREI; LIBERALI NETO, 2006; HAIR et al., 2009).

As variáveis independentes identificadas no modelo são também conhecidas como variáveis exógenas, as quais atuam apenas como um preditor ou causa para outros construtos no modelo (GEFEN; STRAUB; BOUDREAU, 2000). Referindo-se ao diagrama de caminhos, as variáveis exógenas tem apenas setas causais que saem deles e não são previstas por nenhum outro construto no modelo (GEFEN; STRAUB; BOUDREAU, 2000). As variáveis dependentes são nomeadas como variáveis endógenas, é o resultado de pelo menos uma relação causal. Em termos de diagrama de caminhos, há uma ou mais setas que levam à construção endógena (GEFEN; STRAUB; BOUDREAU, 2000).



## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados da pesquisa conforme os procedimentos descritos no método. A análise dos resultados foi dividida em quatro etapas distintas: na primeira etapa, são realizados os testes de confiabilidade da amostra. Posteriormente são apresentadas as análises descritivas referentes à amostra da pesquisa e ao nível de conhecimento das empresas em relação às tecnologias da Indústria 4.0. Por fim são apresentados os testes realizados na amostra para avaliar a viabilidade da execução de modelagem de equações estruturais, bem como os resultados obtidos com a modelagem de equações estruturais e a discussão dos referidos resultados.

### 4.1 CONFIABILIDADE DA AMOSTRA

Para verificar a confiabilidade da amostra, utilizou-se o cálculo do coeficiente de Alpha de Cronbach. O Alpha de Cronbach é um índice utilizado para medir a confiabilidade de uma escala, ou seja, avaliar a magnitude em que os itens de um instrumento estão correlacionados (CORTINA, 1993). De modo geral, o Alpha de Cronbach é a média das correlações entre os itens que fazem parte de um instrumento de coleta (STREINER, 2003).

O coeficiente Alpha de Cronbach é uma propriedade inerente do padrão de resposta da população estudada, não uma característica da escala por si só; desse modo, o valor de Alpha sofre mudanças de acordo com a população estudada (STREINER, 2003). O valor mínimo aceitável para o Alpha é 0,70 ( $\alpha > 0,7$ ) (NUNNALLY, 1978; NUNNALLY; BERNSTEIN, 1994; STREINER, 2003). O Quadro 12 apresenta o resultado do cálculo do Alpha de Cronbach da população estudada.

Quadro 12 Alfa de Cronbach

Alfa de Cronbach	Número de itens
0,896	37

Fonte: Dados da Pesquisa (2022)

A partir do cálculo do coeficiente Alpha de Cronbach da amostra que como este estudo, pode-se observar que a mesma apresenta confiabilidade estatística. Diante disso, as demais análises pertinentes a este estudo foram realizadas.

## 4.2 ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Nesta seção são apresentados os resultados das análises de estatística descritiva. Para tanto, esta seção é dividida em duas subseções. A primeira apresenta a caracterização da amostra considerando o porte da empresa e o segmento de mercado no qual a empresa atua. Já a segunda subseção apresenta a descrição do nível de conhecimento das empresas em relação às tecnologias da Indústria 4.0.

### 4.2.1 Caracterização da Amostra

Inicialmente foi realizada a caracterização da amostra quanto ao porte da empresa. O resultado pode ser visualizado no Quadro 13.

Quadro 13 Número de funcionários

		Frequência	Porcentual	Porcentagem válida	Porcentagem acumulativa
Número de funcionários	21 – 318	65	65,0	65,0	65,0
	319 – 616	10	10,0	10,0	75,0
	617 – 914	3	3,0	3,0	78,0
	915 – 1212	6	6,0	6,0	84,0
	1213 – 1510	4	4,0	4,0	88,0
	1511 – 1808	5	5,0	5,0	93,0
	1809 – 2106	3	3,0	3,0	96,0
	2107 – 2404	2	2,0	2,0	98,0
	2405 – 2702	1	1,0	1,0	99,0
	2703 +	1	1,0	1,0	100,0
Total	100	100,0	100,0		

Fonte: Dados da Pesquisa (2022)

A partir do Quadro 13, observa-se que a maior parte das empresas (65%) possui de 21 a 318 funcionários, outras 10% possuem 319 a 616 funcionários e os 25% de empresas restantes apresentam um número de funcionários entre 617 e mais de 2700 funcionários. Deste modo constata-se que a maior parte da amostra é composta por empresas de pequeno e médio porte, possuindo números de funcionários que variam de 20 a 499 funcionários.

Além disso, foi realizada a caracterização da amostra com base no setor no qual a empresa atua. O resultado é apresentado no Quadro 14.

Quadro 14 Setor

		Frequência	Porcentual	Porcentagem válida	Porcentagem acumulativa
Setor	Indústria Metalúrgica	25	25,0	25,0	25,0
	Indústria Mecânica	17	17,0	17,0	42,0
	Madeira e Mobiliário	12	12,0	12,0	54,0
	Papel e Gráfica	13	13,0	13,0	67,0
	Borracha, Fumo, Couros	8	8,0	8,0	75,0
	Indústria Têxtil	12	12,0	12,0	87,0
	Indústria Calçados	13	13,0	13,0	100,0
	Total	100	100,0	100,0	

Fonte: Dados da Pesquisa (2022)

A partir do Quadro 14, observa-se que a maior parte das empresas que compõem a amostra (25%) pertencem ao setor metalúrgico, outras 17% pertencem ao setor de indústria mecânica. Além disso, 12 % da amostra foi composta por empresas do setor de madeira e mobiliário, outros 12% são compostos por empresas do setor têxtil, 13% do setor de papel e gráficas. Outros 13 % integram o setor de calçadista e os 8% restantes fazem parte do setor de borracha, fumo e couros.

#### 4.2.2 Conhecimento das Tecnologias da Indústria 4.0

As empresas que compuseram a amostra apresentaram diferentes níveis de conhecimento em relação às tecnologias da indústria 4.0. O Quadro 15 apresenta o nível de conhecimento das empresas em relação às referidas tecnologias.

Quadro 15 Conhecimento Tecnologias da I4.0

		Frequência	Porcentagem
<b>Big Data e Analytics</b>	1	19	19%
	2	17	17%
	3	18	18%
	4	13	13%
	5	17	17%
	6	16	16%
	Total	100	100%
<b>Robótica Colaborativa</b>	1	8	8%
	2	20	20%
	3	23	23%
	4	23	23%

	5	15	15%
	6	10	10%
	7	1	1%
	Total	100	100%
<b>Simulação</b>	1	11	11%
	2	16	16%
	3	17	17%
	4	23	23%
	5	14	14%
	6	18	18%
	7	1	1%
	Total	100	100%
<b>IoT</b>	1	13	13%
	2	15	15%
	3	20	20%
	4	20	20%
	5	18	18%
	6	11	11%
	7	3	3%
	Total	100	100%
<b>CPS</b>	1	16	16%
	2	26	26%
	3	14	14%
	4	20	20%
	5	14	14%
	6	10	10%
	Total	100	100%
	<b>Cybersecurity</b>	1	10
2		16	16%
3		19	19%
4		21	21%
5		21	21%
6		12	12%
7		1	1%
Total		100	100%
<b>Cloud</b>	1	11	11%
	2	19	19%
	3	24	24%
	4	12	12%
	5	19	19%
	6	13	13%
	7	2	2%
	Total	100	100%
<b>Manufatura Aditiva</b>	1	14	14%
	2	14	14%
	3	26	26%
	4	15	15%
	5	15	15%
	6	14	14%
	7	2	2%
	Total	100	100%
<b>Realidade Aumentada</b>	1	14	14%
	2	17	17%
	3	25	25%
	4	19	19%
	5	16	16%
	6	8	8%
	7	1	1%

	Total	100	100%
<b>Sensores Inteligentes</b>	1	15	15%
	2	17	17%
	3	17	17%
	4	21	21%
	5	14	14%
	6	13	13%
	7	3	3%
	Total	100	100%

Fonte: Dados da Pesquisa (2022)

Avaliando-se o Quadro 15, pode-se observar que as empresas que integram a amostra apresentam diferentes níveis de conhecimento em relação às tecnologias da indústria 4.0. Observa-se que, no caso da tecnologia de Big Data e Analytics, 48% das empresas possuem um conhecimento moderado, enquanto 19% das empresas não apresentam nenhum conhecimento sobre esta tecnologia. Este nível de conhecimento ocorre de forma semelhante na tecnologia de Robótica Colaborativa, visto que 66% das empresas pesquisadas apresentam um conhecimento moderado sobre a referida tecnologia, enquanto 8% não possuem nenhum conhecimento sobre Robótica Colaborativa.

No que tange às tecnologias de simulação, 54% das empresas pesquisadas apresentaram um conhecimento moderado sobre esta tecnologia, enquanto 11% não apresentaram nenhum conhecimento e 1% apresentou conhecimento total sobre simulação. Uma disposição semelhante ocorre em relação a tecnologia de IoT, visto que 58% das empresas apresentam um conhecimento moderado, 13% não conhecem esta tecnologia e 3% possuem conhecimento total sobre IoT. No que diz respeito a tecnologia de CPS, observa-se que 56% das empresas apresentam pouco ou nenhum conhecimento sobre esta tecnologia, enquanto apenas 24% possuem algum conhecimento sobre CPS. Já no que tange a Cybersecurity, observa-se que 61% das empresas apresentam conhecimento moderado, todavia, 26% apresentam pouco ou nenhum conhecimento. Além disso, observa-se que 54% das empresas apresentam pouco ou nenhum conhecimento sobre Cloud, enquanto apenas 15% apresentam um conhecimento considerável sobre esta tecnologia.

As demais tecnologias da indústria 4.0 apresentam comportamentos semelhantes, visto que 54% das empresas possuem pouco ou nenhum conhecimento sobre Manufatura Aditiva enquanto apenas 16% das empresas possuem conhecimentos consideráveis sobre esta tecnologia. O mesmo ocorre em relação a tecnologia de Realidade Aumentada, visto que 56% das empresas apresentam pouco ou nenhum conhecimento sobre esta tecnologia. De modo semelhante, 49% das empresas apresentam pouco ou nenhum conhecimento sobre a tecnologia de Sensores Inteligentes, sendo que apenas 16% possui níveis de conhecimento consideráveis sobre esta tecnologia.

### 4.3 MODELO DE EQUAÇÕES ESTRUTURAIS

Nesta seção são apresentados os resultados e a discussão dos resultados da modelagem de equações estruturais. Para tanto, esta seção é dividida em duas subseções. A primeira apresenta a caracterização da amostra. Já a segunda subseção apresenta os resultados do modelo de equações estruturais, bem como a discussão dos mesmos.

#### 4.3.1 Avaliação do Modelo de Medição

Para que as hipóteses fossem testadas, buscou-se aumentar a robustez do modelo de medição estimado por meio de *partial least squares (PLS)* (CHIN, 1998; HENSELER; RINGLE; SINKOVICS, 2009). Dessa forma, inicialmente foram removidas do modelo os itens com cargas inferiores a 0,5 (HULLAND, 1999), dado que, tais itens podem polarizar as estimativas de parâmetros que ligam os construtos, sendo necessário revisar tais cargas (NUNNALLY, 1978). Diante disso, para aumentar a robustez do modelo, fez-se necessário remover tais itens do modelo. Os itens removidos e as respectivas cargas são apresentadas no Quadro 16.

Quadro 16 Itens Removidos

Item	Carga
CA10	0,323
IA4	0,409
IA5	0,362
IA7	0,473
I4.03	0,364

Fonte: Dados da Pesquisa (2022)

Posterior a isso, foi analisado o Alpha de Cronbach das variáveis latentes (VL). O Alpha de Cronbach avalia a confiabilidade dos itens que compõem uma escala, indicando até que ponto as variáveis estão positivamente relacionadas (NUNNALLY, 1978). Para a confiabilidade ser aceitável, o valor de Alpha de Cronbach deve ser superior a 0,7 ( $\alpha > 0,7$ ) (NUNNALLY, 1978; NUNNALLY; BERNSTEIN, 1994). Os valores de Alpha de Cronbach das VLs que compõem o modelo de medição são apresentados no Quadro 17.

Quadro 17 Alpha de Cronbach

Variável Latente	Alpha de Cronbach
Aquisição	0,718
Assimilação	0,838
Transformação	0,744
Exploração	0,714
Desempenho Inovador	0,844
Indústria 4.0	0,913
Inovação Aberta	0,854

Fonte: Dados da Pesquisa (2022)

A partir desta análise, pode-se observar que todas as variáveis latentes apresentaram valores de Alpha de Cronbach superiores a 0,7 ( $\alpha > 0,7$ ). Após a análise do Alpha de Cronbach, realizou-se a análise de *Composite Reliability* (CR) e de *Average Variance Extracted* (AVE). A avaliação de CR, é realizada utilizando-se o Rho Dhillon-Goldstein, o qual mensura a confiabilidade dos indicadores onde os valores estão entre 0 e 1, devendo ser superior a 0,7 (CR > 0,7) (FORNELL; LARCKER, 1981 (2); GEFEN; STRAUB; BOUDREAU, 2000; COLLIER, 2020). A AVE, por sua vez é calculada a partir da variação média extraída comparável à proporção da variação explicada na análise fatorial (valores entre 0 e 1), devendo ser superior a 0,5 (AVE > 0,5) (FORNELL; LARCKER, 1981 (1); FORNELL; LARCKER, 1981 (2); BAGOZZI; YI, 1988; COLLIER, 2020). Os resultados destas análises são apresentados no Quadro 18.

Quadro 18 CR e AVE

Variável Latente	<i>Composite Reliability</i> (CR)	<i>Average Variance Extracted</i> (AVE)
Aquisição	0,832	0,623
Assimilação	0,886	0,663
Transformação	0,850	0,658
Exploração	0,836	0,635
Desempenho Inovador	0,907	0,765
Indústria 4.0	0,929	0,596
Inovação Aberta	0,890	0,540

Fonte: Dados da Pesquisa (2022)

Analisando-se o Quadro 18, pode-se observar que o modelo de mensuração atendeu aos os requisitos de confiabilidade necessários para viabilizar a testagem das hipóteses, visto que os valores de CR de todas as VLS são superiores a 0,7 (CR > 0,7) (FORNELL; LARCKER, 1981

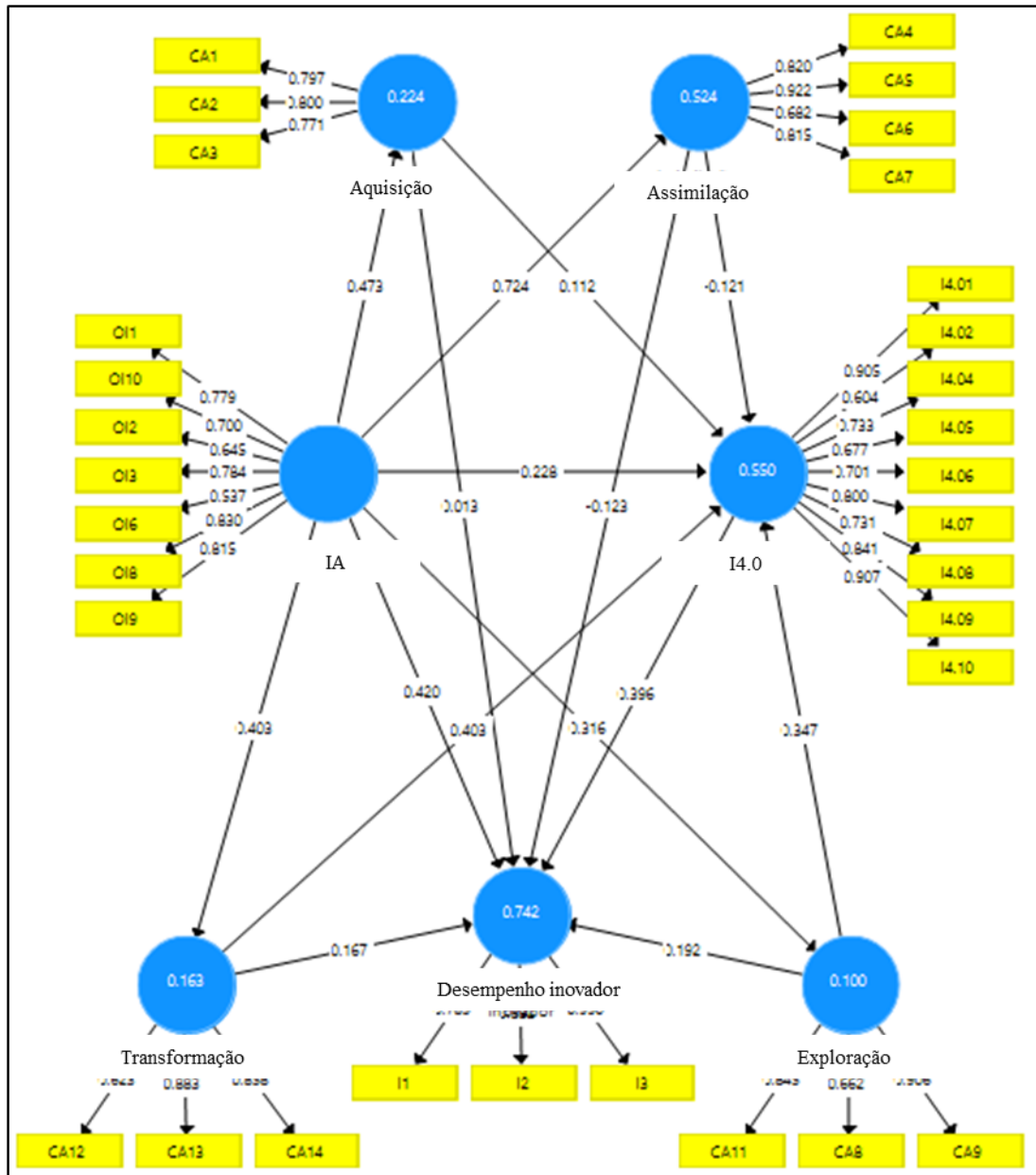
(2); GEFEN; STRAUB; BOUDREAU, 2000), bem como os respectivos valores de AVE são superiores a 0,5 ( $AVE > 0,5$ ) (FORNELL; LARCKER, 1981 (1); FORNELL; LARCKER, 1981 (2); BAGOZZI; YI, 1988).

#### **4.3.2 Teste de Hipóteses**

A avaliação do modelo foi realizada utilizando o software Smart-PLS (RINGLE; WENDE; WILL, 2005). Neste contexto, a força da relação entre os construtos e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) das variáveis latentes caracterizam-se como medidas importantes para a avaliação (CHIN, 1998). O modelo de medição avaliado no estudo é apresentado na Figura 10.



Figura 10 Modelo de Equações Estruturais



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Para avaliar a significância (valor-p) das relações entre as variáveis latentes utilizou-se a estimativa de *bootstrap* com base em 500 observações simuladas (CHIN, 2001). Os valor-p são apresentados no Quadro 19.

Quadro 19 Efeitos Diretos

Variáveis	Efeito Direto	Valor-p
Aquisição → Desempenho Inovador		0,166
Aquisição → Indústria 4.0		0,137
Assimilação → Desempenho Inovador		0,325
Assimilação → Indústria 4.0		0,351

Transformação → Desempenho Inovador		0,000
Transformação → Indústria 4.0		0,000
Exploração → Desempenho Inovador		0,005
Exploração → Indústria 4.0		0,000
Indústria 4.0 → Desempenho Inovador		0,002
Inovação Aberta → Aquisição		0,000
Inovação Aberta → Assimilação		0,000
Inovação Aberta → Transformação		0,000
Inovação Aberta → Exploração		0,000
Inovação Aberta → Indústria 4.0		0,008
Inovação Aberta → Desempenho Inovador		0,000

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

De acordo com a Quadro 19, observa-se que apenas uma parte dos efeitos diretos entre as VLs são significativas, visto que, somente alguns apresentam um valor-p inferior a 0,010, sendo significativos em um intervalo de confiança de 99%. Diante disso, as relações que apresentam valor-p superior ao estabelecido como aceitável (valor-p > 0,100) foram desconsideradas nesta análise, dado que tais relações não apresentaram resultados significativos.

Pode-se observar que, no que tange a hipótese 1, a mesma foi parcialmente validada, visto que, de acordo com os resultados do modelo, no contexto de inovação de processos produtivos, somente a RACAP impacta significativamente o desempenho inovador das empresas.

Este resultado vai ao encontro às colocações de Tsai (2001), Jiménez-Barrionuevo; García-Morales; Molina, (2011) e Najafi-Tavani et al. (2018), que destacam o papel da ACAP na inovação e o desempenho das empresas. Todavia, é importante destacar que, por se tratar de uma pesquisa realizada com gestores de produção, os resultados podem ter sido afetados pelo fato de os mesmo ocupam cargos que comumente estão mais relacionados a aplicação de conhecimento externo nos processos produtivos do que com a aquisição e assimilação do conhecimento externo a empresa.

Além disso, pode-se observar a existência de uma relação significativa entre a inovação aberta e o desempenho inovador das empresas, visto que esta relação apresenta um coeficiente estrutural de 0,420 e um valor-p de 0,000. Tal resultado possibilita validar a hipótese 2, visto vai ao encontro às colocações de autores que argumentam que a inovação aberta possibilita à empresa uma perspectiva mais ampla, permitindo o acesso a conhecimento distante, que pode possibilitar que a mesma melhore o desempenho da inovação de processos (ROBERTSON; CASALI; JACOBSON, 2012; SISODIYA; JOHNSON; GRÉGOIRE, 2013; KOKSHAGINA;

LE MASSON; BORIES, 2017). Deste modo, os resultados obtidos no modelo dão sustentação à ideia de que a abertura do processo de inovação pode fazer com que a empresa consiga ampliar seu desempenho inovador, inclusive no âmbito da inovação de processos, de modo a tornar-se mais competitiva.

No que tange à hipótese 3, observa-se que o nível de conhecimento em relação a indústria 4.0 afeta positivamente o desempenho inovador das empresas, visto que tal relação apresenta um coeficiente estrutural de 0,396 e um valor-p de 0,002. Este resultado vai de encontro às afirmações de Antonelli e Fassio (2015), que argumentam que o conhecimento adquirido é de crucial importância para a geração de novos conhecimentos tecnológicos. De modo geral, a validação desta hipótese sugere que empresas que estão mais abertas a adquirir conhecimento sobre a 4ª revolução industrial estão mais propensas a se adaptarem a esta nova realidade de forma mais eficiente.

Os resultados obtidos no modelo também possibilitam validar a hipótese 4, que afirma que a abertura da inovação amplia o conhecimento das empresas sobre as tecnologias da Indústria 4.0, visto que a VL referente a inovação aberta apresenta um coeficiente estrutural de 0,228 e um valor-p de 0,000, evidenciando que a abertura às fontes externas de conhecimento pode auxiliar as empresas a obter o conhecimento necessário para seus processos de inovação (CHESBROUGH, 2003; ALMIRALL; CASADESUS-MASANELL, 2010). A partir deste resultado, pode-se observar que a inovação aberta melhora o desempenho inovador no âmbito de processos produtivos, o que melhora o desempenho da empresa (ROBERTSON; CASALI; JACOBSON, 2012; SISODIYA; JOHNSON; GRÉGOIRE, 2013; KOKSHAGINA; LE MASSON; BORIES, 2017).

Além disso, outros efeitos diretos significativos foram observados no modelo de mensuração. De acordo com o modelo, a abertura da inovação afeta positivamente o desenvolvimento das dimensões da ACAP, visto que a mesma apresenta coeficientes estruturais de 0,473 sobre a dimensão de aquisição, 0,724 sobre a dimensão de assimilação, 0,316 sobre a dimensão de transformação e 0,403 sobre exploração, todas com valor-p de 0,000. Dessa forma, pode-se observar que a abertura do processo de inovação auxilia no desenvolvimento da ACAP, uma vez que a inovação aberta coloca ideias e caminhos externos para o mercado no mesmo grau de importância que era atribuído às ideias e caminhos internos (BIRKINSHAW; BOUQUET; BARSOUX, 2011), possibilitando a empresa ir além das perspectivas tradicionais de inovação (CHESBROUGH, 2003b; BIRKINSHAW; BOUQUET; BARSOUX, 2011; SISODIYA; JOHNSON; GRÉGOIRE, 2013), possibilitando que ideias valiosas possam vir de dentro ou de fora da empresa (CHESBROUGH, 2003b; DITTRICH; DUYSTERS, 2007;

SISODIYA; JOHNSON; GRÉGOIRE, 2013), de modo a possibilitar que a empresa beneficie-se de ideias que de origem externa (CHESBROUGH, 2003).

Após a avaliação dos efeitos diretos existentes no modelo, foram avaliados os efeitos indiretos existentes entre as variáveis latentes. O Quadro 20 apresenta os coeficientes estruturais de tais efeitos e suas respectivas significâncias (valor-p).

Quadro 20 Efeitos Indiretos

Variáveis	Efeito Direto	Valor-p
Inovação Aberta → Aquisição → Desempenho Inovador	0,006	0,875
Inovação Aberta → Assimilação → Desempenho Inovador	-0,089	0,339
Inovação Aberta → Transformação → Desempenho Inovador	0,061	0,013
Inovação Aberta → Exploração → Desempenho Inovador	0,067	0,056
Aquisição → Indústria 4.0 → Desempenho Inovador	0,044	0,125
Assimilação → Indústria 4.0 → Desempenho Inovador	-0,048	0,357
Transformação → Indústria 4.0 → Desempenho Inovador	0,137	0,000
Exploração → Indústria 4.0 → Desempenho Inovador	0,160	0,000
Inovação Aberta → Aquisição → Indústria 4.0 → Desempenho Inovador	0,021	0,146
Inovação Aberta → Assimilação → Indústria 4.0 → Desempenho Inovador	-0,035	0,352
Inovação Aberta → Transformação → Indústria 4.0 → Desempenho Inovador	0,043	0,005
Inovação Aberta → Exploração → Indústria 4.0 → Desempenho Inovador	0,064	0,002
Inovação Aberta → Indústria 4.0 → Desempenho Inovador	0,090	0,109
Inovação Aberta → Aquisição → Indústria 4.0	0,053	0,148
Inovação Aberta → Assimilação → Indústria 4.0	-0,088	0,354
Inovação Aberta → Transformação → Indústria 4.0	0,110	0,000
Inovação Aberta → Exploração → Indústria 4.0	0,162	0,001

Fonte: Dados da Pesquisa, 2020

Avaliando-se os efeitos indiretos do modelo, pode-se constatar que a dimensão transformação medeia o impacto da inovação aberta sobre o desempenho inovador, visto que essa relação apresenta um coeficiente estrutural de 0,061 e um valor-p de 0,013. Este resultado indica que a dimensão transformação desempenha um papel importante no processo de inovação das empresas. Novamente, este resultado pode ser afetado pela característica da amostra, a qual é composta por gestores de produção que tendem a não realizar funções de busca de conhecimento externo, estando mais direcionados à implementação de novos conhecimentos.

Por fim, a análise dos efeitos indiretos demonstrou que as dimensões de transformação e exploração afetam a relação entre o conhecimento referente a indústria 4.0 e o desempenho da inovação de processos, visto que apresentam coeficientes estruturais de 0,137 e 0,160

respectivamente, ambos com valor-p de 0,000. Deste modo, observa-se que, no âmbito da inovação de processos voltados à adequação das indústrias ao modelo de indústria 4.0, a RACAP desempenha um papel importante na incorporação das tecnologias aos processos produtivos da empresa.

Ainda se evidenciou que as dimensões de transformação e exploração medeiam a relação entre a conhecimento referente a Indústria 4.0 e a inovação aberta, apresentando respectivamente coeficientes estruturais de 0,110 e 0,162 com valor-p de 0,000 e 0,001 respectivamente, e inclusive afetando a implementação destes conhecimentos na inovação de processos, uma vez que esta relação apresenta coeficientes estruturais de 0,043 e 0,064 com valor-p de 0,005 e 0,002 respectivamente. Diante disso, o modelo demonstra que apenas a RACAP medeia a relação entre a abertura da inovação e conhecimento das empresas sobre as tecnologias da Indústria 4.0, dessa forma validando a hipótese 6 e por consequência a hipótese 6a e a hipótese 6b e ao mesmo tempo invalidando a hipótese 5, bem como a hipótese 5<sup>a</sup> e a hipótese 5b que tratam da relação de mediação da PACAP e suas respectivas dimensões na abertura da inovação e conhecimento das empresas sobre as tecnologias da Indústria 4.0, visto que, de acordo com a análise do valor-p, as mesmas não apresentam significância. Estes resultados vão de encontro aos resultados obtidos por Xie, Wang e Zeng (2018), que destacam o papel mediador da RACAP na relação entre a aquisição de conhecimento interorganizacional e a inovação das empresas e reforçando os achados de Kim, Kim e Foss (2016), que argumentam que, cada tipo de inovação requer PACAP e RACAP, em propriedades e proporções diferentes, uma vez que o estudo evidenciou que a RACAP apresenta maior impacto sobre as inovação de processo, enquanto os resultados de PACAP não foram significativos.

## 5 CONCLUSÕES

Existem várias contribuições relacionadas a relação entre a abertura do processo de inovação e a capacidade absorptiva na literatura acadêmica. Estas pesquisas na área têm avançado na compreensão da relação existente entre estes conceitos. No entanto, as contribuições existentes na literatura ainda não foram capazes de chegar a um consenso no que diz respeito ao papel da capacidade absorptiva no desenvolvimento de inovações através da abertura do processo de inovação, uma vez que, ainda não foram capazes de compreender como cada uma das dimensões da capacidade absorptiva se relaciona com a inovação aberta.

Existem pesquisas que apontam que apenas a capacidade absorptiva potencial afeta a inovação aberta, enquanto outros estudos evidenciam que apenas a capacidade absorptiva realizada está relacionada à abertura da inovação. Para preencher esta lacuna, primeiramente uma revisão de literatura foi realizada, buscando-se compreender melhor esta relação. Diante da importância de as empresas inovarem para manterem-se mais competitivas e da transição das indústrias para o modelo de Indústria 4.0, este estudo buscou avaliar tal relação em um contexto de inovação de processos voltado a adequação das indústrias ao modelo de Indústria 4.0 no âmbito das indústrias de manufatura do localizadas no Rio Grande do Sul.

Como resultados da pesquisa de campo, inicialmente, constatou-se que todas as empresas que como a amostra possuem algum conhecimento das tecnologias que compõem a indústria 4.0. Cabe destacar que se constatou diferentes níveis de conhecimentos destas tecnologias. Mas conforme evidenciado pela pesquisa, a maior parte das empresas apresenta um conhecimento mediano sobre as tecnologias que compõem a indústria 4.0. Além disso, observou-se que as empresas estudadas apresentam um determinado grau abertura em seu processo de inovação, e que, no âmbito da inovação de processos produtivos, tais empresas fazem uso de conhecimento obtido externamente para otimizar seus processos produtivos e tornarem-se mais competitivas.

Tomando por base os resultados obtidos através da modelagem de equações estruturais, conclui-se que, no âmbito da adequação ao modelo de indústria 4.0, a abertura do processo de inovação das empresas possibilita que as acumulem mais conhecimento referente a mesma, o que por sua vez, faz com que a empresa apresente um melhor desempenho inovador no âmbito dos processos produtivos. Além disso, os resultados obtidos sugerem que apenas as dimensões da capacidade absorptiva que compõem a capacidade absorptiva realizada (transformação e exploração) medeiam a relação entre a abertura da inovação e o grau de conhecimento sobre a indústria 4.0. Da mesma forma, os resultados sugerem que somente estas dimensões afetem o

desempenho inovador das empresas no contexto da inovação de processos produtivos. Não foi possível encontrar relações de mediação envolvendo a capacidade absorptiva potencial.

### **5.1 LIMITAÇÕES E SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS**

Como limitações do estudo, em se tratando da revisão de literatura, a seleção de quatro bases de dados e a exclusão de artigos teóricos ou publicados em eventos pode ter restringido o número de estudos relevantes para o assunto. Desse modo, surgem oportunidades para a realização de futuras pesquisas que se proponham realizar revisões sistemáticas de literatura, a fim de compreender melhor esta relação. Além disso, estudos futuros poderiam relacionar os achados com outros setores além das empresas de manufatura, por exemplo, empresas prestadoras de serviços.

Além disso, cabe destacar que devido a este estudo ter utilizado uma amostra abrangente, considerando empresas de manufatura em geral desde pequeno porte até grande porte, existe uma ampla margem que se estende para pesquisa com esse enfoque em setores específicos, por exemplo, indústria metalúrgico, indústria mecânico, indústria moveleira, entre outros bem como utilizando amostras compostas por empresas de um mesmo porte.

## 6 REFERÊNCIAS

- ABERNATHY, W. J.; UTTERBACK, J. M. Patterns of industrial innovation. **Technology review**, v. 80, n. 7, p. 1–9, 1978.
- AHN, J. M.; et al. Beyond absorptive capacity in open innovation process: the relationships between openness, capacities and firm performance. **Technology Analysis & Strategic Management**, p. 1–20, 2016.
- ALDIERI, L.; SENA, V.; VINCI, C. P. Domestic R&D spillovers and absorptive capacity: Some evidence for US, Europe and Japan. **International Journal of Production Economics**, v. 198, p. 38–49, 2018.
- ALI, M.; KAN, K. A. S.; SARSTEDT, M. Direct and configurational paths of absorptive capacity and organizational innovation to successful organizational performance. **Journal of Business Research**, v. 69, p. 5317–5323, 2016.
- ALIASGHAR, O.; ROSE, E. L.; CHETTY, S. Building absorptive capacity through firm openness in the context of a less-open country. **Industrial Marketing Management**, v. 83, p. 81–93, 2019a.
- ALIASGHAR, O.; ROSE, E. L.; CHETTY, S. Where to search for process innovations? The mediating role of absorptive capacity and its impact on process innovation. **Industrial Marketing Management**, v. 82, p. 199–212, 2019b.
- ANTONELLI, C.; FASSIO, C. The role of external knowledge(s) in the introduction of product and process innovations. **P&D Management**, 2015.
- APRILIYANTIA, I. D.; ALON, I. Bibliometric analysis of absorptive capacity. **International Business Review**, v. 26, p. 896–907, 2017.
- AWAIS, M.; HENRICH, D. **Human-Robot Interaction in an Unknown Human Intention scenario**. 11th International Conference on Frontiers of Information Technology, 2013.
- BABICEANUA, R. F.; SEKARB, R. Big Data and virtualization for manufacturing cyber-physical systems: A survey of the current status and future outlook. **Computers in Industry**, v. 81, p. 128–137, 2016.
- BAHETI, R.; GILL, H. Cyber-physical systems. **The impact of control technology**, v. 12, n. 1, p. 161–166, 2011.
- BIGONESS, W. J.; PERREAULT, W. D. A Conceptual Paradigm and Approach for the Study of Innovators. **The Academy of Management Journal**, v.24, n. 1, p. 68–82, 1981.
- BIRKINSHAW, J.; BOUQUET, C.; BARSOUX, J. L. The 5 Myths of Innovation. **MIT Sloan Management Review**, p. 1–8, 2011.
- BRETTEL, M. et al. How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. **International Journal of Information and Communication Engineering**, v. 8, n. 1, p. 47–62, 2014.
- CALANTONE, R. J.; CAVUSGIL, T.; ZHAO, Y. Learning orientation, firm innovation



capability, and firm performance. **Industrial Marketing Management**, v. 31, p. 515–524, 2002.

CAMISÓN, C.; FORÉS, B. Knowledge absorptive capacity: New insights for its conceptualization and measurement. **Journal of Business Research**, v. 63, p. 707–715, 2010.

CEPEDA-CARRION, G.; CEGARRA-NAVARRO, J. G.; JIMENEZ-JIMENEZ, D. The Effect of Absorptive Capacity on Innovativeness: Context and Information Systems Capability as Catalysts. **British Journal of Management**, v. 23, p. 110–129, 2012.

CHEN, Y.; LIN, M. J.; CHANG, C. The positive effects of relationship learning and absorptive capacity on innovation performance and competitive advantage in industrial markets. **Industrial Marketing Management**, v. 38, p. 152–158, 2009.

CHESBROUGH, H. W. A Better Way to Innovate. **Harvard Business Review**, v. 81, issue. 7, p. 12, 2003b.

CHESBROUGH, H. W. **Open innovation: the new imperative for creating and profiting from technology**. Harvard business school press, Boston, Massachusetts, 2003.

CHESBROUGH, H. W.; CROWTHER, A. K. Beyond high tech: early adopters of open innovation in other industries. **R&D Management**, v. 36, n. 3, p. 229–236, 2006.

CHESBROUGH, H. W.; GARMAN, A. R. How Open Innovation Can Help You Cope in Lean Times. **Harvard Business Review**, p. 1–9, 2009.

CLAUSEN, T. H. External knowledge sourcing from innovation cooperation and the role of absorptive capacity: empirical evidence from Norway and Sweden. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 25, issue 1, p. 57–70, 2013.

COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. **Administrative Science Quarterly**, v. 35, n. 1, p. 128–152, 1990.

COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Fortune Favors the Prepared Firm. **Management Science**, v. 40, n. 2, p. 227–251, 1994.

COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Innovation and learning: two faces of R&D. **The Economic Journal**, v. 99, p. 569–596, 1989.

CRESCENZI, R.; GAGLIARDI, L. The innovative performance of firms in heterogeneous environments: The interplay between external knowledge and internal absorptive capacities. **Research Policy**, v. 47, p. 782–795, 2018.

CRUZ-CÁZARES, C.; BAYONA-SÁEZ, C.; GARCÍA-MARCO, T. Make, buy or both? R&D strategy selection. **Journal of Engineering and Technology Management**, v. 30, p. 227–245, 2013.

CRUZ-GONZÁLEZ, J. et al. Open search strategies and firm performance: The different moderating role of technological environmental dynamism. **Technovation**, v. 35, p. 32–45, 2015.

DALENOGARE, L. S. et al. The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. **International Journal of Production Economics**, v. 204, p. 383–

394, 2018.

DALMARCO, G. et al. Providing industry 4.0 technologies: The case of a production technology cluster. **Journal of High Technology Management Research**, v. 30, issue 2, 100355, 2019.

DAMANPOUR, F. Organizational innovation: a meta-analysis of effects of determinants and moderators. **Academy of Management Journal**, v. 34, n. 3, p. 555–590, 1991.

DAMANPOUR, F.; GOPALAKRISHNAN, S. The dynamics of the adoption of product and process innovations in organizations. **Journal of Management Studies**, v. 38, issue 1, p. 45–65, 2001.

DELGADO, J. A. S. et al. Indústria 4.0: transformação digital e inovação de modelos de negócio na indústria de máquinas e equipamentos. **Núcleo de Engenharia Organizacional**, 2021.

DENICOLAI, S.; RAMIREZ, M.; TIDD, J. Overcoming the false dichotomy between internal R&D and external knowledge acquisition: Absorptive capacity dynamics over time. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 104, p. 57–65, 2016.

DITTRICH, K.; DUYSTERS, G. Networking as a means to strategy change: the case of open innovation in mobile telephony. **Journal of Product Innovation Management**, v. 24, p. 510–521, 2007.

DOLOREUX, D.; TURKINA, E.; VAN ASSCHE, A. Innovation type and external knowledge search strategies in KIBS: evidence from Canada. **Service Business**, 2018.

DRATH, R.; HORCH, A. Industrie 4.0: Hit or Hype?. **IEEE industrial electronics magazine**, p. 56–58, 2014.

DUAN, Y.; WANG, W.; ZHOU, W. The multiple mediation effect of absorptive capacity on the organizational slack and innovation performance of high-tech manufacturing firms: Evidence from Chinese firms. **International Journal of Production Economics**, v. 229, 107754, 2020.

EDQUIST, C.; HOMMEN, L.; MCKELVEY, M. **Innovation and employment: process versus product innovation**. Edward Elgar Publishing Limited, Cheltenham, 2001.

ESCRIBANO, A.; FOSFURI, A.; TRIBÓ, J. A. Managing external knowledge flows: The moderating role of absorptive capacity. **Research Policy**, v. 38, p. 96–105, 2009.

ETTLIE, J. E.; REZA, E. M. Organizational integration and process innovation. **Academy of Management Journal**, v. 35, n. 4, p. 795–827, 1992.

FABRIZIO, K. R. Absorptive capacity and the search for innovation. **Research Policy**, v. 38, p. 255–267, 2009.

FAEMS, D. et al. Technology Alliance Portfolios and Financial Performance: Value-Enhancing and Cost-Increasing Effects of Open Innovation. **Journal of Product Innovation Management**, v. 27, p. 785–796, 2010.

FERRERAS-MÉNDEZ, J. L. et al. Depth and breadth of external knowledge search and

- performance: The mediating role of absorptive capacity. **Industrial Marketing Management**, v. 47, p. 86–97, 2015.
- FERRERAS-MÉNDEZ, J. L.; FERNÁNDEZ-MESA, A.; ALEGRE, J. The relationship between knowledge search strategies and absorptive capacity: A deeper look. **Industrial Marketing Management**, v. 54, p. 48–61, 2016.
- FLATTEN, T. C. et al. A measure of absorptive capacity: Scale development and validation. **European Management Journal**, v. 29, p. 98–116, 2011.
- FLOR, M. L.; COOPER, S. Y.; OLTRA, M. J. External knowledge search, absorptive capacity and radical innovation in high-technology firms. **European Management Journal**, v. 36, p. 183–194, 2018.
- FRANK, A. G.; DALENOGARE, L. S.; AYALA, N. F. Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. **International Journal of Production Economics**, v. 210, p. 15–26, 2019.
- GEISBERGER, E.; BROY, M. Living in a networked world: Integrated research agenda Cyber-Physical Systems (agenda CPS). **National Academy of Science and Engineering**, 2015.
- GEORGAKOPOULOS, D. et al. Internet of Things and Edge Cloud Computing Roadmap for Manufacturing. **IEEE Cloud Computing**, p. 66–73, 2016.
- GHASSIM, B.; FOSS, L. Understanding the micro-foundations of internal capabilities for open innovation in the minerals industry: a holistic sustainability perspective. **Resources Policy**, 101271, 2018.
- GHOBAKHLOO, M. The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 29, N. 6, p. 910–936, 2018.
- GÖLZER, P.; FRITZSCHE, A. Data-driven operations management: organisational implications of the digital transformation in industrial practice. **Production Planning & Control**, v. 28, n. 16, p. 1332–1343, 2017.
- GOPALAKRISHNAN, S.; BIERLY, P.; KESSLER, E. H. A reexamination of product and process innovations using a knowledge-based view. **The Journal of High Technology Management Research**, v. 10, n. 1, p. 147–166, 1999.
- GÓRKA, K.; GRZEGANEK-WIĘCEK, B.; SZOPA, R. Prorozwojowa koncepcja przedsiębiorstwa działającego w erze wiedzy i informacji, oparta na czwartej rewolucji przemysłowej. **Współczesna ekonomia a rozwój zrównoważony**, v. 491, p. 172–180, 2017.
- HALEEM, A.; JAVAID, M. Additive Manufacturing Applications in Industry 4.0: A Review. **Journal of Industrial Integration and Management**, v. 4, n. 4, 1930001, 2019.
- HARMANCIOGLU, N. Portfolio of controls in outsourcing relationships for global new product development. **Industrial Marketing Management**, v. 38, p. 394–403, 2009.
- HUIZINGH, E. K. R. E. Open innovation: State of the art and future perspectives.

**Technovation**, v. 31, p. 2–9, 2011.

HUNG, K.; CHOU, C. The impact of open innovation on firm performance: The moderating effects of internal R&D and environmental turbulence. **Technovation**, v. 33, p. 368–308, 2013.

JAMES, S. D.; LEIBLEIN, M. J.; LU, S. How Firms Capture Value From Their Innovations. **Journal of Management**, v. 39, n. 5, p. 1123–1155, 2013.

JANSEN, J. P. J.; VAN DEN BOSCH, F. A. J.; VOLBERDA, H. W. Managing potential and realized absorptive capacity: how do organizational antecedents matter?. **Academy of Management Journal**, v. 48, n. 6, p. 999–1015, 2005.

JASIMUDDIN, S. M.; NAQSHBANDI, M. Knowledge infrastructure capability, absorptive capacity and inbound open innovation: evidence from SMEs in France. **Production Planning & Control**, v. 60, issue 10-12, p. 893–906, 2019.

JIMÉNEZ-BARRIONUEVO, M. M.; GARCIA-MORALES, V. J.; MOLINA, L. M. Validation of an instrument to measure absorptive capacity. **Technovation**, v. 31, p. 190–202, 2011.

KAGERMANN, H. Change Through Digitization—Value Creation in the Age of Industry 4.0. **National Academy of Science and Engineering**, 2014.

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

KANG, H. S. et al. Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions. **International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology**, v. 3, n. 1, p. 111–128, 2016.

KIM, B.; KIM, E.; FOSS, N. J. Balancing absorptive capacity and inbound open innovation for sustained innovative performance: An attention-based view. **European Management Journal**, v. 34, p. 80–90, 2016.

KNIGHT, K. E. A descriptive model of the intra-firm innovation process. **The Journal of Business**, v. 40, n. 4, p. 478–496, 1967.

KOKSHAGINA, O.; LE MASSON, P.; BORIES, F. Fast-connecting search practices: On the role of open innovation intermediary to accelerate the absorptive capacity. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 120, p. 232–239, 2017.

LANE, P. J.; KOKA, B. R.; PATHAK, S. The reification of absorptive capacity: a critical review and rejuvenation of the construct. **Academy of Management Review**, v. 31, n. 4, p. 833–863, 2006.

LANE, P. J.; LUBATKIN, M. Relative absorptive capacity and interorganizational learning. **Strategic Management Journal**, v. 19, p. 461–477, 1998.

LASI, H. et al. Industry 4.0. **Business & Information Systems Engineering**, v. 4, 239–242, 2014.

LAUREIJS, R. E. et al. Metal Additive Manufacturing: Cost Competitive Beyond Low

Volumes. **Journal of Manufacturing Science and Engineering**, 2016.

LAURSEN, K.; SALTER, A. Open for innovation: the role of openness in explaining innovation performance among U.K. manufacturing firms. **Strategic Management Journal**, v. 27, p. 131–150, 2005.

LEE, J.; BAGHERI, B.; KAO, H. Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. **Manufacturing Letters**, v. 3, p. 18–23, 2015.

LEE, R. P.; JOHNSON, J. L. Managing Multiple Facets of Risk in New Product Alliances. **Decision Sciences**, v. 41, n.2, p. 271–300, 2010.

LEE, Y.; et al. Why Do Experts Solve Complex Problems Using Open Innovation? Evidence from the U.S. Pharmaceutical Industry. **California Management Review**, v. 62, issue 1, p. 144–166, 2019.

LENOX, M.; KING, A. Prospects for developing absorptive capacity through internal information provision. **Strategic Management Journal**, v. 25, p. 331–345, 2004.

LEWANDOWSKA, M. S. Capturing Absorptive Capacity: Concepts, Determinants, Measurement Modes and Role in Open Innovation. **International Journal of Management and Economics**, v. 45, issue 1, p. 32–56, 2015.

LI, G.; HOU, Y.; WU, A. Fourth Industrial Revolution: Technological Drivers, Impacts and Coping Methods. **Chinese Geographical Science**, v. 27, n. 4, p. 626–637, 2017.

LICHTENTHALER, U. Integrated roadmaps for open innovation. **Research-Technology Management**, v. 51, n. 3, p. 45–49, 2008.

LICHTENTHALER, U.; LICHTENTHALER, E. A Capability-Based Framework for Open Innovation: Complementing Absorptive Capacity. **Journal of Management Studies**, v. 46, n. 8, p. 1315–1338, 2009.

LICHTENTHALER, U.; LICHTENTHALER, E. Technology Transfer across Organizational Boundaries: Absorptive Capacity and Desorptive Capacity. **California Management**, v. 53, issue 1, p. 154–170, 2010.

LINDER, C.; SPERBER, S. Towards a deeper understanding of the emergence of process innovations: Which role do inter-organisational learning and internal knowledge exploitation play?. **Journal of Engineering and Technology Management**, v. 53, p. 33–48, 2019.

LOPES, A. P. V. B. V.; CARVALHO, M. M. Evolution of the open innovation paradigm: Towards a contingent conceptual model. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 132, p. 284–298, 2018.

LU, Y. Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. **Journal of Industrial Information Integration**, v. 6, p. 1–10, 2017.

LUTHRA, S.; MANGLA, S. K. Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 117, p. 168–179, 2018.

MARTINI, A.; NEIROTTI, P.; APPIO, F. P. Knowledge Searching, Integrating and

Performing: Always a Tuned Trio for Innovation?. **Long Range Planning**, v. 50, issue 2, p. 200–220, 2017.

MATUSIK, S. F.; HEELEY, M. B. Absorptive Capacity in the Software Industry: Identifying Dimensions That Affect Knowledge and Knowledge Creation Activities. **Journal of Management**, v. 31, n. 4, p. 549–572, 2005.

MEGAHED, F. M.; JONES-FARMER, A. Statistical Perspectives on “Big Data”. **Frontiers in Statistical Quality Control**, v. 11, p. 29–46, 2015.

MILLER, K.; et al. Knowledge transfer in university quadruple helix ecosystems: an absorptive capacity perspective. **R&D Management**, v. 42, issue 6, p. 383–399, 2016.

MORETTI, F.; BIANCARDI, D. Inbound open innovation and firm performance. **Journal of Innovation & Knowledge**, v. 5, issue 1, p. 1–19, 2020.

MORTARA, L.; MINSHALL, T. How do large multinational companies implement open innovation?. **Technovation**, v. 31, p. 586–597, 2011.

MÜLLER, J. M.; BULIGA, O.; VOIGT, K. The role of absorptive capacity and innovation strategy in the design of industry 4.0 business Models-A comparison between SMEs and large enterprises. **European Management Journal**, v. 39, issue 3, p. 333–343, 2021.

MUROVEC, N.; PRODAN, I. Absorptive capacity, its determinants, and influence on innovation output: Cross-cultural validation of the structural model. **Technovation**, v. 29, p. 859–872, 2009.

MUSCIO, A. The impact of absorptive capacity on SMEs' collaboration. **Economics of Innovation and New Technology**, v. 16, n. 8, p. 653–668, 2007.

NAJAFI-TAVANI, S.; et al. How collaborative innovation networks affect new product performance: Product innovation capability, process innovation capability, and absorptive capacity. **Industrial Marketing Management**, v. 73, p. 193–205, 2018.

NIST - National Institute of Standard and Technology. **Smart Manufacturing Operations Planning and Control**. [http://www.nist.gov/el/msid/syseng/upload/FY2014\\_SMOPAC\\_](http://www.nist.gov/el/msid/syseng/upload/FY2014_SMOPAC_)

NOGALSKI, B.; NIEWIADOMSKI, P. Industry 4.0 desiderata as micro foundations in the assessment of companies' maturity – case study. **Management and Production Engineering Review**, v. 11, n. 4, p. 92–103, 2020.

NOGALSKI, B.; NIEWIADOMSKI, P.; SZPITTER, A. Przemysł czwartej generacji a strategiczne działania dostosowawcze polskich wytwórców sektora maszyn rolniczych. **Przegląd Organizacji**, p. 6–13, 2018.

OESTERREICH, T. D.; TEUTEBERG, F. Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction. **Computers in Industry**, v. 83, p. 121–139, 2013.

OETTMEIER, K.; HOFMANN, E. Additive manufacturing technology adoption: an empirical analysis of general and supply chain-related determinants. **Journal of Business Economics**, v. 87, n. 1, p. 97–124, 2017.

- OLLILA, S.; ELMQUIST, M. Managing Open Innovation: Exploring Challenges at the Interfaces of an Open Innovation Arena. **Creativity and Innovation Management**, v. 20, n. 4, p. 273–283, 2011.
- OSSES, N. et al. Uncertainty reduction in measuring and verification of energy savings by statistical learning in manufacturing environments. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing**, v. 10, p. 291–299, 2016.
- PAELKE, V. Augmented Reality in the Smart Factory: Supporting Workers in an Industry 4.0. Environment. **IEEE Emerging Technology and Factory Automation**, 2014.
- PATELI, A.; LIOUKAS, S. How functional involvement affects the transformation of external knowledge into innovation outcomes. **R&D Management**, 2017.
- PATTERSON, W.; AMBROSINI, V. Configuring absorptive capacity as a key process for research intensive firms. **Technovation**, v. 36, p. 77–89, 2015.
- PIENING, E. P.; SALGE, T. O. Understanding the Antecedents, Contingencies, and Performance Implications of Process Innovation: A Dynamic Capabilities Perspective. **Journal of Product Innovation Management**, v. 32, n. 1, p. 80–97, 2014.
- PIHLAJAMAA, M. et al. Can supplier innovations substitute for internal R&D? A multiple case study from an absorptive capacity perspective. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 23, p. 242–255, 2017.
- PISANO, G. P.; SHIH, W. C. Does America Really Need Manufacturing?. **Harvard Business Review**, 2012.
- PISCHING, M. A. et al. Service Composition in the Cloud-Based Manufacturing Focused on the Industry 4.0. **Doctoral Conference on Computing, Electrical and Industrial Systems**, 2015.
- PISCHING, M. A.; et al. Service Composition in the Cloud-Based Manufacturing Focused on the Industry 4.0. **Doctoral Conference on Computing, Electrical and Industrial Systems**, 2015.
- POPA, S.; SOTO-ACOSTA, P.; MARTINEZ-CONESA, I. Antecedents, moderators, and outcomes of innovation climate and open innovation: An empirical study in SMEs. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 118, p. 138–142, 2017.
- POSADA, J. et al. Visual Computing as a Key Enabling Technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet. **Visual Computing Challenges**, p. 26–40, 2015.
- ProgramPlan.pdf, 2015.
- RANGUS, K.; et al. The role of open innovation and absorptive capacity in innovation performance: Empirical evidence from Slovenia. **Journal of East European Management Studies**, v. 22, issue 1, p. 39–62, 2017.
- REICHSTEIN, T.; SALTER, A. Investigating the sources of process innovation among UK manufacturing firms. **Industrial and Corporate Change**, v. 15, n. 4, p. 653–682, 2006.
- REISCHAUER, G. Industry 4.0 as policy-driven discourse to institutionalize innovation

systems in manufacturing. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 132, p. 26–33, 2018.

ROBERTSON, P. L.; CASALI, G. L.; JACOBSON, D. Managing open incremental process innovation: Absorptive Capacity and distributed learning. **Research Policy**, v. 41, p. 822–832, 2012.

ROPER, S.; HEWITT-DUNDAS, N. Knowledge stocks, knowledge flows and innovation: Evidence from matched patents and innovation panel data. **Research Policy**, v. 44, p. 1327–1340, 2015.

ROSENBERG, N. **Inside the black box: technology and economics**. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.

RÜßMANN, M. et al. Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. **Boston Consulting Group**, p. 54–89, 2015.

SALDIVAR, A. A. F. et al. **Industry 4.0 with Cyber-Physical Integration: A Design and Manufacture Perspective**. 21st International Conference on Automation & Computing, University of Strathclyde, Glasgow, UK, 11-12 September, 2015.

SANDERS, A.; ELANGESWARAN, C.; WULFSBERG, J. Industry 4.0 Implies Lean Manufacturing: Research Activities in Industry 4.0 Function as Enablers for Lean Manufacturing. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 9, n. 3, p. 811–833, 2016.

SARI, T.; GÜLEŞ, H. K.; YIĞİTOL, B. The readiness of SMEs for Industry 4.0: A questionnaire survey. **Proceedings of 10th International Symposium on Intelligent Manufacturing and Service Systems**, p. 317–323, 2019.

SCHLECHTENDAHL, J. et al. Making existing production systems Industry 4.0-ready: Holistic approach to the integration of existing production systems in Industry 4.0 environments. **Production Engineering**, v. 9, n. 1, p. 143–148, 2015.

SCHNECKENBERG, D.; TRUONG, Y.; MAZLOOMI, H. Microfoundations of innovative capabilities: The leverage of collaborative technologies on organizational learning and knowledge management in a multinational corporation. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 100, p. 356–368, 2015.

SCHUH, G. et al. Industrie 4.0 Maturity Index: Managing the Digital Transformation of Companies. **National Academy of Science and Engineering**, 2017.

SEGÚÍ-MAS, E.; et al. Anàlisi bibliomètrica de la literatura internacional sobre innovació oberta i capacitat d'absorció. **Intangible Capital**, v. 12, issue 1, p. 51–72, 2016.

SHAFIQ, S. I. et al. Virtual Engineering Factory: Creating Experience Base for Industry 4.0. **Cybernetics and Systems**, v. 47, n. 1, issue 2, p. 32–47, 2016.

SISODIYA, S. R.; JOHNSON, J. L.; GRÉGOIRE, Y. Inbound open innovation for enhanced performance: Enablers and opportunities. **Industrial Marketing Management**, v. 42, issue 5, p. 836–849, 2013.



- SIVAM, A.; et al. Key settings for successful Open Innovation Arena. **Journal of Computational Design and Engineering**, 2019.
- SPITHOVEN, A.; CLARYSSE, B.; KNOCKAERT, M. Building absorptive capacity to organize inbound open innovation in traditional industries. **Technovation**, v. 31, p. 10–21, 2011.
- SUNG, T. K. Industry 4.0: A Korea perspective. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 132, p. 40–45, 2018.
- SZTIPANOVITS, J. et al. Strategic R&D opportunities for 21<sup>st</sup> cyber-physical systems. **Committee for Foundations in Innovation for Cyber-physical Systems**, 2013.
- TEECE, J. D.; PISANO, G.; SHUEN, A. Dynamic capabilities and strategic management. **Strategic Management Journal**, v. 18, n. 7, p. 509–533, 1997.
- TERJESEN, S.; PATEL, P. C. In Search of Process Innovations: The Role of Search Depth, Search Breadth, and the Industry Environment. **Journal of Management**, p. 1–26, 2015.
- THAMES, L.; SCHAEFER, D. Software-Defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0. **Procedia CIRP**, v. 52, p. 12–17, 2016.
- THOBEN, K.; WIESNER, S.; WUEST, T. “Industrie 4.0” and Smart Manufacturing – A Review of Research Issues and Application Examples. **International Journal of Automation Technology**, v. 11, n. 1, p. 1–16, 2017.
- TODOROVA, G.; DURISIN, B. Absorptive capacity: valuing a reconceptualization. **Academy of Management Review**, v. 32, n. 3, p. 774–786, 2007.
- TORTORIELLO, M.; KRACKHARDT, D. Activating cross-boundary knowledge: the role of simmelian ties in the generation of innovations. **Academy of Management Review**, v. 53, n. 1, p. 167–181, 2010.
- TSAI, W. Knowledge Transfer in Intraorganizational Networks: Effects of Network Position and Absorptive Capacity on Business Unit Innovation and Performance. **The Academy of Management Journal**, v. 44, n. 5, p. 996–1004, 2001.
- TU, Q.; et al. Absorptive capacity: Enhancing the assimilation of time-based manufacturing practices. **Journal of Operations Management**, v. 24, p. 629–710, 2006.
- UN, C. A.; ASAKAWA, K. Types of R&D Collaborations and Process Innovation: The Benefit of Collaborating Upstream in the Knowledge Chain. **Journal of Product Innovation Management**, v. 23, n. 1, p. 138–153, 2015.
- UTTERBACK, J. M.; ABERNATHY, W. J. A Dynamic Model of Process and Product Innovation. **The International Journal of ‘ience**, v. 3, n. 6, p. 639–656, 1975.
- VAN DEN BOSCH, F. A. J.; VOLBERDA, H. W.; DE BOER, M. Coevolution of Firm Absorptive Capacity and Knowledge Environment: Organizational Forms and Combinative Capabilities. **Organization Science**, v. 10, n. 5, p. 551–568, 1999.
- VEGA-JURADO, J.; GUTIÉRREZ-GRACIA, A.; FERNÁNDEZ-DE-LUCIO, I. Analyzing the determinants of firm’s absorptive capacity: beyond R&D. **R&D Management**, v. 34, n. 4,

p. 392–405, 2008.

VEILE, J. W. et al. Lessons learned from Industry 4.0 implementation in the German manufacturing industry. **Journal of Manufacturing Technology Management**, 2019.

VLAČIĆ, E. et al. Exploring the impact of the level of absorptive capacity in technology development firms. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 138, p. 166–177, 2019.

VOGEL-HEUSER, B.; JUMAR, U. Scientific fundamentals of Industry 4.0. **Automatisierungstechnik**, v. 67, n. 6, p. 502–503, 2019.

WAL, A. L. J. T.; CRISCUOLO, P.; SALTER, A. Making a marriage of materials: The role of gatekeepers and shepherds in the absorption of external knowledge and innovation performance. **Research Policy**, v. 46, p. 1039–1054, 2017.

WANG, C. L.; AHMED, P. K. Dynamic capabilities: A review and research agenda. **International Journal of Management Reviews**, v. 9, issue 1, p. 31–51, 2007.

WANG, L.; TÖRNGREN, M.; ONORI, M. Current status and advancement of cyber-physical systems in manufacturing. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 37, p. 517–527, 2015.

WANG, S. et al. Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, v. 2016, 3159805, 2016b.

WANG, S. et al. Towards Smart Factory for Industry 4.0: A Self-organized Multi-agent System with Big Data Based Feedback and Coordination. **Computer Networks**, 2016a.

WELLER, C.; KLEER, R.; PILLER, F. T. Economic implications of 3D printing: Market structure models in light of additive manufacturing revisited. **International Journal of Production Economics**, v. 164, p. 43–56, 2015.

WEST, J.; BOGERS, M. Open innovation: current status and research opportunities. **Innovation**, v. 19, issue 1, p. 46–950, 2017.

WINKELBACH, A.; WALTER, A. Complex technological knowledge and value creation in science-to-industry technology transfer projects: The moderating effect of absorptive capacity. **Industrial Marketing Management**, v. 47, p. 98–108, 2015.

XIA, T.; ROPER, S. Unpacking Open Innovation: Absorptive Capacity, Exploratory and Exploitative Openness, and the Growth of Entrepreneurial Biopharmaceutical Firms. **Journal of Small Business Management**, v. 54, issue 3, p. 931–952, 2016.

XIE, X.; WANG, L.; ZENG, S. Inter-organizational knowledge acquisition and firms' radical innovation: A moderated mediation analysis. **Journal of Business Research**, v. 90, p. 295–306, 2018.

XU, H. et al. A Survey on Industrial Internet of Things: A Cyber-Physical Systems Perspective. **IEEE Access**, v. 6, 2018.

XU, L. D. Industry 4.0—Frontiers of fourth industrial revolution. **Systems Research and Behavioral Science**, v. 37, issue 4, p. 531–534, 2020.

YU, C.; XU, X.; LU, Y. Computer-Integrated Manufacturing, Cyber-Physical Systems and Cloud Manufacturing – Concepts and relationships. **Manufacturing Letters**, v. 6, p. 5–9,

2015.

ZAHRA, S. A.; GEORGE, G. Absorptive capacity: a review, reconceptualization, and extension. **Academy of Management Review**, v. 27, n. 2, p. 185–203, 2002.

ŽEMAITIS, E. Knowledge management in open innovation paradigm context: high tech sector perspective. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 110, p. 164–173, 2014.

ZHANG, C. et al. Industry 4.0 and its Implementation: a Review. **Information Systems Frontiers**, 2021.

ZOBEL, A. Benefiting from Open Innovation: A Multidimensional Model of Absorptive Capacity. **Journal of Product Innovation Management**, v. 34, issue 3, p. 269–288, 2017.

ZYNGA, A.; et al. Making Open Innovation Stick: A Study of Open Innovation Implementation in 756 Global Organizations. **Research-Technology Management**, v. 61, issue 4, p. 16–25, 2018.



Barra do Quaraí	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	3
Barra do Ribeiro	1	17	6	1	4	1	0	0	0	0	30
Barra do Rio Azul	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Barra Funda	1	7	3	2	0	0	1	0	0	0	14
Barros Cassal	4	11	0	0	0	0	0	0	0	0	15
Benjamin Constant do Sul	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	3
Bento Goncalves	64	399	155	135	83	29	27	10	2	1	905
Boa Vista das Missoes	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Boa Vista do Burica	10	35	12	9	3	1	0	0	0	0	70
Boa Vista do Cadeado	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Boa Vista do Incra	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Boa Vista do Sul	3	4	4	1	0	2	1	0	0	0	15
Bom Jesus	1	12	8	1	1	2	0	0	0	0	25
Bom Principio	30	93	35	25	16	6	3	1	1	0	210
Bom Progresso	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	5
Bom Retiro do Sul	1	18	11	11	9	5	1	1	1	0	58
Boqueirao do Leao	1	13	1	0	0	0	0	0	0	0	15
Bossoroca	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Bozano	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Braga	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4
Brochier	1	15	7	5	1	0	0	0	0	0	29
Butia	1	10	7	4	2	0	1	0	0	0	25
Cacapava do Sul	4	29	9	9	5	2	2	2	0	0	62
Cacequi	0	5	1	1	0	0	0	0	0	0	7
Cachoeira do Sul	16	61	27	20	12	10	4	1	0	0	151
Cachoeirinha	30	206	88	75	66	39	13	2	0	0	519
Cacique Doble	0	6	3	0	0	0	0	0	0	0	9
Caibate	1	6	1	0	0	0	1	0	0	0	9
Caicara	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Camaqua	7	49	19	15	10	6	5	1	0	0	112
Camargo	0	6	4	2	1	1	0	0	0	0	14
Cambara do Sul	5	5	4	0	1	1	0	1	0	0	17
Campestre da Serra	1	4	2	0	0	1	0	0	0	0	8
Campina das Missoes	0	12	6	1	1	0	0	0	0	0	20
Campinas do Sul	2	11	4	5	0	0	0	0	0	0	22
Campo Bom	53	201	64	57	53	24	14	6	2	0	474
Campo Novo	0	4	3	0	2	1	0	0	0	0	10
Campos Borges	2	6	6	2	0	0	0	0	0	0	16

Candelaria	13	27	3	9	5	2	2	0	0	0	61
Candido Godoi	1	15	6	2	0	0	0	1	0	0	25
Candiota	2	6	3	2	4	3	2	2	0	0	24
Canela	17	65	24	18	8	3	3	0	0	0	138
Cangucu	10	34	6	4	3	0	0	0	0	0	57
Canoas	74	344	145	93	55	20	13	7	3	0	754
Canudos do Vale	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	5
Capao Bonito do Sul	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	4
Capao da Canoa	20	58	16	5	2	2	0	0	0	0	103
Capao do Cipo	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Capao do Leao	9	20	6	7	6	0	3	1	0	0	52
Capivari do Sul	1	10	2	0	4	0	0	0	0	0	17
Capela de Santana	2	16	5	6	3	1	2	0	0	0	35
Capitao	0	9	1	1	2	0	0	0	0	0	13
Carazinho	19	87	30	20	14	3	6	1	0	0	180
Caraa	3	11	3	5	6	2	1	0	0	0	31
Carlos Barbosa	15	87	40	31	13	1	2	5	1	1	196
Carlos Gomes	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Casca	5	36	9	12	5	0	1	1	0	0	69
Caseiros	2	8	2	2	0	0	0	0	0	0	14
Catuípe	2	7	3	2	0	0	0	0	0	0	14
Caxias do Sul	225	1276	559	399	228	115	66	13	9	7	2897
Centenario	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Cerrito	1	4	2	1	0	0	0	0	0	0	8
Cerro Branco	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Cerro Grande	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerro Grande do Sul	3	25	6	2	2	0	0	0	0	0	38
Cerro Largo	4	30	8	7	2	1	1	0	0	0	53
Chapada	3	26	8	1	3	1	2	0	0	0	44
Charqueadas	5	39	6	8	7	1	1	1	1	0	69
Charrua	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Chiapetta	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	5
Chui	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Chuisca	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	4
Cidreira	3	4	0	2	0	0	0	0	0	0	9
Ciriaco	0	6	3	1	2	0	0	0	0	0	12
Colinas	3	14	4	3	2	0	0	0	0	0	26
Colorado	0	5	0	0	1	0	0	0	0	0	6
Condor	8	15	3	7	1	2	1	0	0	0	37
Constantina	8	28	12	4	3	0	2	0	0	0	57
Coqueiro Baixo	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Coqueiros do Sul	0	4	0	1	1	0	0	0	0	0	6
Coronel Barros	0	7	2	1	1	0	0	0	0	0	11
Coronel Bicaco	2	9	0	2	0	0	0	0	0	0	13
Coronel Pilar	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	4
Cotipora	1	19	6	2	3	3	0	0	0	0	34

Coxilha	1	5	1	1	0	1	0	0	0	0	9
Crissiumal	5	25	10	3	2	1	2	0	0	0	48
Cristal	1	6	4	1	0	0	0	0	0	0	12
Cristal do Sul	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Cruz Alta	8	49	13	9	8	0	4	1	0	0	92
Cruzaltense	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Cruzeiro do Sul	13	34	15	8	7	6	2	0	0	0	85
David Canabarro	2	13	4	2	0	0	0	0	0	0	21
Derrubadas	0	4	1	1	0	0	0	0	0	0	6
Dezesseis de Novembro	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Dilermando de Aguiar	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Dois Irmaos	19	93	35	27	15	11	4	4	0	1	209
Dois Irmaos das Missoes	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Dois Lajeados	3	17	7	2	2	0	0	0	0	0	31
Dom Feliciano	2	6	4	0	0	0	0	0	0	0	12
Dom Pedro de Alcantara	0	4	2	2	0	0	0	0	0	0	8
Dom Pedrito	3	38	8	2	4	2	1	0	0	0	58
Dona Francisca	0	6	1	0	0	1	0	0	0	0	8
Doutor Mauricio Cardoso	2	7	1	0	0	0	0	0	0	0	10
Doutor Ricardo	0	3	6	0	4	0	0	0	0	0	13
Eldorado do Sul	7	24	10	13	12	4	0	2	0	0	72
Encantado	10	52	25	20	10	5	4	0	0	1	127
Encruzilhada do Sul	3	13	6	6	3	3	1	0	0	0	35
Engenho Velho	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Entre-Ijuis	3	9	3	1	0	0	0	0	0	0	16
Entre Rios do Sul	2	8	4	0	1	0	0	0	0	0	15
Erebango	0	4	4	1	0	0	0	0	0	0	9
Erechim	46	251	101	65	35	17	10	5	2	4	536
Ernestina	1	4	3	2	0	0	0	0	0	0	10
Herval	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3
Erval Grande	1	11	5	3	1	0	0	0	0	0	21
Erval Seco	2	15	4	1	0	0	0	0	0	0	22
Esmeralda	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	5
Esperanca do Sul	2	3	2	1	1	0	0	0	0	0	9
Espumoso	4	36	8	2	2	2	0	0	0	0	54
Estacao	2	18	6	2	1	1	2	0	0	0	32
Estancia Velha	35	160	60	48	29	14	6	0	0	0	352
Esteio	16	90	37	31	23	3	6	4	0	1	211
Estrela	22	101	42	35	25	4	5	3	0	0	237
Estrela Velha	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Eugenio de Castro	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Fagundes Varela	2	14	4	4	2	2	0	0	0	0	28

Farroupilha	42	234	105	60	43	21	10	6	1	1	523
Faxinal do Soturno	0	16	10	3	1	2	0	0	0	0	32
Faxinalzinho	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	5
Fazenda Vilanova	4	8	2	1	4	1	0	0	0	0	20
Feliz	10	43	24	24	10	2	2	1	0	0	116
Flores da Cunha	19	193	75	52	37	11	7	2	1	0	397
Floriano Peixoto	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4
Fontoura Xavier	0	11	4	1	1	1	1	0	0	0	19
Formigueiro	1	9	2	0	1	1	0	0	0	0	14
Forquetinha	0	6	2	2	0	1	0	0	0	0	11
Fortaleza dos Valos	1	7	1	0	0	0	0	0	0	0	9
Frederico Westphalen	24	78	29	20	11	3	1	2	0	0	168
Garibaldi	45	182	68	59	47	9	12	1	2	1	426
Garruchos	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2
Gaurama	4	8	6	3	2	0	1	0	0	0	24
General Camara	1	1	4	1	0	0	0	0	0	0	7
Gentil	2	5	2	1	0	0	0	0	0	0	10
Getulio Vargas	9	63	21	8	6	2	1	1	0	0	111
Girua	7	27	8	5	2	1	0	0	0	0	50
Glorinha	7	13	4	6	2	1	0	1	0	0	34
Gramado	20	111	37	22	14	5	5	1	0	0	215
Gramado dos Loureiros	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3
Gramado Xavier	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	4
Gravatá	55	318	120	79	55	22	21	7	4	4	685
Guabiju	0	6	1	2	0	0	0	0	0	0	9
Guaíba	14	64	19	21	11	8	5	0	2	0	144
Guapore	34	172	79	51	38	10	3	0	0	0	387
Guarani das Missoes	1	14	2	1	0	1	0	0	0	0	19
Harmonia	1	16	3	6	3	1	1	1	0	0	32
Herveiras	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Horizontina	5	47	11	13	11	1	0	0	0	1	89
Hulha Negra	1	1	1	1	2	0	0	0	0	1	7
Humaita	0	13	2	0	1	0	0	0	0	0	16
Ibarama	0	4	2	0	1	0	0	0	0	0	7
Ibiaca	1	12	2	1	1	0	0	0	0	0	17
Ibiraiaras	3	11	4	3	0	0	0	0	0	0	21
Ibirapuita	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Ibiruba	3	40	11	8	2	2	1	2	0	1	70
Igrejinha	34	128	42	31	32	8	4	3	3	0	285
Ijuí	26	113	52	37	17	6	8	0	1	0	260
Ilopolis	3	19	8	4	1	1	0	0	0	0	36
Imbe	4	27	5	0	3	0	0	0	0	0	39
Imigrante	0	15	5	2	3	0	2	1	0	0	28
Independência	1	9	2	1	2	0	1	0	0	0	16
Inhacora	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ipe	2	26	6	1	5	0	0	0	0	0	40



Ipiranga do Sul	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	6
Irai	1	9	3	0	0	0	0	0	0	0	13
Itaara	0	5	1	3	0	1	0	0	0	0	10
Itacurubi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Itapuca	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	5
Itaqui	3	27	4	7	5	1	1	2	0	0	50
Itati	0	6	2	1	0	0	0	0	0	0	9
Itatiba do Sul	1	7	1	0	0	0	0	0	0	0	9
Ivora	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Ivoti	12	56	28	13	12	6	4	3	0	0	134
Jaboticaba	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Jacuizinho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jacutinga	3	11	3	3	1	0	0	0	0	0	21
Jaguarao	2	13	1	2	1	0	0	0	0	0	19
Jaguari	0	19	4	4	2	0	0	0	0	0	29
Jaquirana	0	10	4	8	3	0	0	0	0	0	25
Jari	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Joia	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4
Julio de Castilhos	3	23	1	2	1	0	1	0	0	0	31
Lagoa Bonita do Sul	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Lagoao	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Lagoa dos Tres Cantos	2	4	4	0	0	0	0	0	0	0	10
Lagoa Vermelha	9	53	20	15	17	5	5	0	0	0	124
Lajeado	47	235	89	51	34	22	4	2	2	2	488
Lajeado do Bugre	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
Lavras do Sul	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	7
Liberato Salzano	1	4	4	0	0	1	0	0	0	0	10
Lindolfo Collor	3	16	7	12	3	2	1	0	0	1	45
Linha Nova	2	5	1	1	2	0	0	0	0	0	11
Machadinho	2	7	4	1	0	0	0	0	0	0	14
Macambara	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Mampituba	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	4
Manoel Viana	0	4	3	1	0	0	0	0	0	0	8
Maquine	2	11	8	2	2	0	0	0	0	0	25
Marata	0	9	1	0	0	0	1	0	0	0	11
Marau	19	120	45	31	18	4	1	5	2	1	246
Marcelino Ramos	4	10	4	0	2	0	0	0	0	0	20
Mariana Pimentel	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	4
Mariano Moro	0	4	1	1	0	0	0	0	0	0	6
Marques de Souza	6	14	6	3	0	0	0	0	0	0	29
Mata	1	7	2	1	1	0	0	0	0	0	12
Mato Castelhano	2	6	1	0	0	0	0	0	0	0	9
Mato Leitao	5	14	4	5	3	2	0	0	0	0	33
Mato Queimado	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	5

Maximiliano de Almeida	3	10	4	0	1	0	0	0	0	0	18
Minas do Leao	1	9	2	0	1	0	0	0	0	0	13
Miraguai	1	3	0	1	0	0	0	0	0	1	6
Montauri	4	7	2	0	2	0	0	0	0	0	15
Monte Alegre dos Campos	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
Monte Belo do Sul	3	8	1	1	0	1	0	0	0	0	14
Montenegro	17	72	32	28	14	7	4	4	2	1	181
Mormaco	3	5	1	1	0	0	0	0	0	0	10
Morrinhos do Sul	1	5	0	1	0	0	0	0	0	0	7
Morro Redondo	2	14	2	0	0	2	2	1	0	0	23
Morro Reuter	3	14	15	3	4	2	1	1	0	0	43
Mostardas	3	7	3	2	2	0	1	0	0	0	18
Mucum	6	14	6	6	4	1	1	1	0	0	39
Muitos Capoes	0	4	0	0	1	1	0	0	0	0	6
Muliterno	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	4
Nao-Me-Toque	7	36	16	9	8	1	1	2	1	1	82
Nicolau Vergueiro	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Nonoai	3	14	7	5	0	1	0	0	0	0	30
Nova Alvorada	17	8	3	4	1	0	0	0	0	0	33
Nova Araca	3	12	8	5	3	1	0	0	0	1	33
Nova Bassano	4	38	14	7	3	2	2	1	0	0	71
Nova Boa Vista	0	3	1	0	0	0	2	0	0	0	6
Nova Brescia	0	16	2	1	1	1	0	0	0	0	21
Nova Candelaria	2	10	4	1	0	2	1	1	0	0	21
Nova Esperanca do Sul	5	14	4	4	1	4	0	0	1	0	33
Nova Hartz	12	39	16	23	12	7	0	1	1	2	113
Nova Padua	0	8	8	4	0	0	0	0	0	0	20
Nova Palma	2	14	7	3	1	0	0	0	0	0	27
Nova Petropolis	18	85	25	24	8	4	3	0	2	0	169
Nova Prata	28	136	28	21	19	2	0	2	2	0	238
Nova Ramada	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Nova Roma do Sul	1	15	6	3	0	0	2	0	0	0	27
Nova Santa Rita	6	38	20	14	14	3	3	1	0	0	99
Novo Cabrais	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	4
Novo Hamburgo	154	714	270	150	143	44	25	7	1	0	1508
Novo Machado	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Novo Tiradentes	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Novo Xingu	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	5
Novo Barreiro	3	5	1	1	0	0	0	0	0	0	10
Osorio	12	62	19	14	6	3	2	0	0	1	119
Paim Filho	0	12	2	0	0	0	0	0	0	0	14

Palmares do Sul	0	16	2	2	3	1	0	0	0	0	24
Palmeira das Missoes	9	46	12	3	2	2	0	0	0	0	74
Palmitinho	1	24	8	5	1	0	0	0	0	0	39
Panambi	21	106	37	28	18	12	2	2	2	1	229
Pantano Grande	2	17	7	2	5	3	1	1	0	0	38
Parai	8	76	26	19	9	7	0	0	0	0	145
Paraiso do Sul	0	5	2	0	2	0	0	0	0	0	9
Pareci Novo	1	9	5	1	2	0	0	0	0	0	18
Parobe	31	114	52	35	31	14	9	3	1	1	291
Passa Sete	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
Passo do Sobrado	1	9	2	1	2	0	1	0	0	0	16
Passo Fundo	47	315	102	72	36	16	7	4	0	1	600
Paulo Bento	0	3	2	3	2	0	1	0	0	0	11
Paverama	4	25	11	5	4	3	0	0	0	0	52
Pedras Altas	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
Pedro Osorio	1	7	1	1	2	0	0	0	0	0	12
Pejucara	1	6	3	0	0	0	0	0	0	0	10
Pelotas	55	291	104	59	45	11	12	2	2	0	581
Picada Cafe	3	17	11	6	4	1	1	1	0	1	45
Pinhal	1	7	2	1	5	0	1	0	0	0	17
Pinhal da Serra	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	4
Pinhal Grande	0	7	1	0	1	0	0	0	0	0	9
Pinheirinho do Vale	2	4	3	3	0	0	0	0	0	0	12
Pinheiro Machado	1	6	2	2	0	1	0	0	0	0	12
Pinto Bandeira	0	7	4	1	2	0	0	0	0	0	14
Pirapo	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Piratini	0	12	6	6	3	4	0	0	0	0	31
Planalto	3	16	3	3	1	0	1	0	0	0	27
Poco das Antas	1	6	5	2	1	0	0	0	1	0	16
Pontao	2	4	0	1	0	0	0	0	0	0	7
Ponte Preta	1	5	1	0	1	0	0	0	0	0	8
Portao	15	78	32	25	17	17	8	1	0	0	193
Porto Alegre	234	1160	401	250	156	38	41	9	7	3	2299
Porto Lucena	3	8	0	1	0	0	0	0	0	0	12
Porto Maua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Porto Vera Cruz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Porto Xavier	2	10	3	0	0	0	0	0	0	0	15
Pouso Novo	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	4
Presidente Lucena	2	16	9	2	2	1	0	1	1	0	34
Progresso	1	15	2	2	2	0	0	0	0	0	22
Protasio Alves	1	11	7	0	0	0	0	0	0	0	19
Putinga	0	12	4	2	2	2	0	0	0	0	22
Quarai	2	15	3	2	1	0	0	0	0	0	23
Quatro Irmaos	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Quevedos	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Quinze de Novembro	1	9	2	1	1	0	0	0	0	0	14
Redentora	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Relvado	0	5	2	1	0	0	0	0	0	0	8

Restinga Seca	3	17	11	8	3	5	0	0	0	0	47
Rio dos Indios	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2
Rio Grande	21	95	34	19	14	10	10	6	2	0	211
Rio Pardo	3	31	7	2	3	1	2	0	0	1	50
Riozinho	0	22	5	5	6	3	0	1	0	0	42
Roca Sales	3	34	8	7	8	1	0	1	1	0	63
Rodeio Bonito	2	14	6	5	0	1	0	0	0	0	28
Rolador	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rolante	11	68	40	30	45	5	4	1	1	0	205
Ronda Alta	5	18	6	3	3	0	0	0	0	0	35
Rondinha	3	11	3	0	0	0	0	0	0	0	17
Roque Gonzales	1	5	4	2	0	0	0	0	0	0	12
Rosario do Sul	5	37	4	5	3	2	0	0	0	0	56
Sagrada Familia	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2
Saldanha Marinho	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	4
Salto do Jacui	2	11	4	0	3	1	0	0	0	0	21
Salvador das Missoes	2	6	2	1	2	1	0	0	0	0	14
Salvador do Sul	3	15	5	5	3	1	0	1	0	0	33
Sananduva	8	35	11	12	3	1	1	0	1	0	72
Santa Barbara do Sul	0	10	3	4	0	0	0	0	0	0	17
Santa Cecilia do Sul	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Santa Clara do Sul	3	20	7	8	4	3	0	0	0	0	45
Santa Cruz do Sul	39	230	91	39	31	11	9	5	4	1	460
Santa Maria	42	247	99	50	26	10	10	1	1	1	487
Santa Maria do Herval	3	10	6	0	4	1	3	1	0	0	28
Santa Margarida do Sul	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
Santana da Boa Vista	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4
Sant Ana do Livramento	13	75	17	6	1	1	2	0	0	0	115
Santa Rosa	44	141	66	35	21	10	9	1	0	1	328
Santa Tereza	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0	5
Santa Vitoria do Palmar	1	17	2	4	4	0	0	0	0	0	28
Santiago	10	52	21	9	7	2	0	0	0	0	101
Santo Angelo	20	110	38	27	11	4	1	1	1	1	214
Santo Antonio do Palma	0	3	3	0	2	0	0	0	0	0	8
Santo Antonio da Patrulha	14	112	42	27	24	8	4	1	1	0	233
Santo Antonio das Missoes	6	6	3	0	0	0	0	0	0	0	15
Santo Antonio do Planalto	1	2	0	1	0	1	0	0	0	0	5
Santo Augusto	0	27	10	3	3	1	0	0	0	0	44
Santo Cristo	11	39	13	18	4	3	0	0	0	0	88

Santo Expedito do Sul	0	4	1	0	1	0	0	0	0	0	6
Sao Borja	3	42	16	6	4	4	1	1	0	0	77
Sao Domingos do Sul	5	32	7	5	2	0	0	0	0	0	51
Sao Francisco de Assis	0	8	0	1	0	0	0	0	0	0	9
Sao Francisco de Paula	3	30	14	8	5	2	5	0	0	0	67
Sao Gabriel	5	42	10	2	2	2	3	1	0	1	68
Sao Jeronimo	3	15	5	2	1	1	2	1	0	0	30
Sao Joao da Urtiga	3	17	4	0	0	0	0	0	0	0	24
Sao Joao do Polesine	2	11	4	3	2	0	0	0	0	0	22
Sao Jorge	1	12	4	2	3	0	0	0	0	0	22
Sao Jose das Missoes	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Sao Jose do Herval	0	2	1	3	0	0	0	0	0	0	6
Sao Jose do Hortencio	9	11	1	3	1	1	1	0	0	0	27
Sao Jose do Inhacora	2	5	6	0	4	0	0	1	0	0	18
Sao Jose do Norte	2	16	2	3	4	0	1	0	0	1	29
Sao Jose do Ouro	5	16	5	5	1	0	0	0	0	0	32
Sao Jose do Sul	1	10	2	2	1	0	0	0	0	0	16
Sao Jose dos Ausentes	1	6	0	2	1	1	0	0	0	0	11
Sao Leopoldo	51	301	124	99	56	31	18	9	1	2	692
Sao Lourenco do Sul	9	34	7	5	4	3	0	0	0	0	62
Sao Luiz Gonzaga	10	37	13	6	6	2	0	0	1	0	75
Sao Marcos	14	82	46	42	27	4	5	2	1	0	223
Sao Martinho	3	27	8	5	0	0	0	0	0	0	43
Sao Martinho da Serra	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Sao Miguel das Missoes	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Sao Nicolau	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
Sao Paulo das Missoes	1	6	2	2	0	0	0	0	0	0	11
Sao Pedro da Serra	2	10	5	4	4	0	0	0	0	0	25
Sao Pedro das Missoes	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Sao Pedro do Butia	0	8	8	1	1	0	0	0	0	0	18
Sao Pedro do Sul	2	16	2	4	4	0	0	0	0	0	28
Sao Sebastiao do Cai	9	58	17	18	12	2	1	1	1	1	120
Sao Sepe	3	17	7	4	1	1	1	0	0	0	34
Sao Valentim	0	8	3	1	0	0	0	0	0	0	12

Sao Valentim do Sul	0	13	3	2	1	2	0	0	0	0	21
Sao Valerio do Sul	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
Sao Vendelino	1	11	9	3	5	0	0	0	0	0	29
Sao Vicente do Sul	1	11	1	1	0	0	0	0	0	0	14
Sapiranga	61	258	99	87	52	25	14	7	1	0	604
Sapucaia do Sul	28	138	44	47	31	11	6	1	1	1	308
Sarandi	12	65	18	19	11	0	2	0	0	1	128
Seberi	5	18	5	4	2	1	0	0	0	1	36
Sede Nova	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	5
Segredo	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0	7
Selbach	0	13	4	3	3	0	1	0	0	0	24
Senador Salgado Filho	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Sentinela do Sul	2	18	3	2	1	1	0	0	0	0	27
Serafina Correa	8	58	25	8	5	2	1	2	0	1	110
Serio	3	6	1	0	0	0	0	0	0	0	10
Sertao	0	9	2	0	1	0	0	0	0	0	12
Sertao Santana	1	6	1	1	3	1	0	0	0	0	13
Sete de Setembro	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Severiano de Almeida	1	6	4	1	0	0	0	0	0	0	12
Silveira Martins	2	6	2	1	0	0	0	0	0	0	11
Sinimbu	1	8	3	1	3	1	0	0	0	0	17
Sobradinho	7	35	8	5	4	3	0	0	0	0	62
Soledade	22	85	23	15	10	1	0	1	0	0	157
Tabai	2	16	3	3	3	0	0	0	0	0	27
Tapejara	21	91	20	21	17	7	0	5	0	1	183
Tapera	1	15	9	6	5	0	1	0	0	0	37
Tapes	1	12	3	8	3	1	0	0	0	0	28
Taquara	19	114	44	23	27	9	4	1	0	0	241
Taquari	11	48	10	13	8	3	4	1	0	0	98
Taquarucu do Sul	0	12	0	0	1	0	0	0	0	0	13
Tavares	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Tenente Portela	4	23	7	2	3	1	0	0	0	0	40
Terra de Areia	6	20	6	6	3	1	0	0	0	0	42
Teutonia	24	97	35	29	24	2	4	1	2	0	218
Tio Hugo	1	4	2	2	0	1	0	0	0	0	10
Tiradentes do Sul	1	9	1	1	0	0	0	0	0	0	12
Toropi	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
Torres	12	68	19	9	4	1	0	0	0	0	113
Tramandai	14	44	11	6	4	0	0	0	0	0	79
Travesseiro	0	8	2	0	4	0	1	0	0	0	15
Tres Arroios	0	12	2	3	1	1	0	0	0	0	19
Tres Cachoeiras	6	38	19	15	3	0	0	0	0	0	81
Tres Coroas	31	115	24	40	29	7	9	0	1	0	256
Tres de Maio	13	56	25	22	7	5	1	1	0	0	130

Tres Forquilhas	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Tres Palmeiras	1	12	1	2	0	0	0	0	0	0	16
Tres Passos	5	45	20	15	6	2	0	0	0	1	94
Trindade do Sul	1	11	1	2	0	0	0	0	0	1	16
Triunfo	3	32	18	12	13	6	3	1	3	0	91
Tucunduva	1	16	3	3	1	0	0	0	0	0	24
Tunas	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Tupanci do Sul	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3
Tupancireta	2	14	5	3	0	0	0	0	0	0	24
Tupandi	5	21	10	5	2	2	2	1	0	1	49
Tuparendi	3	11	5	2	0	2	0	0	0	0	23
Turucu	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	4
Ubiretama	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Uniao da Serra	1	4	2	2	0	0	0	0	0	0	9
Unistalda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uruguaiana	10	65	28	7	7	3	1	0	0	0	121
Vacaria	17	110	26	22	8	7	4	0	0	0	194
Vale Verde	1	4	1	0	2	0	0	0	0	0	8
Vale do Sol	2	5	3	1	0	0	0	0	0	0	11
Vale Real	2	23	11	8	7	4	1	0	0	0	56
Vanini	1	10	1	2	1	0	0	0	0	0	15
Venancio Aires	28	136	44	36	28	12	10	7	1	0	302
Vera Cruz	10	33	20	15	11	3	2	0	0	0	94
Veranopolis	15	94	45	31	15	8	4	4	0	0	216
Vespasiano Correa	1	7	3	2	0	0	0	0	0	0	13
Viadutos	1	8	7	0	0	0	0	0	0	0	16
Viamao	20	137	51	25	13	5	2	0	1	0	254
Vicente Dutra	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Victor Graeff	0	10	1	2	1	1	0	0	0	0	15
Vila Flores	1	19	8	6	3	0	1	1	0	0	39
Vila Langaro	4	5	6	1	1	0	1	0	0	0	18
Vila Maria	0	23	9	6	3	2	3	0	0	0	46
Vila Nova do Sul	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	4
Vista Alegre	2	7	3	1	1	0	0	0	0	0	14
Vista Alegre do Prata	0	5	0	2	1	0	0	0	0	0	8
Vista Gaucha	0	6	0	1	1	0	0	0	0	0	8
Vitoria das Missoes	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Westfalia	0	7	7	1	4	1	0	0	0	1	21
Xangri-La	1	32	8	5	2	0	0	0	0	0	48
Total	3300	17241	6353	4294	2841	1086	664	245	92	62	36178

## APÊNDICE 2 – Instrumento de Coleta

### **Impacto da Capacidade Absortiva na Abertura da Inovação para Adequação dos Processos Produtivos à Indústria 4.0**

Esta pesquisa faz parte da elaboração da dissertação do mestrando Igor Bosa, aluno do programa de Pós-graduação em Administração da Universidade de Passo Fundo (PPGAdm/UPF), orientada pela professora Dra. Cassiana Maris Lima Cruz ([cassiana@upf.br](mailto:cassiana@upf.br))

#### **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)**

Você está sendo convidado(a) para participar, como voluntário(a), em uma pesquisa científica. Caso você não queira participar, não há problema algum. Você não precisa me explicar porque, e não haverá nenhum tipo de punição por isso. Você tem todo o direito de não querer participar do estudo, basta selecionar a opção correspondente no final desta página.

Para confirmar sua participação você precisará ler todo este documento e depois selecionar a opção correspondente no final dele. Este documento se chama TCLE (Termo de Consentimento livre e esclarecido). Nele estão contidas as principais informações sobre o estudo, objetivos, metodologias, riscos e benefícios, dentre outras informações.

Este TCLE se refere ao projeto de pesquisa “Impacto da Capacidade Absortiva na Abertura da Inovação para Adequação dos Processos Produtivos à Indústria 4.0”, cujo objetivo é “Analisar o impacto da capacidade absortiva das organizações sobre a inovação aberta de processos produtivos voltados à adequação à Indústria 4.0”. Para ter uma cópia deste TCLE você deverá imprimi-lo, ou deverá gerar uma cópia em pdf para guarda-lo em seu computador. Você também poderá solicitar aos pesquisadores do estudo uma versão deste documento a qualquer momento por um dos e-mails registrados no final deste termo.

A pesquisa será realizada por meio de um questionário online, constituído por 40 perguntas. Estima-se que você precisará de aproximadamente “10-15 minutos. A precisão de suas respostas é determinante para a qualidade da pesquisa.

Você não será remunerado, visto que sua participação nesta pesquisa é de caráter voluntária. Caso decida desistir da pesquisa você poderá interromper o questionário e sair do estudo a qualquer momento, sem nenhuma restrição ou punição.

Os pesquisadores garantem e se comprometem com o sigilo e a confidencialidade de todas as informações fornecidas por você para este estudo. Da mesma forma, o tratamento dos dados coletados seguirá as determinações da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD – Lei 13.709/18).



Eu, concordo em participar voluntariamente do presente estudo como participante. O pesquisador me informou sobre tudo o que vai acontecer na pesquisa, o que terei que fazer, inclusive sobre os possíveis riscos e benefícios envolvidos na minha participação. O pesquisador me garantiu que eu poderei sair da pesquisa a qualquer momento, sem dar nenhuma explicação, e que esta decisão não me trará nenhum tipo de penalidade ou interrupção de meu tratamento. Fui informado também que devo imprimir ou gerar um pdf do TCLE para ter a minha cópia do TCLE e que posso solicitar uma versão dele via e-mail para os pesquisadores.

Sim    Não

**BLOCO I – CAPACIDADE ABSORTIVA**

Responda o questionário abaixo considerando a empresa na qual trabalha. Em uma escala de 1 (Discordo totalmente) a 7 (concordo totalmente), considerando a capacidade absorptiva da empresa, indique seu grau de concordância com as seguintes afirmações:

1- A busca por informações relevantes do nosso setor faz parte do dia a dia da empresa.

1     2     3     4     5     6     7

2- Nossos gestores incentivam os funcionários a buscar informação do nosso setor.

1     2     3     4     5     6     7

3- Nossos gestores esperam que os funcionários utilizem informações de outros setores.

1     2     3     4     5     6     7

4- Em nossa empresa as ideias e conceitos são comunicados entre as diversas áreas.

1     2     3     4     5     6     7

5- Nossos gestores incentivam o apoio entre as áreas da empresa para resolver problemas.

1     2     3     4     5     6     7

6- Em nossa empresa há um fluxo rápido de informações entre as áreas.

1     2     3     4     5     6     7

7- Nossos gestores promovem encontros periódicos entre as áreas para o intercâmbio de novos desenvolvimentos, problemas e conquistas.

1     2     3     4     5     6     7

8- Nossos funcionários têm habilidade para estruturar e utilizar os conhecimentos adquiridos externamente.

1     2     3     4     5     6     7

9- Nossos funcionários preparam os novos conhecimentos adquiridos externamente para outros fins e para torná-los disponíveis.

1     2     3     4     5     6     7

10- Nossos funcionários são bem-sucedidos em articular o conhecimento existente com novas ideias.

1     2     3     4     5     6     7

11- Nossos funcionários são capazes de aplicar os novos conhecimentos em seu trabalho.

1     2     3     4     5     6     7

12- Nossos gestores apoiam o desenvolvimento de protótipos.

1     2     3     4     5     6     7

13- Nossa empresa regularmente reconsidera as tecnologias utilizadas e as adapta de acordo com novos conhecimentos.

1     2     3     4     5     6     7

14- Nossa empresa tem habilidade de trabalhar melhor quando adota novas tecnologias.

1     2     3     4     5     6     7

**BLOCO II – INOVAÇÃO ABERTA**

Responda o questionário abaixo considerando a empresa na qual trabalha. Em uma escala de 1 (Discordo totalmente) a 5 (concordo totalmente), considerando o grau de abertura da inovação da empresa, indique seu grau de concordância com as seguintes afirmações:

1- Frequentemente adquirimos conhecimento tecnológico externo para nosso uso.

1     2     3     4     5

2- Buscamos regularmente ideias externas que possam criar valor para nós.

1     2     3     4     5

3- Contamos com um sistema para busca e aquisição de tecnologia externa e propriedade intelectual.

1     2     3     4     5

4- Alcançamos proativamente partes externas para obter melhores conhecimentos tecnológicos ou produtos.

1     2     3     4     5

5- Temos a tendência de construir maiores laços com partes externas e confiar em sua inovação.

1     2     3     4     5

6- Somos proativos na gestão do fluxo de conhecimento externo.

1     2     3     4     5

7- Temos como prática formal a comercialização de conhecimento tecnológico e propriedade intelectual no mercado.

1     2     3     4     5

8- Temos uma unidade dedicada (ou seja, gatekeepers, promotores) para comercializar ativos de conhecimento (por exemplo, venda, licenciamento cruzado de patentes ou spin-off).

1     2     3     4     5

9- Convidamos outras pessoas a adquirir e usar nosso conhecimento tecnológico ou propriedade intelectual.

- 1     2     3     4     5

10- Raramente exploramos a tecnologia em conjunto com organizações externas.

- 1     2     3     4     5

**BLOCO III – INDÚSTRIA 4.0**

Responda o questionário abaixo considerando a empresa na qual trabalha. Em uma escala de 1 (Nenhum conhecimento) a 7 (Muito conhecimento), considerando o conhecimento da empresa sobre as tecnologias da Indústria 4.0, indique seu grau de concordância com as seguintes afirmações:

1- A empresa possui conhecimento sobre a tecnologia de Big Data e suas aplicações a nível de indústria.

1     2     3     4     5     6     7

2- A empresa possui conhecimento sobre as tecnologias de robótica colaborativa e suas aplicações a nível de indústria.

1     2     3     4     5     6     7

3- A empresa possui conhecimento sobre a tecnologia e ferramentas de simulação e suas aplicações a nível de indústria.

1     2     3     4     5     6     7

4- A empresa possui conhecimento sobre a tecnologia de Internet das Coisas e suas aplicações a nível de indústria.

1     2     3     4     5     6     7

5- A empresa possui conhecimento sobre a tecnologia de Sistemas Ciberfísicos e suas aplicações a nível de indústria.

1     2     3     4     5     6     7

6- A empresa possui conhecimento sobre tecnologias de Cibersegurança e suas aplicações a nível de indústria.

1     2     3     4     5     6     7

7- A empresa possui conhecimento sobre a tecnologia de computação em nuvem e suas aplicações a nível de indústria.

1     2     3     4     5     6     7

8- A empresa possui conhecimento sobre tecnologias de manufatura aditiva e suas aplicações a nível de indústria.

1     2     3     4     5     6     7

9- A empresa possui conhecimento sobre a tecnologia de realidade aumentada e suas aplicações a nível de indústria.

1     2     3     4     5     6     7

10- A empresa possui conhecimento sobre a tecnologia de sensores inteligentes e suas aplicações a nível de indústria.

1     2     3     4     5     6     7

**BLOCO IV – DESEMPENHO DA INOVAÇÃO DE PROCESSOS**

Responda o questionário abaixo considerando a empresa na qual trabalha. Em uma escala de 1 (Discordo totalmente) a 7 (concordo totalmente), considerando o desempenho da inovação de processos da empresa, indique seu grau de concordância com as seguintes afirmações:

- 1- Nos últimos 3 anos, nossa empresa teve um desempenho melhor do que os concorrentes no que diz respeito ao número de mudanças introduzidas nos processos.

1     2     3     4     5     6     7

- 2- Nos últimos 3 anos, nossa empresa teve um desempenho melhor do que os concorrentes no que diz respeito ao pioneirismo em processos recém-introduzidos (você foi um dos primeiros a introduzir novos processos).

1     2     3     4     5     6     7

- 3- Nos últimos 3 anos, nossa empresa teve um desempenho melhor do que os concorrentes no que diz respeito a responder a novos processos introduzidos por outras empresas em seu campo.

1     2     3     4     5     6     7



**BLOCO V – DADOS DEMOGRÁFICOS**

1 - Quantos funcionários a empresa possui? \_\_\_\_\_

2 - Em qual setor a empresa atua?

- ( ) Fabricação de produtos alimentícios;
- ( ) Fabricação de bebidas;
- ( ) Fabricação de produtos do fumo;
- ( ) Fabricação de produtos têxteis;
- ( ) Confeção de artigos do vestuário e acessórios;
- ( ) Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos para viagem e calçados;
- ( ) Fabricação de produtos de madeira;
- ( ) Fabricação de celulose, papel e produtos de papel;
- ( ) Impressão e reprodução de gravações;
- ( ) Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis;
- ( ) Fabricação de produtos químicos;
- ( ) Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos;
- ( ) Fabricação de produtos de borracha e de material plástico;
- ( ) Fabricação de produtos de minerais não-metálicos;
- ( ) Metalurgia;
- ( ) Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos;
- ( ) Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos;
- ( ) Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos;
- ( ) Fabricação de máquinas e equipamentos;
- ( ) Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias;
- ( ) Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores;
- ( ) Fabricação de móveis;
- ( ) Fabricação de produtos diversos;

3 - Em qual cidade a empresa está sediada? \_\_\_\_\_