

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LEANDRO NUNES DREON

**METODOLOGIA DELPHI APLICADA AO ESTUDO DA DIMENSÃO TÉCNICA E
ECONÔMICA DA INDÚSTRIA 4.0 NO ESTADO DO PARANÁ**

CURITIBA

2022

LEANDRO NUNES DREON

**METODOLOGIA DELPHI APLICADA AO ESTUDO DA DIMENSÃO TÉCNICA E
ECONÔMICA DA INDÚSTRIA 4.0 NO ESTADO DO PARANÁ**

**DELPHI METHODOLOGY APPLIED TO THE STUDY OF THE TECHNICAL AND
ECONOMIC DIMENSION OF INDUSTRY 4.0 IN THE STATE OF PARANÁ**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Nome do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof.Dr Rodrigo Lupinacci Villanova
Coorientadora: Prof.Dra Andrea de Souza

CURITIBA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

LEANDRO NUNES DREON

**METODOLOGIA DELPHI APLICADA AO ESTUDO DA DIMENSÃO TÉCNICA E
ECONÔMICA DA INDÚSTRIA 4.0 NO ESTADO DO PARANÁ**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Nome do curso de Engenharia Mecânica
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Data de aprovação: 23 de junho de 2022.

Rodrigo Lupinacci Villanova
Professor, Doutor Engenheiro
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Luiz Carlos de Abreu Rodrigues
Professor, Doutor Engenheiro
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Rogério Allon Duenhass
Professor, Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Curitiba

2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus pela oportunidade de vida e por tudo o quanto ele tem feito em minha vida. Segundo aos meus pais e toda minha família que de forma incondicional me apoiaram em tudo.

Também aos meus orientadores: Professora Andrea de Souza como também ao Professor Rodrigo Lupinacci Villanova por terem acreditado em mim e me dado a oportunidade para executar esse trabalho.

Agradeço também ao Professor Rodrigo Alves Silva pela sua enorme contribuição, pois sua ajuda foi de suma importância em nossa análise estatística.

E por último gostaria de agradecer por todos aqueles que de alguma forma fizeram parte desta minha trajetória.

RESUMO

Este trabalho trata-se de uma pesquisa de campo no estado do Paraná, junto aos profissionais especializados em indústria 4.0, com o objetivo de compreender como estas tecnologias estão sendo empregadas nas suas organizações. As tecnologias da indústria 4.0 estão transformando processos industriais, estruturas econômicas, tecnológicas e formas de conhecimento, que lançam novos desafios aos profissionais e empresários do século XXI. Foi utilizado o Método *Delphi* para selecionar os especialistas e determinar quais são as tecnologias que estão atualmente sendo empregadas nas empresas paranaenses do segmento industrial. Técnicas estatísticas foram utilizadas para validar a percepção acerca de questões relacionadas dimensão econômica. Os resultados indicaram que entre os segmentos industriais pesquisados, destacou-se o setor automotivo da região metropolitana de Curitiba, e que 80% dos especialistas afirmou ter contato direto com 2 ou mais tecnologias. Big Data e Segurança da Informação foram consideradas as mais relevantes. Na perspectiva econômica foi aplicado um teste exato de Fisher, onde se rejeitou a hipótese nula para a alta relevância da necessidade de adequação do Brasil a era digital e a influência do ambiente econômico e de negócios para a adoção de tecnologias da indústria 4.0. Como principal contribuição, foi possível apresentar um quadro técnico-econômico, que poderá servir de referência para gestores, pesquisadores e interessados no assunto, a compreender como o segmento industrial do Paraná está se comportando na transição para um modo de produção mais flexível, inteligente e competitivo.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Método Delphi. Indústria paranaense.

ABSTRACT

We work from a field research in Paraná, with professionals specialized in treating the state 4.0, with the objective of understanding how these technologies are being used in their organizations. Industry 4.0 technologies are launching technological innovations and forms of knowledge, which 4.0 21st century entrepreneurs. The Delphi Method was used to select specialists and determine which technologies are currently being used in companies in the industrial segment of Paraná. Technical statistics were used to validate the understanding of issues related to the economic dimension. The results indicate that among the industrial segments surveyed, the automotive sector in the metropolitan region of Curitiba stood out, and that 80% of the specialists claimed to have direct contact with 2 or more technologies. Big Data and Information Security were reported as the most important. The economy was applied to a test, where exactly an industry strategy and an economic perspective for the Brazilian industry in the digital age were rejected for the adoption of economic technologies 4.0. The main one can be a management framework, which can be prepared for a production mode for control, intelligent and that can be presented as a reference, which understands how the industrial of Paraná is behaving in the transition to a more controlled, intelligent competitive production mode.

Keywords: Industry 4.0. Delphi method. Paraná industry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Evolução industrial do ponto de vista temporal.....	16
Figura 2 – Máquina de Fiar e Tear mecânico	17
Figura 3 – Linha de produção Ford	18
Figura 4 – Linha de produção automotiva	19
Figura 5 – Principais tecnologias ligadas a Indústria 4.0	24
Figura 6 – Os 5 Vs do Big Data	26
Figura 7 – Blocos da IoT.....	28
Figura 8 – Esquema da ontologia de segurança da informação.....	30
Figura 9 – Simulação de uma linha de produção	32
Figura 10 – Realidade aumentada na manutenção de elevadores.....	33

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Participação da indústria brasileira no PIB	41
Gráfico 2 – Crescimento anual do valor adicionado (a preços de 2015).....	45
Gráfico 3 - Quais tecnologias você utiliza na sua organização	60
Gráfico 4 - Como a Pandemia do Covid-19 impactou sua organização em relação às tecnologias da Indústria 4.0	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Abordagens conceituais sobre indústria 4.0	21
Quadro 2 – A crise dos anos 60 e suas explicações.....	37
Quadro 3 – Estrutura do emprego industrial no Paraná	47
Quadro 4 – Artigos internacionais de revisão sistemática.....	50
Quadro 5 – Composição Industrial Paranaense do IBGE	51
Quadro 6 – Escala de análise da autoavaliação dos colaboradores	53
Quadro 7 – Escala de interpretação das fontes de argumentação	53
Quadro 8 – Associação de termos Delphi e Indústria 4.0.....	55
Quadro 9 – Cronograma de aplicação do Delphi.....	55
Quadro 10 – Ajuste para o cálculo do coeficiente de argumentação	58
Quadro 11 – Caracterização dos especialistas.....	58
Quadro 12 – Grupo 1 – Estágio de adequação do Brasil a era digital	60
Quadro 13 – Grupo 2 – Ambiente econômico e de negócios no Brasil.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Taxas de crescimento do produto e setores (1961-1966).....	36
Tabela 2 – Taxas de crescimento do produto e setores (1968-1973).....	38
Tabela 3 – Taxas de crescimento do PIB (1974-1979).....	40
Tabela 4 – Evolução do PIB – Paraná.....	47
Tabela 5 – Representação de uma tabela de contingência 2 × 2	56
Tabela 6 – Percepção de Estágio de Adequação do Brasil a Era Digital	61
Tabela 7 – Resposta R2	62

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

CNI	Confederação Nacional da Indústria
JCR	Journal Citation Reports
FIEP	Federação das indústrias do estado do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPARDES	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
MICT	Ministério da Indústria, do Comércio e do Turismo
FHC	Fernando Henrique Cardoso
PITCE	Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior
PDP	Política de Desenvolvimento Produtivo
IoT	Internet of Things
RA	Realidade Aumentada
SMLC	Smart Manufacturing Leadership Coalition
PAEG	Programa de Ação Econômica do Governo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivo Geral	14
1.2	Objetivos Específicos	15
2	REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1	Contexto Histórico	16
2.1.1	As Primeiras Revoluções Industriais	17
2.2	A Indústria 4.0	19
2.2.1	Surgimento da indústria 4.0.....	19
<u>2.2.1.1</u>	<u>Smart Manufacturing Leadership Coalition (SMLC)</u>	<u>19</u>
<u>2.2.1.2</u>	<u>Society 5.0</u>	<u>20</u>
<u>2.2.1.3</u>	<u>Indústria 4.0</u>	<u>20</u>
2.2.2	Big data analytics (BDA).....	25
2.2.3	Computação em nuvem	27
2.2.4	Internet das coisas (IoT).....	27
2.2.5	Sistemas integrados	29
2.2.6	Segurança da informação	29
2.2.7	Manufatura aditiva	31
2.2.8	Simulações.....	31
2.2.9	Robôs autônomos	32
2.2.10	Realidade aumentada	33
2.3.	A Indústria Brasileira	34
2.3.1	A indústria brasileira em perspectiva.....	34
<u>2.3.1.1</u>	<u>A Era Vargas e Kubitschek</u>	<u>34</u>
<u>2.3.1.2</u>	<u>A economia e o setor industrial durante o regime militar</u>	<u>37</u>
<u>2.3.1.3</u>	<u>A indústria e a abertura comercial brasileira</u>	<u>41</u>
<u>2.3.1.4</u>	<u>O perfil da indústria paranaense</u>	<u>46</u>
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	49
3.1	Classificação	49
3.2	Estrutura Das Variáveis	49
3.2.1	Seleção das variáveis e segmentação da área de estudo	49
<u>3.2.1.1</u>	<u>Os conceitos das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0</u>	<u>50</u>
<u>3.2.1.2</u>	<u>Delimitação da pesquisa</u>	<u>51</u>
<u>3.2.1.3</u>	<u>Seleção dos especialistas e coleta de dados</u>	<u>52</u>
3.3	Método Ou Técnica Delphi	54
3.4	Técnicas estatísticas	56
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	58
5	CONSIDERAÇÕES	65
	APÊNDICE A	73

1 INTRODUÇÃO

O grande esforço no desenvolvimento de novas tecnologias relacionadas a cadeia de processos de produção, estão impactando não somente a economia, mas também o ritmo da vida cotidiana (SANTOS, 2018). Considerada por muitos como 4ª Revolução Industrial, de acordo com (BITKOM, 2016) a Indústria 4.0 surgiu como uma estratégia implementada pelo governo alemão, com a finalidade de introduzir a alta tecnologia na indústria e também na rotina das pessoas.

O movimento conhecido como Indústria 4.0 busca conectar as diversas funcionalidades das máquinas à internet, viabilizando maior flexibilidade, qualidade e interação entre os ambientes para alavancar a eficiência tanto financeira como estrutural das companhias. Para tanto, é necessário que as organizações avaliem suas condições de adaptação a esse novo cenário. As estratégias ligadas ao desafio da implantação das novas tecnologias passam por questões éticas, de desenvolvimento profissional, de proteção digital, de base tecnológica e de investimentos (SANTOS, 2018).

O governo dos Estados Unidos, Alemanha, Japão, China, Brasil entre outros países, estão desenvolvendo estudos para entender o comportamento global da adoção das tecnologias relacionadas com a indústria 4.0. Adicionalmente, tentam identificar como o conceito de Indústria 4.0 vem influenciando determinados setores e quais os resultados estão sendo alcançados nessa “nova era” (SANTOS, 2018).

Estudos empíricos recentes como *Robots, industrialization and inclusive growth* (2017), *The Future of Global Value Chains: business as usual or ‘a new normal’?* (2017) e *La política industrial 4.0 en América Latina* (2017), traçaram um panorama sobre as economias emergentes face à indústria 4.0 revelando a importância do tema como uma das alavancas do desenvolvimento desse grupo de países (IEDI, 2019).

No Brasil observa-se um crescimento significativo de indústrias implementando tecnologias vinculadas à indústria 4.0. Segundo o relatório Investimentos em Indústria 4.0 da Confederação Nacional da Indústria (CNI), a maioria dos investimentos ainda está sendo impulsionada pelas grandes empresas (CNI, 2018).

Ao final do ano de 2018, cerca de 73% da indústria nacional já utilizava alguma tecnologia considerada 4.0. De acordo com a Federação das Indústrias do Estado do Paraná (FIEP) na sondagem industrial XXIV de 2020, verificou-se que 82% das empresas consultadas, pretendia investir em novos recursos tecnológicos para

auxiliar no aumento da produtividade no ano de 2020, isto é, um crescimento 20% em relação ao resultado da sondagem de 2019 (FIEP, 2019).

Esta pesquisa é um estudo multidisciplinar, situado nas áreas da economia e das tecnologias da indústria 4.0, com foco nos principais setores industriais do Estado do Paraná. Os setores escolhidos para aplicar a coleta de dados, foi a classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) que divide os segmentos industrial em: alimentos, de serviços industriais de utilidade pública, de construção, de veículos automotores e derivados de petróleo, que juntos, representam cerca de 68,7% da indústria paranaense (IBGE, 2017).

O estudo identificou, do ponto de vista técnico e econômico, como as empresas estão respondendo às demandas crescentes de implementação das principais tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 no estado do Paraná.

No capítulo 2 foi desenvolvida revisão da literatura buscando resgatar a identidade e os principais aspectos que definem cada período da inserção da indústria, até a chegada da 4ª Revolução Industrial no Brasil; no capítulo 3 é descrita a metodologia empregada – Método Delphi bem como as técnicas estatísticas adequadas ao tratamento das respostas relacionadas a dimensão econômica. A análise dos resultados é tratada no capítulo 4 e as considerações no capítulo 5. A partir das opiniões dos especialistas, juntamente com os critérios propostos proveniente das metodologias aplicadas, foi possível elaborar um instrumento de apoio para futuras análises referentes ao tema, lembrando que as variáveis utilizadas neste estudo não se esgotam e que novos requisitos podem ser considerados. Cabe destacar a contemporaneidade do tema que se mostra amplamente disseminado e com grande potencial para trabalhos futuros.

1.1 Objetivo Geral

Realizar uma pesquisa junto aos profissionais especializados em indústria 4.0 no Estado do Paraná, para compreender como este conceito se aplica na realidade prática de um grupo de empresas.

1.2 Objetivos Específicos

- a. Revisar os atuais conceitos referentes às tecnologias habilitadoras da indústria 4.0.
- b. Contextualizar o atual cenário da indústria paranaense e a inserção do conceito de indústria 4.0.
- c. Aplicar o Método Delphi junto a um grupo de especialistas paranaenses da indústria 4.0, para validar o levantamento teórico do estudo.
- d. Aplicar técnicas estatísticas para validar os dados coletados por meio de questionário estruturado.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo apresenta o contexto histórico em que ocorreram as revoluções industriais, com o objetivo de resgatar a identidade e os principais aspectos que definem cada período até a chegada da 4ª Revolução Industrial no Brasil.

2.1 Contexto Histórico

A indústria passou por diversas mudanças no decorrer da história. Cada nova descoberta, evolução e/ou avanços tecnológicos foram colocados em prática com a finalidade de melhorar como a sociedade era desenvolvida (BORLIDO, 2017). A Figura 1 sintetiza a ideia de evolução industrial ao longo do tempo:



Fonte: Rodrigues et. al. (2020)

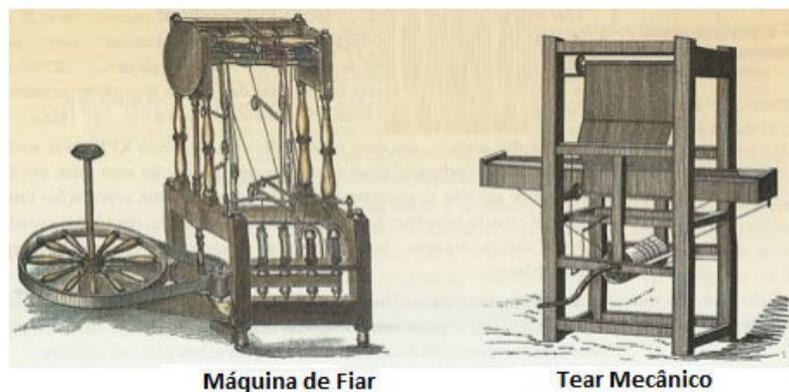
O anseio de conhecimento associada a busca pelo novo, faz com os indivíduos se aventurarem pelo desconhecido e permeiam os desafios do que é novo, o que acaba resultando na constante evolução em que a sociedade vive (BORLIDO, 2017).

2.1.1 As Primeiras Revoluções Industriais

O primeiro fato histórico relacionado ao desenvolvimento da indústria, também conhecido como a Primeira Revolução Industrial, teve início em 1760 na Inglaterra. Neste primeiro ato, começou a substituição de métodos artesanais por métodos que utilizavam máquinas, ferramentas e principalmente a introdução do uso da energia a vapor no processo de manufatura (COELHO, 2016).

O setor têxtil teve grande impacto no desenvolvimento industrial com a utilização do tear mecânico e da máquina de fiar. O movimento acabou impulsionando a aplicação das máquinas na produção de produtos, acarretando assim na época a implementação de máquinas a vapor e o uso da força hidráulica. A Figura 2 mostra a máquina de fiar e o tear mecânico da época:

Figura 2 – Máquina de Fiar e Tear mecânico



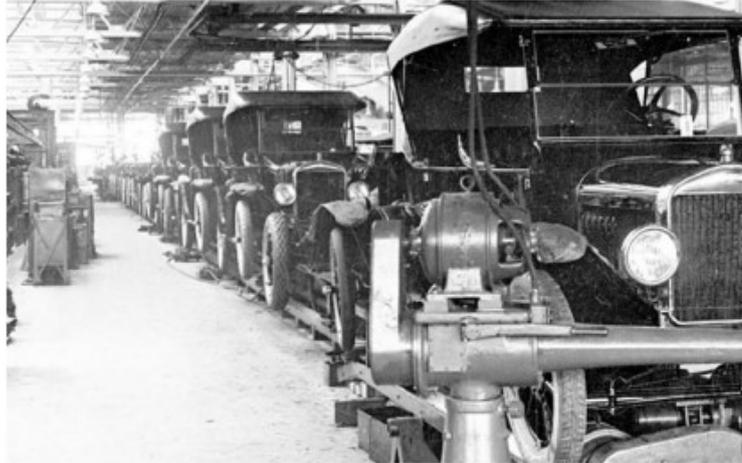
Fonte: Cardoso (2018)

A Segunda Revolução, ocorreu juntamente ao período da segunda guerra mundial (1940), impulsionando avanços importantes nas áreas da indústria química, da indústria do aço, indústria bélica e elétrica. Nessa época, surgiram os primeiros barcos de aço movidos por motores a vapor revolucionando também o transporte de mercadorias (COELHO, 2016).

Nos Estados Unidos, Henry Ford iniciou o movimento que logo ficaria mundialmente conhecido como o Fordismo. Ford viabilizou a ideia de produção em massa, visando elevar a oferta de produtos a preço baixo visando conquistar uma maior gama de consumidores (RIBEIRO, 2017). A Figura 3 mostra como era a linha

de produção da Ford na época, como também representa um dos maiores marcos dessa era industrial.

Figura 3 – Linha de produção Ford



Fonte: BBC (2020)

Na década de 60 começou a terceira revolução industrial, marcada pelo uso das tecnologias de informação. A revolução digital provocada pelo uso dos semicondutores, computadores, a robotização das linhas de produção e a internet entre outros gerou uma série de resultados não vistos anteriormente (COELHO, 2016).

A ideia da produção em massa foi sendo alterada para produção em lotes, que auxilia no controle da demanda e estoque, atributos que antes não eram o foco das empresas. Os produtos passam a ter maior valor agregado devido a todo o trabalho desenvolvido para a entrega do mesmo, também como forma de “compensar” todo o tempo de pesquisa e desenvolvimento tecnológico nele empregado (CARDOSO, 2016). A Figura 4 mostra uma linha de montagem característica da Terceira Revolução Industrial:

Figura 4 – Linha de produção automotiva



Fonte: UOL (2020)

2.2 A Indústria 4.0

O desenvolvimento contínuo das tecnologias aplicadas no cotidiano junto de um cenário global aquecido pelas novas descobertas, gerou um novo movimento referente aos modelos industriais, nascendo assim a expressão Indústria 4.0.

2.2.1 Surgimento da indústria 4.0

As evoluções tecnológicas atreladas ao uso industrial foram de forma síncrona adotada ao redor do globo. Ao mesmo tempo que o Governo alemão começava a implementar novas estratégias referente a indústria, nos EUA empresas se unificaram para criar um grupo visando entender as novas tendências tecnológicas, como no Japão lançava a iniciativa da Sociedade 5.0 e na China dava-se início ao plano “*Chinese Manufacturing 2025*” no qual consiste em colocar a China como líder global de manufatura industrial.

2.2.1.1 *Smart Manufacturing Leadership Coalition (SMLC)*

A SMLC, *Smart Manufacturing Leadership Coalition*, foi um grupo criado em 2010 por diversas empresas, universidades e agentes do governo estadunidense, visando desenvolver e criar uma visão unificada dos próximos passos referente às

novas tendências e tecnologias que estavam surgindo e sendo implementadas na indústria (YIN; KATHRYN; STECKE E DONGNI LI, 2017).

A ideia foi destacar os principais pontos e aspectos que precisavam ser adotados pensando no avanço tecnológico, como as questões envolvendo a *cibersegurança*, proteção aos dados, customização e afins. Desta união surgiu o relatório *Implementing 21st Century Smart Manufacturing* no ano de 2011 (YIN; KATHRYN; STECKE E DONGNI LI, 2017).

2.2.1.2 Society 5.0

A sociedade 5.0 é uma iniciativa do governo japonês com a intenção de integrar as cidades inteligentes, com a indústria, comunidade e todo o sistema japonês. A criação de uma *super-smart society* será capaz de gerar um ecossistema futuro com novos valores e serviços para o bem da população (Governo Japones, 2022).

A ideia principal é utilizar as informações de Big Data coletadas pelas máquinas, equipamentos e todos os objetos interligados através da IoT, convertendo tudo isso através de inteligências artificiais em uma nova solução para melhorar a vida humana em todos os aspectos (Governo Japones, 2022).

2.2.1.3 Indústria 4.0

O termo Indústria 4.0 surgiu pela primeira vez em 2011, durante a feira líder mundial de tecnologia industrial, Hannover Messe. Refere-se a um projeto que promoveu a aplicação de novas tecnologias na parte da manufatura, a fim de alavancar a competitividade da indústria alemã. Em 2013 na feira de Hannover foi apresentado um trabalho que listava os principais requisitos para a implementação dessas tecnologias que acabou sendo disseminada como indústria 4.0 (HERMAN, 2015).

Diversas terminologias e propostas acabam surgindo de modo a diversificar e integrar os conceitos sobre indústria 4.0. O Quadro 1 traz um conjunto de definições de autores e pesquisadores no tema:

Quadro 1 – Abordagens conceituais sobre indústria 4.0

Abordagem Conceitual	Autores
O conceito industry 4.0 pode ser visto como uma abordagem fundamentalmente nova que reunirá os mundos físico e digital.	(PEREIRA; ROMERO, 2017)
O setor 4.0 pode ser entendido como um termo colaborativo para tecnologias e conceitos que abrangem toda a cadeia de valor da organização. É a integração de máquinas e dispositivos físicos complexos com sensores e software em rede, usados para prever, controlar e planejar melhores resultados comerciais e sociais.	(HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016)
A indústria 4.0 abraça o desenvolvimento de ambientes inteligentes que podem unir o mundo real e virtual através do uso do cps, integrando dispositivos, máquinas, módulos e produtos de produção, desencadeando ações e controlando-se autonomamente.	(WEYERT et al., 20115)
A indústria 4.0 está focada na criação de produtos, processos e procedimentos inteligentes. Em operários inteligentes, máquinas e recursos se comunicam facilmente. A essência da visão da indústria 4.0 reside na internet das coisas e na internet dos serviços, o que significa a conectividade onipresente de pessoas, coisas e máquinas. Produtos, equipamentos de transporte e ferramentas "cooperam" para criar melhor cada etapa da produção a seguir. Assim, leva à conectividade do mundo virtual e a objetos físicos no mundo real	(KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; KAGERMANN; HELBIG; HELLINGER; WAHLSTER, 2013)
O conceito industry 4.0 está relacionado à aplicação de tecnologias cps, como internet das coisas (iot), internet das coisas industrial (iiot) e big data, levando a manufatura à 4ª revolução industrial. A flexibilidade existente nas redes de criação de valor é aprimorada pela aplicação de sistemas de produção ciber-física (cpps).	(SHROUF; ORDIERES; MRAGLIOTTA, 2014)
O termo indústria 4.0 significa a quarta revolução industrial. Ele incorpora inovações técnicas emergentes para melhorar o setor e enfrentar alguns desafios globais.	(WANG et al., 2016)
A indústria 4.0 pode ser entendida como um impulso para um novo futuro industrial, onde os processos de criação de valor devem ser mais inteligentes e eficientes.	(BARZ et al., 20119)
A indústria 4.0 representa a capacidade de comunicação dos componentes industriais	PAN ET AL., 2015
A indústria 4.0 é a sobreposição de vários desenvolvimentos	(SCHMIDT et al., 2015)

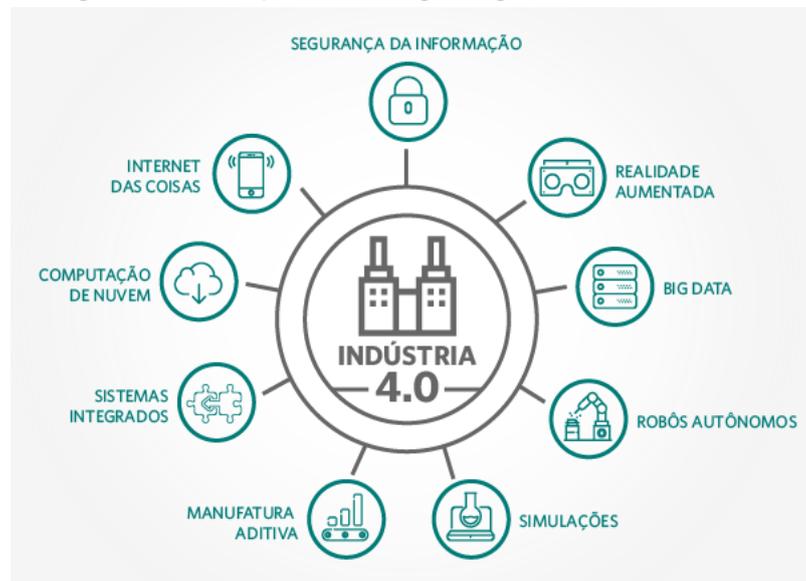
tecnológicos que abrangem produtos e processos. Está relacionado a sistemas físicos cibernéticos denominados que descrevem a fusão de fluxos de trabalho físicos e digitais.	
Indústria 4.0 é a vinculação de produtos e serviços entre si e seu respectivo ambiente através da internet e outros serviços de rede que permitem o desenvolvimento de novos produtos de serviço, para que muitas funções do produto funcionem independentemente sem intervenção humana.	(OJRA, 2018)
A indústria 4.0 representa a digitalização avançada em fábricas industriais na forma de uma combinação de tecnologias da internet e tecnologias orientadas para o futuro no campo de objetos "inteligentes" (máquinas e produtos).	(GLAS; KLEEMANN, 2016)
Indústria 4.0 é a transformação da indústria digital na internet.	(ROBLEK; MEŠKO; KRAPEŽ, 2016)
A indústria 4.0 é a soma de todas as inovações disruptivas derivadas e implementadas em uma cadeia de valor para abordar tendências em digitalização, capacitação, transparência, mobilidade, modularização, redes e socialização de produtos e processos.	(PFOHL et al., 2017)
O setor 4.0 é descrito principalmente como sistemas físicos interconectados, bem como tomadores de decisão (humanos) em tempo real sem fio. Consequentemente, esses sistemas devem estar conectados à internet, o que levou à recorrência do conceito de "internet das coisas".	(LI et al., 2017)
A indústria 4.0 é um sistema tecnológico complexo, fundamentalmente moldado pela conectividade, integração e digitalização da produção, enfatizando as oportunidades de integrar todos os elementos em um sistema de valor agregado.	(NEUGEBAUER et al., 2016)
A indústria 4.0 é toda a esfera da economia na qual processos de produção totalmente automáticos são baseados no intelecto artificial e a internet cria novas máquinas sem participação humana	(MAJEED; RUPASINGHE, 2017)
A indústria 4.0 descreve a quarta revolução industrial, que leva à produção inteligente, conectada e descentralizada, representando um novo nível de organização e regulamentação de toda a cadeia de valor de um produto ao longo de seu ciclo de vida. De fato, os avanços no armazenamento de dados e novas capacidades computacionais, juntamente com o desenvolvimento de tecnologias como inteligência computacional, robótica, manufatura aditiva e interação homem-máquina, estão lançando inovações que alteram a natureza e o conteúdo da própria manufatura.	(HARTMANN et al., 2015)

<p>O setor 4.0 lida com a conexão de todas as peças da máquina por meio de cadeias de dados e operações integradas. O industry 4.0 foi mencionado pela primeira vez em 2011 na feira de hannover e pode ser definido como um termo coletivo para as tecnologias e os conceitos de uma organização da cadeia de valor que cria conjuntamente os sistemas físicos, físicos (cps), a internet das coisas e a internet dos serviços, internet das pessoas (iop) e internet da energia.</p>	<p>(TUPA; SIMOTA; STEINER, 2017)</p>
<p>A essência do design da indústria 4.0 é a introdução de sistemas inteligentes conectados à rede que realizam a produção autorregulada: pessoas, máquinas, equipamentos e produtos se comunicam.</p>	<p>(KOVÁCS; KOT, 2016)</p>
<p>A indústria 4.0, também conhecida internacionalmente como internet industrial das coisas, refere-se à integração de tecnologias iot em indústrias de criação de valor que permitem aos fabricantes alavancar cadeias de valor totalmente digitalizadas, conectadas, inteligentes e descentralizadas</p>	<p>(KIEL et al., 2017)</p>
<p>Está sendo dada atenção crescente às implicações da integração de tecnologias iots na criação de valor industrial. Esse novo paradigma de manufatura digitalizada e conectada é conhecido como "indústria 4.0" ou "Internet industrial das coisas" (iiot) e está transformando fábricas estabelecidas em produção inteligente e autônoma.</p>	<p>(MÜLLER et al., 2018)</p>

Fonte: Adaptado de Rodrigues; Fernandes; Sanjulião (2020)

Segundo Kagermann et al. (2013), os principais pontos considerados na iniciativa da indústria 4.0 são segurança da informação, regulamentação, mudança na estrutura organizacional, padronização e eficiência. A Figura 5 ilustra as 9 principais tecnologias ligadas à indústria 4.0 para garantir estes requisitos.

Figura 5 – Principais tecnologias ligadas a Indústria 4.0



Fonte: Endeavor (2020)

- Segurança da Informação – Como todos os equipamentos estarão conectados na mesma rede, é extremamente necessário haver políticas de segurança bem explícitas para que não ocorra casos de vazamentos de informações, sabotagens ou até mesmo ciber ataques.
- Regulamentação – Os processos precisam estar em conformidade com as leis. A confidencialidade dos dados, os direitos intelectuais e a segurança das informações são padrões que precisam estar bem definidos na indústria 4.0
- Mudança na estrutura organizacional – Com a mudança estrutural de equipamentos, tecnologias e processos os trabalhadores agora deverão exercer funções mais analíticas e com poderes maiores de decisão e não apenas funções rotineiras de produção.
- Padronização – Com a inclusão de diversas tecnologias de diferentes linguagens, é importante que os elementos do sistema consigam se comunicar entre si.
- Eficiência – Desenvolver estratégias para redução de custos, com foco no uso inteligente dos recursos de energia e matéria-prima, conciliando também responsabilidade social e ambiental.

Todos esses processos envolvendo os avanços tecnológicos aplicados na indústria nos últimos anos, acabou gerando diretrizes mais específicas a fim de aprofundar as tecnologias aplicadas. O objetivo é criar novas maneiras de atender mais requisitos antes inaplicáveis para as indústrias.

Nesse sentido, pode-se dizer que existem nove eixos ou pilares que norteiam os estudos relacionados à indústria 4.0, sendo eles: Big Data, computação em nuvem, Internet das coisas, sistemas integrados, segurança da informação, manufatura aditiva, simulações, robôs autônomos e realidade aumentada (RIBEIRO, 2017).

O desenvolvimento contínuo referente as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 na produção industrial, resulta em diversos benefícios como melhoria na qualidade dos produtos, a flexibilização dos processos de fabricação, a redução de custos, a conservação ambiental, a redução de erros, o fim do desperdício, entre outros (RIBEIRO, 2017).

2.2.2 Big data analytics (BDA)

Big Data Analytics (BDA) pode ser definido como um conjunto de ferramentas e técnicas computacionais utilizadas para manipular complexas e extensas redes de dados (RIBEIRO, 2017). Estes dados podem ser gerados por celulares, postagens no Facebook, compartilhamento no Twitter, sugestões de vídeos no Youtube, Gifs do Whatsapp, tudo que se faz conectado pela internet gera dados (SILVEIRA, 2015).

As empresas entenderam que precisam aproveitar os dados gerados por essas ferramentas para reproduzir informações úteis para seus negócios, afinal essas informações estão dispersas gratuitamente em sua maioria (SANCHEZ, 2019). De acordo com Silveira (2015), nos últimos 10 anos ocorreu um salto na consolidação dos dados, devido à disrupção dos dispositivos móveis conectados à internet, ligados com a evolução de *softwares* destinados à análise dos dados.

Segundo Sanchez (2019) os 5 Vs do BDA, são as características básicas componentes do sistema, como também a sua identidade. A Figura 6 mostra de forma sintética como estas características se inter relacionam:

Figura 6 – Os 5 Vs do Big Data



Fonte: Neilpatel (2020)

- Volume – refere-se a quantidade de dados gerados, tratados e analisados.
- Variedade – diz respeito a variedade de fontes de obtenção de dados o que gera um aumento na complexidade das análises, como também na gama de recursos que podem ser extraídos dos dados tratados.
- Velocidade – para um grande volume de dados e uma variada gama de informações, a velocidade é um dos aspectos mais importantes no tratamento dos dados.
- Veracidade – as informações precisam ser confiáveis.
- Valor – resultado obtido através da utilização dos dados.

Para as empresas, o processo de implementação de BDA parte da mudança de estrutura, ou uma nova abordagem dentro da companhia, como a implementação de novas carreiras, mudança na forma de tomar decisão e também a credibilidade dos dados, pois o uso de BDA envolve tanto o gerenciamento como a análise de dados (SANCHEZ, 2019).

2.2.3 Computação em nuvem

Computação em nuvem, *cloud computing*, refere-se a transferência de dados e processamentos realizados em um ambiente externo ao requerido, e posteriormente onde se obtém os dados e resultados através da internet (RIBEIRO, 2017). Simplificadamente, pode-se afirmar que a nuvem é como um grande reservatório de dados, que fica disponível em tempo real através da internet (IEDI, 2017).

Ao invés das empresas se preocuparem com investimentos em armazenamentos de dados locais, servidores fixos e continuar com a cadeia de armazenamento desconexa, a utilização da tecnologia em nuvem agrega no sentido de que a sincronização dos dados ocorre de forma instantânea, trazendo mais segurança para os dados a serem tratados (BORLIDO, 2017).

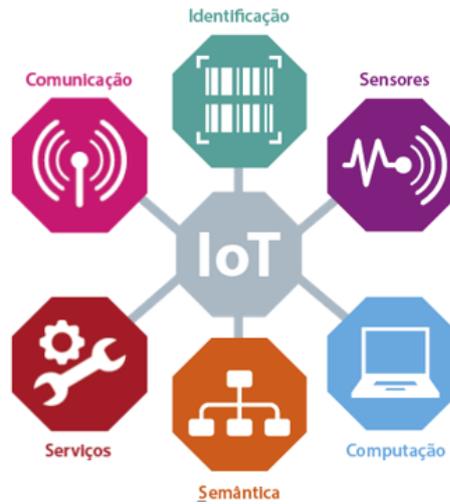
Outro ponto de destaque além da praticidade, é o custo, pois a utilização da tecnologia em nuvem reduziu consideravelmente o gasto com servidores físicos, infraestrutura de hospedagem tanto como em manutenção de equipamentos (BORLIDO, 2017).

2.2.4 Internet das coisas (IoT)

Internet das coisas ou *Internet of things – IoT*, é o termo que representa a interatividade entre as máquinas sem a intervenção humana (BORLIDO, 2017). Alguns autores a definem como uma rede de colaboração entre sistemas ciber-físicos buscando um objetivo em comum (IEDI, 2017).

A aplicação da IoT possibilita a comunicação eficiente entre sistemas, gerando operações inteligentes, troca de informação em tempo real entre sistemas e usuários. No cenário industrial, pode gerar aumento na produtividade, autonomia, eficiência, rastreabilidade entre outros benefícios (SANTOS, 2018). A Figura 7 apresenta os 6 blocos básicos para construção da IoT:

Figura 7 – Blocos da IoT



Fonte: Internet das Coisas: da Teoria à Prática (2020)

- Identificação – um dos blocos mais importantes, pois é necessário fazer a identificação do objeto para conectá-lo à internet.
- Comunicação – responsável pelas técnicas de conexão dos objetos inteligentes, como por exemplo *WiFi*, *Bluetooth*.
- Sensores – responsáveis pela coleta de informações sobre o contexto do qual os objetos se encontram, guardando-os em um centro de armazenamento para depois serem manipulados.
- Computação – neste bloco ocorre o processamento dos dados através de algoritmos alojados nos objetos inteligentes como por exemplo um *smartphone*.
- Serviços – são as funcionalidades que a IoT pode fornecer, como serviços de identificação que são responsáveis por exemplo, pelo posicionamento do GPS, a mensuração da temperatura de um local entre outras.
- Semântica – responsável pela extração dos dados adquiridos através dos objetos ligados na rede por meio do uso de gerenciadores de conhecimento.

2.2.5 Sistemas integrados

Empresas são organizações complexas e com diversas demandas específicas distribuídas em múltiplos setores, por isso tentar representar todos os seus elos de uma forma coesa e interligada é muito complicado (BORLIDO, 2017). A inexistência de uma visão integrada atrapalha na detecção de problemas, áreas de melhorias, lacunas de produção, estoque e impactos em mudanças de processos (CRESPO, 2015).

Sistemas Integrados ou *Enterprise Resource Planning* (ERPs), também conhecidos como Sistema Integrado de Gestão, são *softwares* que fazem a integração de diferentes setores de uma empresa (CRESPO, 2015). Os ERPs registram informações referentes a clientes, fornecedores, funcionários, produtos, vendas, compras, pagamento, impostos entre outros, com o objetivo de organizar o trabalho e facilitar o entendimento da dinâmica empresarial na tomada de decisões.

2.2.6 Segurança da informação

Segurança da informação pode ser definida como a proteção da informação, de modo a preservar a confidencialidade, integridade, disponibilidade, autenticidade, mitigando a vulnerabilidade das informações que possam vir a gerar perdas (GALEGALE, 2017).

Segurança da informação visa proteger as redes industriais, sistemas complexos de comunicação, contra acessos não autorizados que podem comprometer a atividade da companhia (CARDOSO, 2016). Num contexto geral, de acordo com Almeida et al. (2010) os conceitos e propriedades relevantes para gestão da segurança da informação são mostrados na Figura 8:

Figura 8 – Esquema da ontologia de segurança da informação



Fonte: Almeida et al. (2010)

- Organização – instituição pública ou privada composta por recursos materiais e humanos.
- Atributo de segurança – referente aos requisitos de segurança.
- Ativo – bem de propriedade da companhia tais como equipamentos, estoque, imóveis entre outros.
- Controle – procedimentos padronizados aplicados para reduzir a vulnerabilidade da empresa, geralmente acompanhado de medidas preventivas e corretivas.
- Ameaça – passível de dano aos ativos da organização explora eventuais vulnerabilidades. Podendo ser de origem humana ou natural, as ameaças podem ser originadas através de eventos acidentais ou uma ação deliberada.
- Vulnerabilidade – resultado da falta de medida de proteções adequadas, pode ser de origem técnica, física ou administrativa.

2.2.7 Manufatura aditiva

Manufatura Aditiva ou também conhecida como Impressão 3D, são os termos referentes a técnica de fabricação que formam um objeto através do depósito de materiais em camadas justapostas (SANTOS, 2018). Este processo permite criar produtos mais complexos em forma geométrica, diminuindo o desperdício de material, reduzindo o tempo de produção e aumentando a flexibilização da gama de produtos da empresa (IEDI, 2017).

As aplicações dos produtos provenientes da manufatura aditiva são diversas, como exemplo, no setor da saúde, onde são utilizados implantes ortopédicos, biomodelos para planejamento cirúrgico e até mesmo a criação de órgãos para auxílio em transplantes (SANTOS, 2018).

As tendências futuras apontam para o uso cada vez mais intensivo das tecnologias de manufatura aditiva. O enfoque no cliente, a possibilidade de se produzir bens com características específicas em baixa quantidade, produtos personalizados e a redução de desperdício na produção, são alguns dos aspectos que tornam vantajosa a inserção dessa técnica na indústria (BORLIDO, IEDI, 2017).

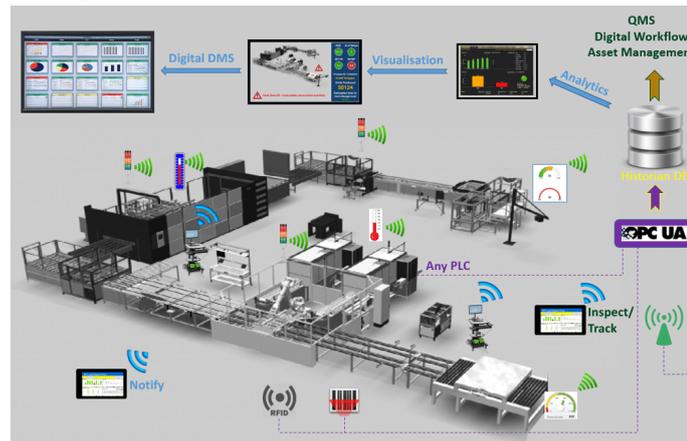
2.2.8 Simulações

Dentro das simulações está inserida a metodologia para resolução de problemas da vida real, que por meio do emprego de *softwares*, reproduzem um sistema real, e a partir dessa reprodução captam dados que serão computados para entender como as características do produto replicado está respondendo ao sistema criado (BANKS, 1998).

A simulação computacional é indispensável para garantir a eficiência no desenvolvimento de produtos, pois o uso desse recurso permite gerar bancos de dados que abrangem desde a discussão da identificação do problema, os primeiros rascunhos da solução, o protótipo, pré *build* até o produto final. Existem programas que permitem analisar o *design* do produto e sua eficiência, testar a qualidade do material que será utilizado na fabricação, a performance esperada e uma diversa gama de possibilidades relacionadas ao produto final (ALBERTIN, 2017).

A utilização das técnicas modulares de simulação, testes digitais e outros procedimentos virtuais inovadores, facilitam o desenvolvimento de novos produtos e a melhoria dos produtos correntes. A Figura 9 mostra um exemplo da aplicação da simulação em linha de produção:

Figura 9 – Simulação de uma linha de produção



Fonte: Smatfactory.IE (2020)

2.2.9 Robôs autônomos

Robôs autônomos e robôs colaborativos foram criados para executar tarefas repetitivas e aquelas com certo grau de dificuldade. Robôs podem ser considerados máquinas inteligentes que são capazes de executar determinadas tarefas sem o controle humano evidente (CARDOSO, 2016).

Uma das premissas da indústria 4.0 é a conectividade entre os ambientes. Nesse sentido, os robôs autônomos vêm apresentando destaque pela usabilidade em diversos segmentos e também pelos avanços tecnológicos neles empregados. Com o uso de outras técnicas da indústria 4.0 têm-se máquinas que operam diversas horas sem supervisão direta de humanos, aplicando todos os dados gerados nesse tempo para se auto programar, o que gera flexibilidade e otimização para a empresa. (ALBERTIN, 2017).

2.2.10 Realidade aumentada

A realidade aumentada pode ser considerada uma realidade mista, onde ocorre a interligação de objetos reais no mundo virtual ou a sobreposição objetos virtuais ao mundo real (NAKAMOTO, 2012). Uma das características da RA, é que ela pode criar um modelo virtual da realidade usando as tecnologias sonoras e gráficas como base (IEDI, 2017). Pode ser considerado um sistema que dispõe de maneira mais clara as informações contidas em um ambiente existente em forma de objetos virtuais, no intuito de auxiliar na execução da atividade no mundo real (NAKAMOTO, 2012). A Figura 10 mostra uma aplicação da realidade aumentada na manutenção de elevadores:

Figura 10 – Realidade aumentada na manutenção de elevadores



Fonte: Thyssenkrupp (2020)

Os sistemas de realidade aumentada podem ser divididos conforme o *display* utilizado, dentre eles os mais comuns são:

- Sistema de visão por vídeo baseado em monitor – utiliza um equipamento de vídeo para capturar a cena real. Depois de capturada, essa cena é misturada com objetos virtuais gerados pelo processador e o resultado é mostrado no monitor.
- Sistema de visão óptica direta – permite o recebimento direto de projeções virtuais ajustadas com o ambiente físico, através do uso de óculos.

- Sistema de visão óptica por projeção – nessa categoria de *display*, os objetos virtuais são projetados em superfícies reais sem a necessidade de utilizar equipamento para a visualização.
- Sistema de visão direta por vídeo – são empregadas duas câmeras de vídeo (ou mais) que servem para fazer o papel de olhos do usuário. A cena do mundo real é capturada pelas câmeras e misturada com objetos gerados pelo computador.

2.3. A Indústria Brasileira

Este capítulo descreve como ocorreu o desenvolvimento da indústria brasileira, abrangendo a Era Vargas até a atualidade.

2.3.1. A indústria brasileira em perspectiva

A opção pela industrialização nacional está diretamente relacionada à ruptura do frágil modelo agroexportador da economia brasileira após a crise de 1929. Devido à grande depressão, as importações reduziram cerca de 60%. Este resultado provocou uma queda significativa do PIB brasileiro, forçando a revisão do modelo de desenvolvimento em vigência.

2.3.1.1. A Era Vargas e Kubitschek

Até a década de 1930, a economia brasileira foi marcada quase exclusivamente pela dependência da dinâmica agrário-exportadora. As políticas econômicas da República Velha voltada em defesa dos interesses da elite cafeeira, associada à dominância do liberalismo econômico não cediavam espaço para iniciativas de investimentos no setor industrial (BORGES; CHADAREVIAN 2010). A burguesia industrial encontrava poucos representantes no espaço político da época. Na definição de Tavares (1983) o modelo de desenvolvimento predominante na República Velha foi “para fora” do tipo agrário-exportador.

Após o *crash* da bolsa de valores em 1929, os efeitos negativos da crise sobre a economia brasileira totalmente dependente da exportação de café, levou as autoridades a questionar a fragilidade dos fundamentos econômicos, o que resultou na adoção de uma política de controle das importações e maior diversificação da economia. A revolução de 1930 fez ascender à classe industrial intensificando assim o processo de industrialização do país (LACERDA, 2018).

O governo Vargas, ao reorientar a política econômica a partir do golpe de 1937, adotou medidas de controle como Estado favorecendo a expansão da indústria nacional como também o crescimento nacional ao todo. Vargas inspirado nos economistas argentinos Raul Prebisch e o brasileiro Celso Furtado, acreditava que essa era a melhor solução para tirar o país do subdesenvolvimento (BORGES; CHADAREVIAN 2010).

De acordo com Suzigan (2000) o crescimento da produção industrial nessa fase, fortaleceu-se com a substituição de importações¹, pela expansão do mercado interno (consumo e investimentos) e pelas exportações de produtos manufaturados. Políticas tarifárias e creditícias específicas foram criadas como também investimentos que alcançaram setores estratégicos principalmente estatais como a siderurgia e o setor químico. Data deste período, a construção em 1941 da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) e em 1953 a criação da Petrobrás.

A despeito dos limites e da ditadura do Estado Novo, Vargas foi partidário de políticas de proteção à indústria nacional. Foram características marcantes desse período, o Estado intervencionista e o pensamento autoritário influenciando positivamente o processo de industrialização (BORGES; CHADAREVIAN 2010).

A consolidação da indústria veio com Kubitschek e o Plano de Metas, entre 1956 e 1960, através da substituição de importações. De acordo com Gremaud et al. (2018 p. 402) “ [...] a lógica do Plano de Metas vai além do processo de substituição de importações, já que ele [...] busca promover a montagem de uma estrutura industrial integrada”.

¹ A substituição de importações ocorre quando o país começa a produzir internamente o que antes importava, o que ocorreu no Brasil com certa expressão na República Velha e em governos subsequentes.

O Plano era baseado nos estudos do BNDE-CEPAL, que buscava identificar o potencial do mercado para bens de consumo duráveis, com impacto sobre a demanda por bens intermediários, geração de emprego e sobre os bens de consumo leve. Tratava-se de um conjunto de 31 metas e mais a meta-síntese, isto é, a construção de Brasília, e, que segundo Lessa (1983, p. 70),

[...] constituiu-se a mais sólida decisão consciente em prol da industrialização na história econômica do país [...] e conferia prioridade absoluta à construção dos estágios superiores da pirâmide industrial verticalmente integrada e do capital social básico de apoio a esta estrutura. Daria continuidade ao processo de substituição de importações que vinha desenrolando nos dois decênios anteriores.

Os três principais eixos do Plano de metas foram: (a) investimentos estatais em infraestrutura – setores de transporte e energia elétrica; (b) estímulo ao aumento da produção de bens intermediários – aço, carvão, cimento, zinco entre outros; (c) incentivo à introdução de setores de consumo duráveis e de capital (GREMAUD et al., 2018).

A Tabela 1 mostra os resultados alcançados no Plano de Metas. De acordo com Lacerda (2018, p. 85), nesse período, “o PIB cresceu à taxa anual de 8,2%, o que resultou em um aumento de 5,1% ao ano na renda per capita.”

Tabela 1 – Taxas de crescimento do produto e setores (1955-1961)

Ano	PIB	Indústria	Agricultura	Serviços
1955	8,8	11,1	7,7	9,2
1956	2,9	5,5	-2,4	0
1957	7,7	5,4	9,3	10,5
1958	10,8	16,8	2	10,6
1959	9,8	12,9	5,3	10,7
1960	9,4	10,6	4,9	9,1
1961	8,6	11,1	7,6	8,1

Fonte: Gremaud et al. (2018 p. 404)

Cabe destacar que o desenvolvimento industrial no Plano de Metas, foi liderado pela produção de bens de capital e bens de consumo duráveis, cuja participação nos investimentos na indústria de transformação cresceu a uma taxa média anual de 22% entre 1955-1959. Nota-se que a base produtiva passou por expressivas

transformações conforme os objetivos dos propostos no plano que era a rápida industrialização, em especial a partir de 1958 (GREMAUD et al. 2018; LACERDA, 2018).

O Plano de Metas, entretanto, encontrou limitações como falta de financiamento, o que levou o governo a adotar emissão monetária e endividamento externo, o que provocou a aceleração inflacionária. Como a agricultura apresentou um desempenho ruim e as questões sociais foram praticamente desconsideradas, esta situação levou ao aprofundamento da concentração de renda (GREMAUD et al. 2018, LACERDA, 2018).

2.3.1.2. A economia e o setor industrial durante o regime militar

Segundo Prado (2011) ao longo do século XX o crescimento da economia brasileira proporcionou a alteração da estrutura produtiva brasileira, alternando a conjectura de acordo com as situações do momento. Para o autor, "Entre 1900 e 1980, o PIB brasileiro cresceu cem vezes, e a renda *per capita*, dez vezes".

Em Gremaud et al. (2018) no Brasil da década de 1960 ocorreu a passagem de um sistema político democrático para um regime militar autoritário, seguido de uma forte reversão da situação econômica. Foi no ano de 1963 que o Brasil enfrentou sua primeira grande crise econômica em sua fase industrial, com aceleração da inflação (90% em 1964), em consequência dos desequilíbrios gerados pelo Plano de Metas. O Quadro 2 traz uma síntese das possíveis explicações para a crise desse período:

Quadro 2 – A crise dos anos 60 e suas explicações

Crises	Fatores conjunturais	Fatores estruturais
Políticas	Instabilidade política	Crise do populismo
Econômicas	Política econômica recessiva de combate à inflação	1. Crise do PSI
		2. Crise cíclica endógena de uma economia industrial
		3. Inadequação institucional

Fonte: Gremaud et al. (2018 p. 410).

Nota: PSI – Processo de Substituição de Importações

O próprio modelo de industrialização por substituição de importações no longo prazo apresentou dificuldades, pois este processo concentra importação, e o crescimento acaba não se fazendo a taxas suficientes para a realização de novos investimentos. Numa outra abordagem, Gremaud et al. (2018) apontam que a crise

dos anos 1960 estava relacionada a uma desaceleração dos investimentos em bens de capital com repercussão sobre o restante da economia. O Plano de Metas pelos investimentos aplicados acabou por gerar excesso de capacidade produtiva reduzindo a necessidade de novos aportes, o que teve impactos sobre os demais setores e explica a crise do período.

O golpe militar de 1964 impôs de forma autoritária um encaminhamento técnico de medidas para resolver a crise econômica, “de forma adequada e segura”. É do governo Castelo Branco que surge o PAEG - Programa de Ação Econômica do Governo, visando adotar políticas de combate à inflação (conjunturais) para que o país pudesse retomar o crescimento econômico (LACERDA, 2018).

Entre 1968-1973, conforme a Tabela 2, observa-se uma consistente *performance* do PIB brasileiro com destaque para a indústria, conhecido historicamente como o Milagre Econômico:

Tabela 2 – Taxas de crescimento do produto e setores (1968-1973)

Ano	PIB	Indústria	Agricultura	Serviços
1968	9,8	14,2	1,4	9,9
1969	9,5	11,2	6,0	9,5
1970	10,4	11,9	5,6	10,5
1971	11,3	11,9	10,2	11,5
1972	12,1	14,0	4,0	12,1
1973	14,0	16,6	0,0	13,4

Fonte: Gremaud et al. (2018 p. 422)

Note-se que o milagre econômico brasileiro ocorreu no período linha dura da ditadura militar, época dos presidentes Artur da Costa e Silva até 1969 e Emílio Garrastazu Médici. Adicionalmente, o processo de substituição de importações foi intensificado, destacando-se os setores de bens de consumo duráveis e de capital, fortemente sustentado pelo fluxo de investimento estrangeiro direto (GIAMBIAGI et al. 2008).

Segundo Giambiagi et al. (2008, p. 225) “[...] a literatura brasileira recente de crescimento econômico fornece sólidas evidências de que o milagre brasileiro foi um milagre de produtividade”. Para esses autores, os fatores determinantes dessa notável expansão da economia brasileira foram decorrentes:

(a) Da política econômica do período 1968-1973, em especial as políticas monetária e creditícia expansionistas e os incentivos às exportações;

(b) Ambiente externo favorável, devido à grande expansão da economia internacional, melhoria dos termos de troca e crédito externo farto e barato;

(c) Das reformas institucionais do PAEG fiscais/tributárias e financeira, que teriam criado as condições para a aceleração subsequente do crescimento.

Verifica-se em Salomão e Marques Junior (2018) a importância da elevada participação e intervenção do setor público na economia nos seguintes aspectos:

(a) O controle dos principais preços da economia câmbio, juros, salários e tarifas sob a justificativa de manter a inflação sob controle;

(b) Coube ao Estado o expressivo investimento por meio de empresas controladas pelo governo que representou 50% da formação bruta de capital fixo naquele período.

As consequências das adoções, além do crescimento expressivo da economia, houve a queda moderada da inflação e o controle das contas externas. Um dos principais problemas desse período foi a piora da concentração de renda (SALOMÃO; MARQUES JUNIOR, 2018 p. 741).

A década de 1970 foi marcada pelo primeiro choque do petróleo (1973) e o rompimento do acordo internacional firmado durante a Segunda Guerra Mundial que buscava a estabilidade das taxas de câmbio internacionais. Observe-se que o rápido crescimento durante o período do Milagre, gerou desequilíbrios gerando pressões inflacionárias e de balança comercial (GREMAUD et al. 2018). Neste contexto, de acordo com Soares (2011) os países desenvolvidos começaram a ajustar suas economias em relação aos desequilíbrios externos e internos.

É neste contexto que em 1974, foi desenhado o II Plano Nacional de Desenvolvimento, quando o país já apresentava sinais de desaceleração da atividade econômica. Assim, entre as opções factíveis, o governo Geisel decidiu por não ajustar a economia para evitar uma recessão, optando por uma política de financiamento do crescimento econômico “forçado” via endividamento externo. A análise da escolha do governo Geisel pode ser entendida a partir de trechos de Maringoni (2016, p. 1-11):

[...] buscou enfrentar a crise internacional da época sem levar o país à recessão, definindo uma série de investimentos em setores-chave da economia. Combinava ação do Estado, da iniciativa privada e do capital externo. Sua execução foi seriamente comprometida pelo aprofundamento da contração internacional. Mesmo assim, foi capaz de dotar o Brasil de uma cadeia produtiva completa, algo inédito na periferia.

Tratava-se de um ambicioso projeto de investimentos e estímulos coordenados, que tinha o planejamento como métrica e uma combinação de capital privado, estatal e externo nos papéis de motores do crescimento. O II PND priorizava o aumento da capacidade energética e da produção de insumos básicos e de bens de capital.

De acordo com Gremaud et al. (2018) as prioridades da industrialização seriam o setor produtor de bens de capital e insumos básicos. Data desta época o projeto da usina hidrelétrica de Itaipu, adoção de energia nuclear, ampliação da prospecção de petróleo e expansão no sistema de transportes, incentivando as ferrovias e hidrovias - “O II PND foi a principal ferramenta para a constituição de uma economia moderna e diversificada no Brasil” (MARINGONI, 2016). A meta era manter o crescimento econômico em torno de 10% ao ano com crescimento industrial em torno de 12% ao ano. A Tabela 3 mostra os resultados alcançados:

Tabela 3 – Taxas de crescimento do PIB (1974-1979)

Ano	PIB	Indústria	Agricultura	Serviços
1974	9,0	7,8	1,0	9,7
1975	5,2	3,8	7,2	2,9
1976	9,8	12,1	2,4	8,9
1977	4,6	2,3	12,1	2,6
1978	4,8	6,1	-3,0	4,3
1979	7,2	6,9	4,9	6,7

Fonte: Gremaud et al. (2018 p. 439)

O II PND tinha como objetivo alterar o padrão de industrialização brasileiro, completando a substituição de importações com a busca do controle dos desequilíbrios externos, todavia esses objetivos se mostraram contraditórios. Entre os principais resultados do II PND Soares (2011, 84-85) aponta:

- (a) Alta participação do Estado nos aportes de investimentos;

(b) Magnitude dos projetos cujos expressivos investimentos e longos prazos de maturação não atraíam o capital privado;

(c) Expansão da dívida externa entre 1974 e 1979, que passou de US\$ 14,9 bilhões para US\$ 55,8 bilhões; e deterioração fiscal.

O Gráfico 1 mostra a trajetória da participação total da indústria na economia brasileira desde 1947, que em 2021 atingiu 22,2% do PIB (PORTAL DA INDÚSTRIA BRASILEIRA, 2019).



Portal da Indústria (2021)

Dados do IBGE mostram que a participação da indústria no Produto Interno Bruto (PIB) vem encolhendo expressivamente desde o início da década de 1990, e que no ano de 2021 pode ter fechado cerca de 800 mil empregos no setor. Esta retração pode ser explicada por uma combinação de problemas estruturais e conjunturais, que variam conforme a crise do momento (PORTAL DA INDÚSTRIA, 2021).

2.3.1.3. A indústria e a abertura comercial brasileira

Com o processo de abertura política e econômica implementado no governo Collor, o foco da política industrial transcende a expansão da capacidade produtiva e lança um olhar para a competitividade do mercado. Essa proposta foi detalhada no

documento Diretrizes Gerais para a Política Industrial e de Comércio Exterior (Pice²), e tinha como principais vertentes o “aumento da eficiência na produção e na comercialização de bens e serviços, com base na modernização e na reestruturação da indústria” (REGO; MARQUES, 2018, p. 188).

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) foi responsável por direcionar crédito às indústrias com melhores resultados em competitividade. Além disso aconteceu a tentativa de uma possível redefinição do papel do Estado na economia, viabilizando uma tentativa de parceria com o setor privado no sentido de buscar novos atores para conduzir a retomada da indústria nacional. É importante ressaltar que problemas relacionados à conjuntura econômica da época associadas a outras deficiências não levou a resultados positivos conforme esperado (REGO; MARQUES, 2018).

A partir dos anos 1990 as privatizações se mostraram um caminho alternativo no processo de modernização da economia, dada a escassez de recursos públicos. De acordo com Gremaud et al. (2019 p. 563-564) entre as principais razões se destacam:

- Ineficiência das empresas públicas seja em qualidade ou déficit financeiro;
- Diminuição da capacidade de investir e atualizar o parque industrial;
- Necessidade de gerar receitas para abater as dívidas das estatais;
- Mudança no cenário tecnológico e financeiro internacional.

Resende (2000, p. 9) afirma que durante o governo do presidente Fernando Henrique Cardoso, foram desenhadas políticas para o desenvolvimento da indústria nacional: (i) Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (1995) do Ministério da Indústria, Comércio e Turismo (MICT); (ii) Plano Plurianual: Ministério do Planejamento e Orçamento/IPEA (1996-1999) - como consequência surgiu o "Programa Brasil em Ação", que contemplava investimentos direcionados à infraestrutura, com o objetivo de reduzir o custo-Brasil, e (iii) Ações Setoriais para o Aumento da Competitividade da Indústria Brasileira, MICT (1997).

Com a urgente necessidade de se alcançar estabilidade econômica, muitas decisões de política macroeconômica acabaram se chocando com alguns objetivos

² Portaria MEFP nº 365, DE 26 de junho de 1990. DOU 27/06/1990.

da política industrial, resultando em poucos avanços nessa área. Por isso, empresários da época diziam que o governo FHC não teve efetividade em avanços referente a sua política industrial (GREMAUD et al., 2018).

No primeiro mandato do governo Lula iniciou-se a formação da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), que contou com a atuação de especialistas em política industrial, tecnológica e de comércio exterior. De acordo com Cano e Silva (2010, p. 7) a PITCE era composta de um conjunto de 57 medidas distribuídas em 11 programas de política, propondo-se a articular três planos distintos:

- (a) Linhas de ação horizontais (inovação e desenvolvimento tecnológico; inserção externa; modernização industrial; ambiente institucional/aumento da capacidade produtiva);
- (b) Opções estratégicas (bens de capital, semicondutores, software e fármacos);
- (c) Atividades portadoras de futuro (biotecnologia, nanotecnologia, biomassa e energias renováveis).

Um plano de ação que evidenciava o aumento da eficiência produtiva, o aumento da capacidade de inovação das empresas brasileiras e a expansão das exportações (CANO; SILVA, 2010 p. 7).

Tendo em vista algumas imposições da política macroeconômica, a PITCE não alcançou os resultados esperados. O desempenho da indústria pouco contribuiu para o crescimento e fortalecimento da economia brasileira no cenário internacional (CANO; SILVA, 2010). Para os mesmos autores, a redefinição da política industrial foi retomada no segundo mandato de seu governo por meio do Programa de Desenvolvimento Produtivo (PDP, 2008) que tinha como principais metas:

- (a) Ampliação da Taxa de Investimento/PIB;
- (b) Ampliação do investimento privado em P & D/PIB;
- (c) Ampliação da participação das exportações nas exportações mundiais;
- (d) Dinamização da Inovação de micro e pequenas empresas.

O programa se apoiou em diversos tipos de medidas (tributária/fiscal, financiamento, poder de compra por parte do governo, aprimoramento jurídico,

regulação e apoio técnico), a nova política tinha como objetivo a sustentação de um longo ciclo de desenvolvimento produtivo, apoiado no investimento, na inovação, na competitividade das empresas e na ampliação das exportações (CANO; SILVA, 2010).

O papel do BNDES foi importante na função de financiador do programa. Ressalta-se que a proposta visava a agilização e desburocratização dos financiamentos e significativo aporte de recursos, entre eles, desonerações fiscais da folha salarial e do custo da energia. Além da crise financeira de 2008, o PDP deparou com diversas dificuldades de implementação, tais como entraves das agências ambientais, compatibilização de metas fiscais de superávit com ampliação dos investimentos públicos, atração do setor privado entre outros. Apesar das inúmeras iniciativas, as macros metas da PDP estabelecidas em 2008 para 2010 não foram atingidas (CANO; SILVA, 2010).

Pode-se dizer que o Plano Brasil Maior foi a sucessão do PDP do governo Lula, constituindo-se na política industrial do governo de Dilma Rousseff. De acordo com Gremaud et al. (2018) o PBM engloba os esforços da política industrial dos governos anteriores, focando em criar estímulos à inovação e à competitividade da indústria brasileira.

O PBM estabeleceu um conjunto inicial de 35 medidas de caráter sistêmico, que seriam complementadas ao longo do período 2011-2014. Entre as principais medidas verificou-se: desoneração da folha de pagamento, regime especial setorial para o segmento automotivo, desoneração das exportações, defesa comercial, financiamento e garantia para as exportações, promoção comercial, desoneração tributária, financiamento ao investimento, financiamento à inovação, marco legal da inovação (SCHINCARIOL, 2019).

De acordo com (STUMM, 2019) tanto o PDP como o PBM transformaram a estrutura conceitual e operacional das políticas industriais brasileiras, mas a autora salienta que as metas não foram atingidas e que praticamente não houve nenhum impacto objetivo, evidenciando o fracasso na implementação dessas políticas industriais.

Após o *impeachment* de Dilma Rousseff em 2016, o sucessor Michel Temer, pouco avançou no campo da política industrial. Foram tomadas algumas medidas para a retomada no crescimento, mas apenas no âmbito de curto prazo.

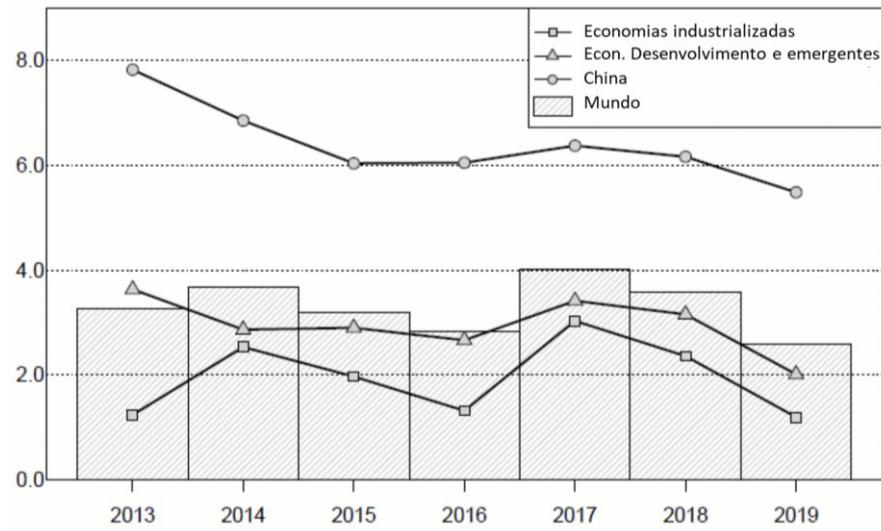
A perda de espaço da indústria brasileira é um problema estrutural que foi fortalecido por diversas crises que exigiram políticas macroeconômicas que não

auxiliaram na sua expansão. A indústria nacional é uma das que mais apresentaram recuo no mundo em quase 50 anos, onde o Brasil apresentou a terceira maior retração do setor entre 30 países, desde 1970, ficando atrás apenas da Austrália e do Reino Unido (IEDI, 2020).

Oureiro e Feijó (2010), observaram há dez anos os dados de valor adicionado da indústria ao PIB brasileiro conforme mostrado no Gráfico 2. Esses dados sinalizam que o país já poderia estar passando, ainda que precocemente, por um processo de desindustrialização:

Os dados referentes a taxa de crescimento da indústria de transformação, apontam para a continuidade da perda de importância da indústria brasileira nos últimos 15 anos (...) mostram sinais inquietantes da “doença holandesa”, ou seja, da desindustrialização causada pela apreciação da taxa de câmbio, sucedendo a valorização dos preços das commodities e dos recursos naturais perante os mercados internacionais (OUREIRO; FEIJÓ, 2010 p. 231).

Gráfico 2 – Crescimento anual do valor adicionado (a preços de 2015)



Fonte: UNIDO (2020)

Araújo e Mattos (2021) associam as dificuldades de alavancagem da indústria brasileira à financeirização da economia brasileira. Para estes autores, a eficácia da política industrial tanto em Lula como em Dilma, foi sabotada pelo longo período de apreciação do Real. Outra importante consideração é que “em níveis exorbitantes das taxas de juros tanto para consumo como quanto para investimento, não podiam ser

compensados por taxas de lucros compatíveis às necessidades da expansão industrial” (ARAUJO; MATTOS 2021 p. 522).

Na edição 1137 da Carta IEDI, publicada em abril de 2022, observa-se que a indústria brasileira não conseguiu alcançar o ritmo de recuperação verificado tanto nos países industrializados como na América Latina:

(..) embora tenhamos caído em 2020 tanto quanto a indústria global, nossa recuperação teve quase metade da intensidade do restante do mundo. Também ficamos longe dos países industrializados, cuja produção industrial avançou +7,3% em 2021 e ainda mais longe da China (+12,3%) e mesmo dos demais emergentes exceto China, que registraram +10%.

(...) Ficamos para trás também se olharmos apenas para a América Latina, cujo resultado de 2021 foi de +9,3%

No sentido de fortalecer políticas para o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil, em 2017 o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) instituiu o Grupo de Trabalho para este fim, com o objetivo de elaborar uma proposta de agenda nacional para o tema. Entre os principais temas, destaca-se o desenvolvimento e fomento dos conhecimentos tecnológicos, no intuito de facilitar a inserção e adoção das tecnologias da indústria 4.0. Até o momento não existe informações oficiais referentes aos resultados obtidos através desta iniciativa.

O Brasil faz parte dos países que se industrializou mais tarde em relação aos países capitalistas centrais, manifestando-se de forma mais contundente na década de 1930 com as indústrias de franjas manuais até o dia de hoje. Essa diferença fica ainda mais nítida quando se analisa estruturalmente as empresas nacionais com as multinacionais instalada em solo brasileiro.

2.3.1.4. O perfil da indústria paranaense

O estado do Paraná apresenta uma sólida base industrial, e os números publicados no Perfil da Indústria Brasileira (CNI,2020), traz uma ideia de sua contribuição para o crescimento econômico do país. A indústria paranaense neste ano respondeu por 49,3% das exportações efetuadas pelo estado, onde os produtos

manufaturados representam 36,8% do total das exportações. Vale ressaltar que foi responsável por 8,1% das exportações brasileiras de produtos industrializados (CNI, 2020).

Em 2020 o Paraná contava com 42.897 empresas industriais, e gerou 814.731 empregos neste segmento, que pagaram salário médio de R \$2.486,10. O Quadro 3 mostra a estrutura do emprego industrial no Paraná:

Quadro 3 – Estrutura do emprego industrial no Paraná

Microempresas	Pequenas Empresas	Médias Empresas	Grandes empresas
Até 9 empregados 73,6%	10 – 49 empregados 21,1%	50 – 249 empregados 4,4%	+ 250 empregados 0,9%
Emprego industrial 12,2%	Emprego industrial 22,1%	Emprego industrial 23,2%	Emprego industrial 42,5%

Fonte: Perfil da indústria (2020)

De acordo com o IPARDES, no ano de 2021 os setores da indústria paranaense que mais se destacaram foram a indústria automotiva, fabricação de máquinas e equipamentos, além do bom desempenho da construção civil 2021 (IPARDES, 2022). Em vídeo publicado pelo IBGE em novembro de 2021, o Paraná se destacou no 5º lugar do *ranking* entre os Estados Mais Ricos do Brasil, com um PIB nominal de R\$ 466.377.040 bilhões e PIB *Per Capita* de R\$ 40.788,00. Dados publicados pela Agência Estadual de Notícias do Estado do Paraná, mostraram que a indústria paranaense cresceu 9% em 2021.

A Tabela 4 sintetiza o desempenho da economia paranaense no 4º Trimestre de 2021 e outros dados comparativos:

Tabela 4 – Evolução do PIB – Paraná

ATIVIDADE	TAXAS (%)			VALOR (R\$ MILHÕES)	
	Taxa trimestral (em relação ao mesmo período do ano anterior)	Acumulad o no Ano	Taxa trimestre contra trimestre imediatamente anterior	Trimestre	Acumulad o no Ano
Agropecuária	- 8,05	-9,53	1,55	6944	72027
Indústria	0,98	8,52	-0,72	35955	142509
Serviços	-0,57	2,28	-1,15	70635	286057

valor	-0,54	2,56	-0,47	113534	500592
Adicionado					
Impostos	3,10	8,16	-0,55	19303	78708
PIB	0,01	3,33	-0,41	132837	579300

Fonte: IPARDES (2022).

Em 2022 o estado do Paraná segue enfrentando os desafios da inflação de custos, em especial o aumento de preços dos energéticos, em menor escala, instabilidades oriundas da Covid-19 e *lockdowns* na China que só foram encerrados no início do mês de junho de 2022. Além disso, outro importante impacto econômico para as economias regionais é o desenrolar da guerra na Ucrânia. Os dois países são importantes fornecedores de soja, milho, trigo e outros insumos importantes para a região. Outrossim, o Paraná foi o único estado da região Sul com alta na produção industrial em março de 2022 (AGÊNCIA FIEP, 2022).

Quando avaliado o acumulado deste primeiro trimestre com o mesmo intervalo de 2021, observa-se que a produção da indústria recuou 2,7% no Paraná, contra 2,1% na produção industrial nacional. O impacto sobre o emprego no mês de março, foi que dos 8.638 novos postos de trabalho criados no estado, a indústria foi responsável por 1.114 (AGÊNCIA FIEP, 2022).

Atento às mudanças necessárias, o conjunto automotivo empresarial paranaense junto com a Federação das Indústrias do Estado do Paraná, FIEP, elaboram o Roadmap Automotivo e Autopeças 2031 visando aumentar a representatividade do setor automotivo, visando através do fomento da inovação criar mecanismos de apoio a adequação e capacitação para os desafios da indústria 4.0. A ideia principal é a criação de um parque tecnológico focado em inovação, facilitando o acesso das empresas às novas tecnologias como também capacitação de mão de obra especializada para os novos desafios da indústria. (AGÊNCIA FIEP, 2022).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Essa seção descreve e detalha os procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa.

3.1 Classificação

Esta pesquisa situa-se na área multidisciplinar, envolvendo estudos que integram temas de engenharia e de economia, podendo ser classificada como uma pesquisa qualitativa (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Quanto à natureza, é uma pesquisa aplicada, pois o intuito é gerar conhecimento através de uma aplicação prática voltada à solução de um problema específico (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Quanto aos objetivos, considera-se exploratória, envolvendo além da revisão bibliográfica e documental, uma pesquisa de campo, que se deu por meio de entrevista, com a utilização de um questionário, aplicado a um grupo de profissionais da indústria paranaense local.

3.2 Estrutura Das Variáveis

3.2.1 Seleção das variáveis e segmentação da área de estudo

Para compreender um material no seu estado bruto, faz-se necessária uma análise aprimorada sobre o material da pesquisa. Um instrumento viável, nesse caso, é a análise de conteúdo, uma técnica de pesquisa que por meio de um conjunto de estratégias, analisa indicadores visando encontrar o sentido principal da mensagem (GERHARDT; SILVEIRA (2009). O objetivo foi analisar documentos, depoimentos, enunciados e entrevistas, na tentativa de visualizar a consistência temática por trás do assunto (MINAYO, 2007).

Esta atividade foi desenvolvida em três fases. A primeira consistiu em identificar na teoria, quais são os principais assuntos referentes à indústria 4.0 que vem sendo estudados. A segunda foi a delimitação territorial, onde se optou estudar o contexto do Estado do Paraná.

Pensando no ajuste final, os orientadores e o pesquisador optaram por utilizar a Técnica Delphi tendo em vista outras experiências que se mostraram bem sucedidas neste tipo de abordagem junto a especialistas de uma área de estudo. Esta ferramenta exige a validação de levantamentos teóricos de um estudo realizado por especialistas da área, o que confere maior confiabilidade na seleção das variáveis da pesquisa.

3.2.1.1 Os conceitos das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0

A primeira fase consistiu em determinar as variáveis adotadas na construção do instrumento de coleta de dados referente às tecnologias habilitadoras da indústria 4.0. Uma busca nas bases *Google Scholar* e *ScienceDirect* resultou em dois trabalhos, considerados os mais relevantes, e de maior aproximação com este estudo relacionados no Quadro 4:

Quadro 4 – Artigos internacionais de revisão sistemática

Artigo	Publicação	Nº Citações
1. Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives.	Official journal of the European Federation of Chemical Engineering: Part B	197
2. Industry 4.0 framework for management and operations: a review.	Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing	110

Fonte: Autor (2020)

Os estudos mais recentes, indicam a existência de nove conceitos no escopo da indústria 4.0, que vêm sendo destacados sistematicamente em estudos e trabalhos científicos:

- IoT – Internet das coisas;
- Big Data;
- Computação em Nuvem (*Cloud computing*);
- Simulações;
- Robôs autônomos;
- Manufatura Aditiva (3D – *printing*);
- Segurança Cibernética (*Cyber Security*);
- Realidade Aumentada (*Augmented Reality*);
- Integração de sistemas (*System Integration*).

Considerando o que foi tratado no primeiro artigo, foram encontradas 529 publicações em diferentes repositórios e bases acadêmicas. Após remover duplicatas, combinações de palavras e artigos sem aprofundamento técnico no tema, restaram 85 dos quais foram retirados os 9 principais conceitos acima relacionados.

Quanto ao segundo artigo, mesmo trabalhando com uma base de dados alternativa, o resultado encontrado foi relativamente semelhante ao do primeiro artigo citado, o que mostra que os principais conceitos relacionados nesses trabalhos são tratados em outros trabalhos referentes às tecnologias da indústria 4.0.

3.2.1.2 Delimitação da pesquisa

Todo trabalho de conclusão de curso requer a definição de um escopo viável dentro de um cronograma de desenvolvimento possível em um semestre. Junto aos professores orientadores foi decidido implementar um recorte geográfico, e o Paraná foi selecionado como espaço territorial da pesquisa, pois é onde reside e estuda o pesquisador.

Além disso, o Paraná apresenta uma significativa taxa de contribuição ao PIB nacional. Segundo boletim do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico do Paraná (IPARDES,2021) o PIB do estado cresceu 3,3% em 2021, o melhor resultado desde 2014, o equivalente a 6,67% do PIB brasileiro.

Foi adotada nesta pesquisa a classificação do IBGE (2020), onde os principais segmentos são do setor industrial paranaense considerados são: o setor alimentício, os serviços industriais de utilidade pública, o segmento da construção, a indústria de veículos automotores, e o segmento de derivados de petróleo e biocombustíveis. Estes segmentos representam cerca de 69% do polo industrial do estado conforme mostrado no Quadro 5:

Quadro 5 – Composição Industrial Paranaense do IBGE

Setor	Composição Industrial no Paraná
Alimentos	19,1%
Serviços industriais e de utilidade pública	18,5%
Construção	17,3%
Veículos e automóveis	8,1%
Derivados de petróleo e biocombustíveis	5,7%

Fonte: IBGE (2020)

Este mapeamento objetivou compreender como os principais elementos das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0, vem sendo explorados pela academia, bem como auxiliar na estruturação da pesquisa e na definição do instrumento de coleta de dados. Nota-se que não foi encontrado nenhum trabalho com enfoque similar ao proposto nesse estudo, visto que muitos dos trabalhos são focados essencialmente na aplicabilidade de um conceito e num determinado segmento industrial.

Outro fator que foi levado em consideração, foi a adesão a participação dos especialistas no estudo, pois dentro do estado é possível maior acesso aos profissionais da indústria, inclusive pela comunicação entre a universidade e as empresas, professores facilitadores, ex-alunos e outros colaboradores.

Pelo fato da região de Curitiba ser em sua maioria de indústrias do setor automotivo, pode-se considerar um viés referente a delimitação da pesquisa, pois a cidade conta com diversas empresas de matriz internacional, o que pode gerar resultados que não correspondem a realidade da maioria das indústrias paranaenses, devido as diferenças de ideais, objetivos como também de capital.

Esta proposta inova ao abordar diretamente especialistas das principais empresas do segmento industrial do Paraná, perguntando-lhes diretamente quais tecnologias estão sendo realmente incorporadas e como o aspecto econômico influencia suas decisões.

3.2.1.3 Seleção dos especialistas e coleta de dados

Para a seleção dos especialistas e aplicação do instrumento de coleta de dados será utilizada a Técnica Delphi. A seleção dos especialistas obedecerá às premissas determinadas por Linstone e Turoff (2002) e Crespo (2007), que se fundamentam no procedimento de auto avaliação. Powell (2003) recomenda a formação de grupos heterogêneos, pois tendem a produzir soluções de maior qualidade e aceitação.

Na etapa de auto avaliação, será enviado o formulário Apêndice 1, onde os próprios participantes da pesquisa avaliam suas competências e fontes de informação que lhes permitam argumentar e sustentar suas opiniões a respeito do tema que será investigado. O coeficiente de competência de cada participante (K_{comp}) será medido com base no critério de Crespo (2007) formado a partir do Coeficiente de Conhecimento (K_c) e do Coeficiente de Argumentação ou Fundamentação (K_a), calculado por meio da expressão:

$$K_{comp} = \frac{1}{2}(K_c + K_a) \quad (1)$$

Onde:

- K_a - Obtido através das respostas dos colaboradores sobre o grau de influência (baixo, médio ou alto) que ele tem sobre o seu o nivelamento do seu conhecimento.
- K_c – Coeficiente baseado no conhecimento dos colaboradores sobre o tema, obtido através da auto avaliação.

Quadro 6 – Escala de análise da autoavaliação dos colaboradores

se $0,8 \leq K_{comp} < 1,0$	coeficiente de competência alto
se $0,5 \leq K_{comp} < 0,8$	coeficiente de competência médio
se $K_{comp} < 0,5$	coeficiente de competência baixo

Fonte: Autor (2020) adaptado de Crespo (2007)

A escala de interpretação mostrada no Quadro 6, considerou como os participantes deste estudo, aqueles cujo resultado do K_{comp} foi médio e alto como mostrado no Quadro 7 na seção de análise dos resultados.

Quadro 7 – Escala de interpretação das fontes de argumentação

Fontes de Argumentação	Alto	Médio	Baixo
Análises teóricas realizadas por você	0,30	0,20	0,10
Sua experiência	0,50	0,40	0,20
Conhecimento de trabalhos referenciados por autores nacionais	0,05	0,04	0,03
Conhecimento de trabalhos referenciados por autores estrangeiros	0,05	0,04	0,03
Seu próprio conhecimento acerca dos temas	0,05	0,04	0,03
Sua intuição	0,05	0,04	0,03

Fonte: Crespo (2007)

Uma vez definido o conjunto de especialistas, deu-se o início a etapa de coleta de dados, conforme mostrado no Apêndice 1, que abordou questões distribuídas em quatro blocos, onde no primeiro bloco se procurou conhecer o histórico do respondente; no segundo bloco foram coletadas as informações sobre a autoavaliação do respondente, que é um aspecto importante desta proposta do trabalho. O terceiro bloco abrange as questões técnicas relacionadas ao conhecimento do participante sobre as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 e o último bloco trouxe as questões econômicas referentes ao tema.

3.3 Método Ou Técnica Delphi

A metodologia Delphi será aplicada com a finalidade de explorar como e quais as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 são utilizadas, avaliadas ou estão sendo estudadas para implementação futura no grupo de empresas selecionadas para o estudo. Trata-se de um método que “busca facilitar e melhorar a tomada de decisões feitas por um grupo de especialistas, sem interação cara-a-cara” (OSBORNE et al., 2003 p. 697). Optou-se pelo Delphi convencional, pois o objetivo foi verificar se haveria consenso na opinião dos especialistas selecionados, acerca do escopo deste estudo (MARQUES; FREITAS, 2018).

A metodologia Delphi foi desenvolvida por órgãos de defesa estadunidense baseando-se nos modelos matemáticos de Olaf Helmer e Theodore J. Gordon, com o objetivo de alcançar o consenso entre um grupo de militares especialistas sobre possíveis ataques com bombas atômicas (BOBERG; MORRIS-KHOO, 1992).

Consiste na aplicação de um instrumento de coleta de dados, cujo objetivo final é obter a validação de indicadores propostos, garantindo a opinião dos resultados por meio de cálculos estatísticos. Um aspecto importante é que o Delphi assegura o anonimato dos participantes, o que permite uma maior imparcialidade e segurança nas respostas (BRAVO ESTÉVEZ; GALLASTEGUI, 2005). Existe três de característica que definem esta técnica de outras:

- i) anonimato; ii) retorno das contribuições individuais; iii) construção da resposta do grupo como um todo; iv) possibilidade de revisão e alteração das respostas (LINSTONE e TUROFF, 2002; OSBORNE et al., 2003).

Não existe na literatura um consenso acerca do número ideal de participantes nas pesquisas envolvendo o Delphi. Hasson et al. (2000) e Vergara (2008) comentam que o número pode variar dependendo do nível do problema e dos recursos disponíveis para a aplicação da metodologia. Já León e Montero (2004) sugerem entre 10 – 30 participantes; Gordon (1994) sugere entre 15 – 35; Landeta (2002) entre 7 – 30 e Skolimowski et al. (2007) sugerem entre 10 – 15 especialistas.

A metodologia Delphi tem expressiva aceitação entre pesquisadores. Por meio de um exercício de busca na Internet, quando se filtram as palavras-chave associando os termos Indústria 4.0 e Método Delphi, verifica-se um expressivo número de artigos recentes citados em importantes canais da comunidade científica. O Quadro 8 traz uma síntese dos resultados com essa combinação de palavras-chave que foi realizada no primeiro semestre de 2020.

Quadro 8 – Associação de termos Delphi e Indústria 4.0

ARTIGOS	Número Citações
Culot, Giovanna, et al. " <i>The future of manufacturing: A Delphi-based scenario analysis on Industry 4.0.</i> " <i>Technological forecasting and social change</i> 157 (2020): 120092.	2
Schroeder, Andreas, et al. " <i>Capturing the benefits of industry 4.0: a business network perspective.</i> " <i>Production Planning & Control</i> 30.16 (2019): 1305-1321.	15
Moeuf, Alexandre, et al. " <i>Identification of critical success factors, risks and opportunities of Industry 4.0 in SMEs.</i> " <i>International Journal of Production Research</i> 58.5 (2020): 1384-1400	22
Stock, Tim, et al. " <i>Industry 4.0 as enabler for a sustainable development: A qualitative assessment of its ecological and social potential.</i> " <i>Process Safety and Environmental Protection</i> 118 (2018): 254-267	95
Samaranayake, Premaratne, Krishnamurthy Ramanathan, and Tritos Laosirihongthong. " <i>Implementing industry 4.0—A technological readiness perspective.</i> " <i>2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)</i> . IEEE, 2017.	30

Fonte: O autor (2020)

A aplicação do Delphi pode ocorrer em diferentes etapas conforme verificado em Linstone e Turoff (2002). Note-se que cada uma das etapas deve ser criteriosamente preparada e implementada, todo o processo deve ser registrado e detalhado. Pensando em otimizar a dinâmica da técnica, adotou-se a seguinte ordem de atividades como mostra o Quadro 9:

Quadro 9 – Cronograma de aplicação do Delphi

Atividade	Início	Fim
Escolha do grupo de especialistas	09/2020	11/2020
Primeiro contato e convite para participação na pesquisa	04/2021	04/2021
Envio do instrumento de coleta de dados (Apêndice 1)	04/2021	06/2021
Recebimento das respostas	06/2021	06/2021
Análise dos resultados	03/2022	06/2022
Encerramento de processo	06/2022	06/2022

Fonte: (Autor) 2022

O Delphi tem sido amplamente empregado por diversas áreas de estudo e também em âmbito empresarial. É descrita como uma técnica que busca melhorar e facilitar a tomada de decisão bem como para identificar novas ideias e estratégias para a proposição de políticas organizacionais mais gerais (MARQUES, 2018).

Como limitações dessa metodologia, observa-se que os resultados podem apresentar um viés único devido à opinião de um grupo particular; a sua aplicação demanda um longo tempo para a obtenção de resultados; existem limitações de tempo para gerar mais de uma rodada de respostas dos especialistas – em especial neste grupo de voluntários que atuam na iniciativa privada, além, e não menos importante, se há ou não o real interesse dos participantes em retornar no prazo previsto do cronograma da pesquisa.

3.4 Técnicas estatísticas

Aluno e a coorientadora, procuraram um professor de estatística da própria universidade, para discutir quais as melhores estratégias de tratamento dos dados obtidos com a pesquisa. Foi lhes recomendado para o bloco de economia, a utilização da análise de dados categóricos, também conhecidos por análise de dados discretos (GIOLO, 2009). Considerando as informações disponíveis e o tipo de observação, optou-se pela utilização de tabelas de contingência do tipo 2 x 2, conforme a Tabela 5:

Tabela 5 – Representação de uma tabela de contingência 2 × 2

Categorias da variável X	Categorias da variável resposta Y		Totais
	j = 1	j = 2	
i = 1	n11	n12	n1+
i = 2	n21	n22	n2+
Totais	n+1	n+2	n++ = n

Fonte: (GIOLO, 2009 p.4)

Adicionalmente foi aplicado o Teste Exato de Fisher, um teste não paramétrico, para estimar associações bivariadas obtidas a partir dos cruzamentos das observações dos especialistas. Esse teste fornece o valor-p exato e não exige técnica de aproximação, mostrando-se preciso para todos os tamanhos amostrais (GIOLO, 2009). As hipóteses foram agrupadas em dois grupos principais:

- (i) Estágio de adequação do Brasil a era digital para a adoção das tecnologias da indústria 4.0;
- (ii) Ambiente econômico e de negócios no Brasil que influenciam na adoção das tecnologias da indústria 4.0.

Considerando que as escalas foram interpretadas em nível de importância, as hipóteses se restringiram à observância da importância dos itens de cada um dos grupos de análise por parte dos especialistas. Para a adequação ao teste exato de Fisher, as escalas foram dicotomizadas em Nível alto de Importância e Nível Médio e Baixo de Importância. As variáveis de controle utilizadas foram:

- (i) Grau de conhecimento (dividido entre acima e abaixo da média);
- (ii) Setor de atuação (dividido em industrial e não industrial).

Vale ressaltar que na proposta inicial do TCC 1, havia-se planejado a elaboração de uma Matriz *Swott* a qual foi descartada na segunda fase do TCC 2, por não dispormos de informações consistentes. Em estudos futuros, seria adequado direcionar o instrumento de coleta de dados com questões que possam subsidiar a elaboração de uma matriz *Pestel*³.

³ Uma análise *Pestel* estuda os principais fatores externos (políticos, econômicos, sociológicos, tecnológicos, jurídicos e ambientais) que influenciam uma organização.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir das respostas fornecidas pelos participantes da pesquisa, conseguiu-se aplicar o coeficiente de competência de cada participante. Como descrito dentro da metodologia, para obter o coeficiente de competência primeiro precisamos obter o coeficiente de conhecimento (K_c), que foi oriundo da pergunta de auto valoração do grau de conhecimento que a pessoa tem sobre o tema, como também o Coeficiente de Argumentação (K_a)

O coeficiente de argumentação e fundamentação (K_a), foi resultado das respostas dos colaboradores sobre o grau de influência que ele tem sobre o nível referente ao tema. Como parte do cálculo do K_a é a valoração da experiência da pessoa relacionada ao tema, optou-se por aproveitar o máximo possível o potencial dos questionários retornados, dado que são resultados de fonte primária, conforme classificação do Quadro 10:

Quadro 10 – Ajuste para o cálculo do coeficiente de argumentação

Anos de experiência	Experiência prática (K_a)
1 ano ou menos	Baixo
1 a 3 anos	
3 a 6 anos	Médio
6 a 10 anos	Alto

Fonte: O autor (2022)

De acordo com o Quadro 11, note-se que os especialistas selecionados possuem formação em engenharia, sendo e que a frequência relativa de 70%⁴ dos respondentes, cursou engenharia mecânica e 80% respondeu que atua em empresas de grande porte e possuem menos de 3 anos de experiência no mercado de trabalho. Este resultado sugere que as empresas estão contratando jovens profissionais já olhando como melhor atender às crescentes demandas do mercado.

Quadro 11 – Caracterização dos especialistas

R	5. Área de Formação:	6. Cargo ocupado na empresa:	K_a	K_c	K_{comp}
R1	Engenharia Mecânica	Analista engenharia de qualidade	0,74	0,6	0,67
R2	Engenharia de Produção	Trainee Jr	0,46	0,8	0,63
R3	Engenharia Mecânica	Analista de Logística SR	0,53	0,7	0,615
R4	Engenharia Mecânica	Fundador	0,55	0,7	0,625

⁴ Frequências relativas: são os valores das razões entre as freqüência absolutas de cada classe e a freqüência total da distribuição. A soma das freqüências relativas é igual a 1 (100 %).

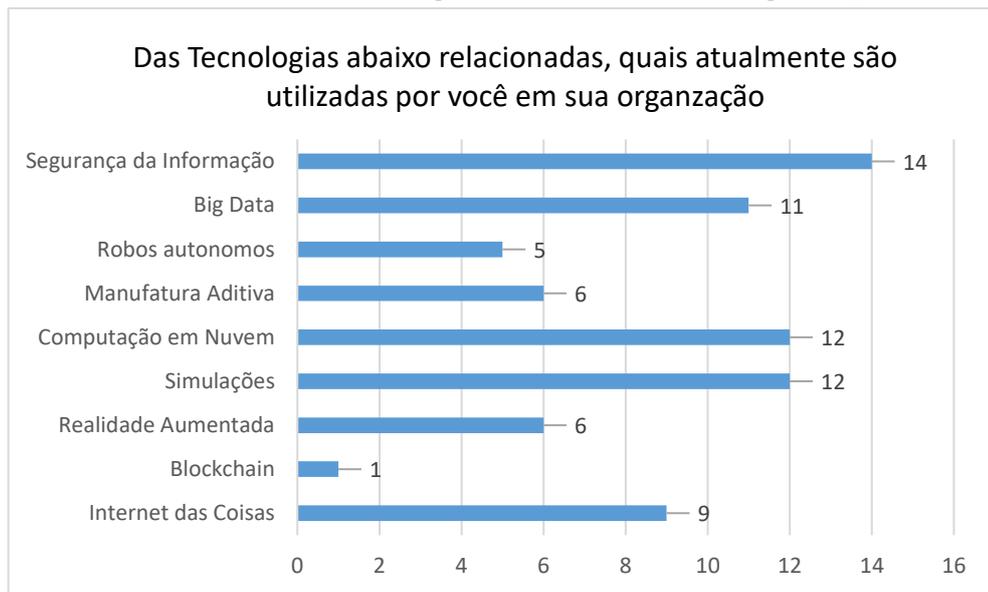
R5	Engenharia Mecânica	Analista de Processos	0,74	0,6	0,67
R6	Engenharia Química	Consultor de Business Intelligence e Transformação Digital	0,55	0,8	0,675
R7	Engenharia Mecânica	Projetista	0,64	0,5	0,57
R8	Engenharia Mecânica	Especialista / Coordenador	0,54	0,7	0,62
R9	Engenharia eletrônica	Líder de projeto	0,56	0,6	0,58
R10	Engenharia Mecânica	Analista de Manutenção	0,55	0,6	0,575
R11	Engenharia Mecânica	Técnico de Qualidade	0,68	0,8	0,74
R12	Engenharia Química	Engenheiro de Vendas	0,84	0,7	0,77
R13	Engenharia Mecânica	Consultor de estratégia	0,56	0,7	0,63
R14	Engenharia Mecânica	Consultor de projetos júnior	0,46	0,7	0,58
R15	Engenharia Mecânica	Engenheiro de testes	0,96	0,6	0,78
R16	Engenharia Mecânica	Analista de Produto	0,73	0,5	0,615
R17	Engenharia Mecânica	Coordenador CAE	0,75	0,6	0,675
R18	Engenharia Mecânica	Técnico de Produto	0,65	0,4	0,525
R19	Engenharia de Controle e Automação	Analista de validação	0,45	0,6	0,525
R20	Engenharia Mecânica	Engenheiro de planejamento técnico	0,55	0,7	0,625

Fonte: O autor (2022)

Esse resultado é compatível com a matriz predominante da área automobilística na região de Curitiba, onde têm-se multinacionais instaladas como Bosch, Volvo, Renault, Volkswagen, entre outras empresas que fornecem equipamentos e serviços para as demais, como também da crescente demanda de novas empresas que estão surgindo no cenário curitibano, como exemplo os unicórnios EBANX e MadeiraMadeira. Nesse contexto, pode-se concluir que 30% dos respondentes atuam fora das empresas citadas.

Quando perguntados sobre quais tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 estão relacionadas nas suas atividades de trabalho, todos os respondentes afirmaram ter contato com alguma das tecnologias validadas teoricamente pela literatura nacional e internacional. 80% assegura ter contato direto com pelo duas tecnologias distintas. Apenas um dos participantes declarou ter contato com todas as tecnologias simultaneamente na sua rotina profissional.

O Gráfico 3 mostra que 70% dos participantes afirmou ter contato com tecnologias de Segurança da Informação e apenas 1 especialista citou ter contato direto com a tecnologia de Blockchain.

Gráfico 3 - Quais tecnologias você utiliza na sua organização

Fonte: O autor (2022)

Quando questionados com base na própria experiência e conhecimento, quais das tecnologias são as mais relevantes, os respondentes com uma frequência relativa de 45% responderam que Big Data e Segurança da Informação são consideradas essenciais em suas atividades. Outrossim, Robôs Autônomos e Realidade Aumentada foram citadas apenas 1 vez como a principal tecnologia envolvida na atividade de trabalho.

Para avaliar como os especialistas percebem as questões relacionadas ao ambiente econômico em favor da utilização das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 nas organizações, foi utilizado o *software* de domínio público R ou linguagem R, versão 4.1, que permite a análise e manipulação de dados com testes paramétricos e não paramétricos.

Para a aplicação do teste exato de Fisher adotou-se como premissa o nível de significância de 5% para rejeição de hipótese nula - Hipótese 1: Estágio de adequação do Brasil à era digital para adequação das tecnologias da indústria 4.0.

H_0 = empresas industriais e não industriais.

H_1 = função do grau e conhecimento sobre a indústria 4.0 dos especialistas.

Quadro 12 – Grupo 1 – Estágio de adequação do Brasil a era digital

Pergunta	Afirmativa	Rejeição Hipótese
P1	Existe diferença significativa da importância da difusão para indústrias e não industriais ou em função do grau de conhecimento sobre indústria 4.0 dos especialistas?	Não
P2	Existe diferença significativa da importância da infraestrutura digital para indústrias e não industriais ou em função do grau de conhecimento sobre indústria 4.0 dos especialistas?	Não
P3	Existe diferença significativa da importância da Competências ou habilidades digitais para indústrias e não industriais ou em função do grau de conhecimento sobre indústria 4.0 dos especialistas?	Não
P4	Existe diferença significativa da importância da Política Industrial em direção à economia digital para indústrias e não industriais ou em função do grau de conhecimento sobre indústria 4.0 dos especialistas?	Não
P5	Existe diferença significativa da importância da Política de inovação (P & D) para indústrias e não industriais ou em função do grau de conhecimento sobre indústria 4.0 dos especialistas?	Não
P6	Existe diferença significativa da importância da Política regulatória (defesa da concorrência) para indústrias e não industriais ou em função do grau de conhecimento sobre indústria 4.0 dos especialistas?	Não
P7	Existe diferença significativa da importância do Controle e uso de dados para indústrias e não industriais ou em função do grau de conhecimento sobre indústria 4.0 dos especialistas?	Não
P8	Existe diferença significativa da importância das Estratégias de desenvolvimento para indústrias e não industriais ou em função do grau de conhecimento sobre indústria 4.0 dos especialistas?	Não

Fonte: Autor (2022)

Tabela 6 – Percepção de Estágio de Adequação do Brasil a Era Digital

	p-value	Setor Significativo	p-value	Conhecimento Significativo
P1	0,0698	Não	0,368	Não
P2	0,4	Não	0,45	Não
P3	~1	Não	~1	Não
P4	~1	Não	0,3618	Não
P5	~1	Não	0,6424	Não
P6	~1	Não	~1	Não
P7	~1	Não	0,362	Não
P8	~1	Não	0,3189	Não

Fonte: O autor (2022)

Nota: onde P é a pergunta do instrumento de coleta de dados

Interpretação dos resultados: p value de P1 = Existe diferença significativa da importância da difusão das tecnologias da indústria 4.0 para industriais e não

industriais ou em função do grau de conhecimento sobre indústria 4.0 dos especialistas? O teste sugere que não há evidências para rejeitar H_0 ($p=0,50$). O mesmo resultado se aplica às demais questões relacionadas no Quadro 12.

Para a Hipótese 2 – Ambiente econômico e de negócios para a adoção das tecnologias da indústria 4.0, foi adotada a mesma premissa de 5% para rejeição de hipótese nula conforme Quadro 13 e Tabela 7:

Quadro 13 – Grupo 2 – Ambiente econômico e de negócios no Brasil

Pergunta	Afirmativa	Rejeição Hipótese
P1	Existe diferença significativa da importância atribuída ao custo de implantação para adoção de tecnologias da Indústria 4.0 entre empresas indústrias e não industriais ou em função do grau de conhecimento sobre indústria 4.0 dos especialistas?	Não
P2	Existe diferença significativa da importância atribuída à disponibilidade de fontes de financiamento público para empresários para adoção de tecnologias da Indústria 4.0 entre empresas indústrias e não industriais ou em função do grau de conhecimento sobre indústria 4.0 dos especialistas?	Não
P3	Existe diferença significativa da importância atribuída ao Investimento público em Ciência e Tecnologia para adoção de tecnologias da Indústria 4.0 entre empresas indústrias e não industriais ou em função do grau de conhecimento sobre indústria 4.0 dos especialistas?	Não
P4	Existe diferença significativa da importância atribuída ao potencial do mercado consumidor de bens relacionados à ind.4.0 para adoção de tecnologias dessa Indústria entre empresas indústrias e não industriais ou em função do grau de conhecimento sobre indústria 4.0 dos especialistas?	Não
P5	Existe diferença significativa da importância atribuída ao potencial do mercado produtor de bens relacionados à indústria. 4.0 para adoção de tecnologias dessa Indústria entre empresas, indústrias e não indústrias ou em função do grau de conhecimento sobre indústria 4.0 dos especialistas?	Não
P6	Existe diferença significativa da importância atribuída à Tributação destinada aos setores selecionados da ind. 4.0 para adoção de tecnologias dessa Indústria entre empresas, indústrias e não indústrias ou em função do grau de conhecimento sobre indústria 4.0 dos especialistas?	Não
P7	Existe diferença significativa da importância atribuída ao Padrão distributivo de renda brasileiro para adoção de tecnologias da Indústria 4.0 entre empresas indústrias e não industriais ou em função do grau de conhecimento sobre indústria 4.0 dos especialistas?	Não
P8	Existe diferença significativa da importância atribuída à Relevância para a competitividade para adoção de tecnologias da Indústria 4.0 entre empresas indústrias e não industriais ou em função do grau de conhecimento sobre indústria 4.0 dos especialistas?	Não
P9	Existe diferença significativa da importância atribuída às Barreiras regulatória para adoção de tecnologias da Indústria 4.0 entre empresas indústrias e não industriais ou em função do grau de conhecimento sobre indústria 4.0 dos especialistas?	Não
P10	Existe diferença significativa da importância atribuída à Abertura do mercado brasileiro para adoção de tecnologias da Indústria 4.0 entre empresas indústrias e não industriais ou em função do grau de conhecimento sobre indústria 4.0 dos especialistas?	Não

Fonte: Autor (2022)

Tabela 7 – Resposta R2

	p- Value	Setor Significativo	p- value	Conhecimento Significativo
P1	~1	Não	0,624	Não
P2	0,1571	Não	0,1157	Não
P3	0,642	Não	0,624	Não
P4	~1	Não	0,3359	Não
P5	~1	Não	~1	Não
P6	~1	Não	0,336	Não
P7	0,642	Não	~1	Não
P8	~1	Não	0,5913	Não
P9	~1	Não	0,0409	Não
P10	~1	Não	0,642	Não

Fonte: O autor (2022)

Nota: onde P é a pergunta do instrumento de coleta de dados

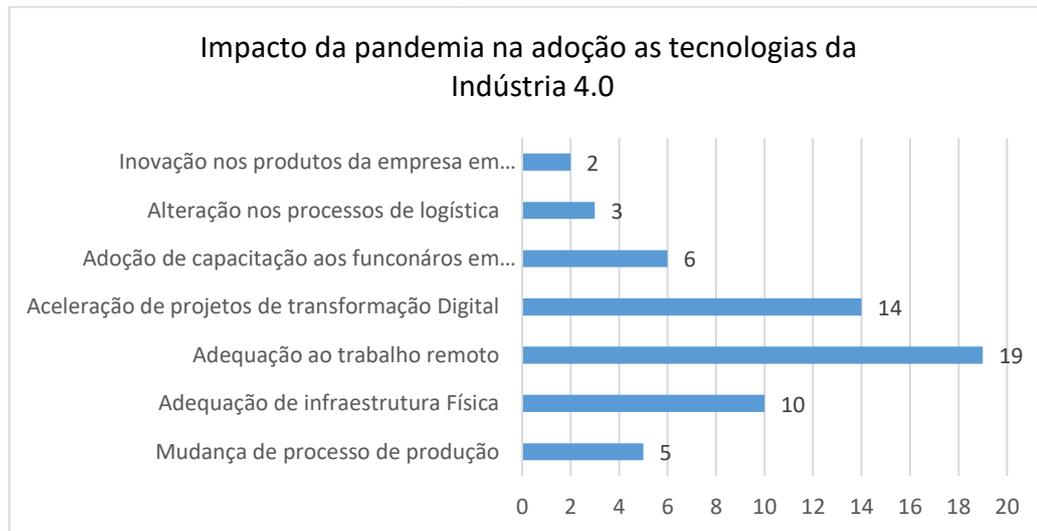
O teste exato de Fisher sugere que na percepção dos especialistas, não há significância estatística para a Hipótese 2 - Ambiente econômico e de negócios para a adoção das tecnologias da indústria 4.0.

Interpretação dos resultados: p value de P1 mostra que existe diferença significativa da importância atribuída ao custo de implantação para adoção de tecnologias da Indústria 4.0 entre empresas industriais e não industriais ou em função do grau de conhecimento sobre indústria 4.0 dos especialistas? O teste sugere que não há evidências para rejeitar H_0 ($p=0,50$). O mesmo resultado se aplica às demais questões relacionadas no Quadro 13.

Com relação às novas demandas decorrentes da Pandemia do Covid-19, foi perguntado como a Pandemia impactou as organizações em relação às tecnologias da I 4.0. Apenas um respondente citou não ter tido mudanças na sua rotina de trabalho. O restante assinalou a respeito das modificações necessárias na infraestrutura das empresas, principalmente as alterações voltadas à viabilização do trabalho remoto.

Conforme mostrado no Gráfico 4, mais de 75% dos respondentes afirmaram que houve a necessidade de adiantar projetos de transformação digital em suas empresas, com o objetivo de se adequar às novas necessidades impostas pela pandemia.

Gráfico 4 - Como a Pandemia do Covid-19 impactou sua organização em relação às tecnologias da Indústria 4.0



Fonte: O autor (2022)

A última pergunta do questionário visou captar um pouco da opinião dos respondentes referente a como as empresas se adaptaram ao decorrer da evolução da pandemia. Dentre as 13 respostas obtidas, 5 trouxeram que as únicas adaptações foram com relação ao trabalho remoto. Abaixo algumas que trouxeram um lado alguns aspectos diferentes:

- “O projeto inteiro de uma máquina de café foi adaptado para ambientes de contaminação.”
- “Não, antes da pandemia as adequações as novas tecnologias já haviam sido feitas.”
- “Não, ela acelerou processos que já estavam em andamento. Acredito que apenas a inspeção remota foi adotada durante a pandemia.”

Com as contribuições dos respondentes, fica claro o impacto da Pandemia nos regimes de trabalho mesmo quando o assunto é em relação a indústria. Percebe-se também que os ambientes de trabalho estão em constante transformação, adaptação visando sempre conciliar as melhores condições tecnológicas juntamente com o aspecto econômico.

5 CONSIDERAÇÕES

A indústria vem sofrendo mudanças nos últimos anos com a adoção das práticas referentes às tecnologias habilitadoras da indústria 4.0. A implementação resulta positivamente em redução de custos, maior flexibilidade na produção e maior envolvimento com o meio ambiente.

O Paraná tem se destacado entre os estados brasileiros em esforços para construir uma indústria competitiva e com tecnologia avançada. Nos últimos anos vem se sobressaindo pela sua participação industrial e como isso está impactando nos resultados econômicos. No último levantamento do IBGE (2021) O Paraná gerou o 5º maior PIB entre os estados brasileiros.

Para responder ao objetivo geral, foi escolhida a metodologia Delphi e técnicas estatísticas para validar a pergunta de pesquisa deste estudo. Por meio dos critérios de Crespo (2007) foram selecionados 20 profissionais especializados em indústria 4.0 de empresas do Paraná, para responder questões relacionadas as tecnologias em si, conceito e aplicação prática nas organizações, bem como a sua percepção em relação tanto a adequação do Brasil a era digital quanto e as condições do ambiente econômico e de negócios em favor da adoção das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0.

Por meio da revisão sistemática da literatura nacional e internacional, verificou-se como estão sendo adotados e disseminados os termos que explicam o que são as tecnologias da indústria 4.0. No instrumento de coleta de dados, foi possível confirmar que as tecnologias mais estudadas, conhecidas e aplicadas pelos especialistas são: Internet das coisas; Big Data; Computação em Nuvem (Cloud computing); Simulações; Robôs autônomos; Manufatura Aditiva (3D – printing); Segurança Cibernética (Cyber Security); Realidade Aumentada (Augmented Reality) e Integração de sistemas (System Integration).

Como principais resultados, destaca-se que todos os especialistas afirmaram ter contato com alguma das tecnologias validadas teoricamente pela literatura e 80% assegurou ter contato direto com pelo duas tecnologias distintas em sua rotina de trabalho. Um dado relevante, foi que 70% dos participantes afirmou ter contato com tecnologias de Segurança da Informação, o que mostra a importância e um mercado potencial para as empresas que desenvolvem este tipo de projeto.

Os especialistas responderam com uma frequência relativa de 45% que Big Data e Segurança da Informação são consideradas essenciais em suas atividades. O escopo do estudo não se propõe a discutir o porquê da baixa percepção da importância em relação as demais tecnologias quanto ao seu uso e aplicação na rotina dos entrevistados, entretanto pode-se especular que o investimento ainda seja muito alto para a sua adoção. Sobre como as empresas se adaptaram para enfrentar a pandemia da Covid-19, a maior parte respondeu que as principais modificações foram para adequar a rotina da empresa ao trabalho remoto.

Para se avaliar a percepção acerca das condições gerais do ambiente econômico, aplicou-se o teste exato de Fisher, um teste não paramétrico, para estimar associações bivariadas obtidas a partir dos cruzamentos das observações dos especialistas. Para a tabulação dos dados desta seção optou-se por separá-los em Grupos 1 e 2 que relacionam diversas perguntas de como os especialistas avaliam a adequação do país a era digital e as condições do ambiente econômico e de negócios para que as empresas se ajustem as novas tendências. Os resultados sugerem que não há evidências para rejeitar hipótese nula, isto é, em ambos os casos as respostas são consideradas muito importantes de acordo com as escalas detalhadas na seção da metodologia.

Tal resultado corrobora que para que as empresas possam se adaptar a quarta revolução industrial, mais do que compreender e assimilar a relevância destas tecnologias, faz-se necessário um esforço para viabilizar economicamente essa transição. Essas análises podem sustentar o seguinte argumento: a maior parte das empresas de grande porte, são as aquelas que dispõem de melhores chances de adotar um conjunto variados de tecnologias habilitadoras da indústria 4.0.

Vale ressaltar que o resultado obtido partiu de um nicho muito restrito que é os das indústrias automotivas da região de Curitiba. Isso ocorre pelo fato de a pesquisa depender da participação direta de especialistas. Como se tem fácil acesso a essas empresas, devido em grande parte a rede de contatos e a proximidade com a universidade, esse afunilamento ocorreu de forma natural. Este aspecto acabou gerado um viés nos resultados, pois os participantes trabalham em empresas multinacionais cuja diretrizes são comandadas do exterior.

Outro aspecto relevante é que os participantes que estavam fora desse “ciclo”, no caso que não atuam nessas empresas do segmento automotivo, não obtiveram o coeficiente de competência mínimo para prosseguir na pesquisa, corroborando a ideia de que este setor está mais avançado na implementação do conceito 4.0

Estes fatores, associados as experiências acadêmicas e profissionais do pesquisador, endossa o argumento de que a indústria automotiva de matriz estrangeira, hoje representa uns dos mais fortes aliados as questões relacionadas a indústria 4.0. A experiência exportada junto com os recursos detidos por essas empresas acaba facilitando as transições tecnológicas.

As empresas brasileiras, sem a participação efetiva do Estado, ainda não têm como competir com grandes *players* internacionais, reforçando a necessidade de políticas industriais ativas. Tais iniciativas devem auxiliar na capacitação de mão de obra, criar incentivos fiscais, linhas de crédito específicas e introdução de mecanismos que apoiem a implementação dessas tecnologias. Somente por intermédio deste movimento, será possível que o país avance em relação ao atraso tecnológico vivenciado por décadas.

Para estudos futuros, há possibilidade de ampliar o escopo de análise por porte das empresas, comparações entre segmentos industriais de distintos estados, avaliar investimentos realizados, a geração de empregos com maior conteúdo tecnológico, uso de maior variedade de técnicas estatísticas e até a elaboração de uma análise Pestel.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA SISTEMA FIEPE. **Jornada para o mundo digital**. Disponível em : <<https://agenciafiepe.com.br/2017/08/16/jornada-para-o-mundo-digital/>> Acesso em: 8 set. 2020.

_____. **Paraná é único estado do Sul com alta na produção industrial em março**. Disponível em < <https://agenciafiepe.com.br/2022/05/10/parana-e-unico-estado-do-sul-com-alta-na-producao-industrial-em-marco/> > Acesso em: 30 maio 2022.

ALBERTIN, M. R.; ELIENESIO, M. L. B.; AIRES , A. S.; PONTES, H. L. J.; JÚNIOR , D. P. A. Contribuições da engenharia de produção para uma economia de baixo carbono: Principais inovações tecnológicas da indústria 4.0 e suas aplicações e implicações na manufatura. 2017. **Simpósio XXIV**, UNESP - Universidade estadual Paulista, São Paulo, 2017.

ARAUJO, V. L. de; MATTOS, F. A. M. de. **A economia brasileira de Getúlio a Dilma**. São Paulo: Hucitec, 2021.

BANKS, J. **Handbook of simulation**. New York: Wiley, 1998.

BOBERG, A. L., MORRIS-KHOO, S. A. The Delphi method: a review of methodology and an application in the evaluation of a higher education program. **The Canadian Journal of Program Evaluation**, 7(1) 27-39, 1992.

BORLIDO, D. J., ARAÚJO, **Indústria 4.0: Aplicação a Sistemas de Manutenção** . <https://hdl.handle.net/10216/102740>

BRAVO-ESTÉVEZ, M. de L. ARRIETA GALLASTEGUI, J. J. El método Delphi. Su implementación en una estrategia didáctica para la enseñanza de las demostraciones geométricas, **Revista Iberoamericana De Educación**, 36 (7) pp.1-10, 2003.

CANO, W.; SILVA, A. L. G. da. **Política industrial do governo Lula**. Campinas: Unicamp, 2010.

CARDOSO, M. O. **Indústria 4.0: a quarta revolução industrial**. 2016. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Automação Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016

COELHO , P. M. N. **Rumo a indústria 4.0**. 2016. 65 p. Trabalho de conclusão de curso (Mestre em engenharia e gestão industrial) - Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Desafios para a Indústria 4.0 no Brasil. 2016**. Disponível em:< <http://www.pedbrasil.org.br/ped/artigos/079F8BA3E7E5281B.0%20no%20Brasil.pdf>> Acesso em: 10 set. 2020.

____ **Investimentos em indústria 4.0.2018**. Disponível em: <https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/8b/0f/8b0f5599-9794-4b66-ac83-e84a4d118af9/investimentos_em_industria_40_junho2018.pdf>. Acesso em: set.2020.

CONTADOR, J. L.; SENNE, E. L. F. Testes não paramétricos para pequenas amostras de variáveis não categorizadas: um estudo. *Gestão da Produção*, São Carlos, v. 23, n. 3, p. 588-599, 2016. Disponível em < 16 <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X357-15>> Acesso em 03 Jun 2022.

CRESPO, T. **Respuestas a 16 preguntas sobre el empleo del método Delphy en la investigación pedagógica**. Lima: Editorial San Marcos, 2007.

CRESPO, P.; SANTOS, V. Construção de Sistemas Integrados de Gestão para Micro e Pequenas Empresas. **RISTI, Porto**, n. 15, p. 35-49, jun. 2015. Disponível em <http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1646-98952015000200004&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 19 set. 2020. <http://dx.doi.org/10.17013/risti.15.35-49>.

DALFOVO, M. S.; LANA, R. A.; SILVEIRA, A. Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**, Blumenau, v.2, n.4, p.01-13, Sem II. 2008

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: Editora UEC, 2002.

GERHARDT, T.E., SILVEIRA, D.T. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GORDON, T. J. **The Delphi method**. Issues in Creating the Millennium Project: Initial Report from the Millennium Project Feasibility Study, United Nations University, August 1993. Disponível em: <http://www.gerenciamento.ufba.br/downloads/delphi_method.pdf > Acesso em: jul. 2020.

GOVERNO JAPONES Gabinete oficial **SOCIETY 5.0** < https://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5_0/index.html > Acesso em: Maio 2022

GREMAUD, A. P. VASCONCELLOS, M. A. S. TONETO, R. **Economia Brasileira Contemporânea**. São Paulo: Atlas, 2018.

HASSON, F., KEENEY, S; MCKENNA, H. Research guidelines for the Delphi survey technique. **Journal of Advanced Nursing**, 32 (4), p.1008-1015, 2000.

HERMANN, M., PENTEK, T., OTTO, B. (2015). **Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review**, Business Engineering Institute St. Gallen, Lukasstr. 4, CH-9008 St. Gallen

INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (IEDI). **Carta IEDI**, Edição 862. Disponível em < https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_862.html > Acesso em 10 set. 2020.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SOCIAL (IPARDES). **PIB Trimestral do Paraná**. Nota de Divulgação. Disponível em: <<https://www.ipardes.pr.gov.br/Pagina/PIB-Trimestral-do-Parana>> Acesso em: 30 mai 2022.

_____ **Carta IEDI**, Edição 1137. Disponível em < https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_1137.html > Acesso em 29 mai. 2022.

_____ **Carta IEDI**, Edição 899. Disponível em < https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_899.html > Acesso em 9 set. 2020.

_____ **Carta IEDI**, Edição 1032 (2020). O encolhimento do Brasil no mundo industrial. Disponível em < https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_1032.html > Acesso em 6 out. 2020.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Demanda por bens industriais cresceu 5,9% em agosto**. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=36754&catid=3&Itemid=3 > Acesso em 6 out. 2020.

LANDETA, R. J. **El método Delphi: una técnica de previsión para la incertidumbre**. Barcelona: Ariel, 2002.

LEÓN, O. G, MONTERO, I. **Métodos de investigación en Psicología y Educación**. Madrid: McGraw-Hill, 2004.

LINSTONE, H. A.; TUROFF, M. **The Delphi Method: techniques and Applications**, Addison-Wesley Publishing Company Inc, Reading, M.A. 2002. Disponível em: <<http://www.is.njit.edu/pubs/delphibook/> > Acesso em: ago. 2020.

NAKAGAWA, M. **Ferramenta: Análise SWOT (Clássico)**. 2012. Disponível em: <<http://movimentoempreenda.revistapegn.globo.com/news/ferramentas/2012/06/analise-swot-071.html>>. Acesso em: Set.2020.

NAKAMOTO, P. T.; CARRIJO, G. A.; CARDOSO, A.; LIMA, L. V.O.; LOPES, E. J. Requirements analysis strategy for the development of augmented reality environments. **JISTEM J.Inf.Syst. Technol. Manag.**, São Paulo , v. 9, n. 3, p. 607-626, Dec. 2012 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-17752012000300009&lng=en&nrm=iso>. accesson 23 Sept. 2020. <http://dx.doi.org/10.4301/S1807-17752012000300009>.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento, execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados**. São Paulo: Atlas, 2002.

MARQUES, J. B. V.; FREITAS, D. Método DELPHI: caracterização e potencialidades na pesquisa em Educação. **Pro-Posições**, Campinas, 29 (2) p. 389-415, 2018 . Disponível em < <https://doi.org/10.1590/1980-6248-2015-0140>> Acesso em: mar. 2020.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. São Paulo: Hucitec, 2007.

OSBORNE, J.; COLLINS, S.; RATCLIFFE, M.; MILLAR, R. and DUSCHL, R. What “Ideas-about-Science” should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. **Journal of Research in science teaching**, 40 (7), p. 692-720, 2003.

OUREIRO, J. L.; FEIJÓ, C. Desindustrialização: conceitualização, efeitos e o caso Brasileiro. **Revista de Economia Política**, n. 30, 2010. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31572010000200003> > Acesso em: 6 out. 2020.

PERFIL DAS INDÚSTRIAS NOS ESTADOS. Disponível em <<https://perfildaindustria.portaldaindustria.com.br/>> Acesso em: 15 mai 2022.

PIRES, M. C. C. **Política Fiscal e Ciclos Econômicos: Teoria e a Experiência Recente**. Rio de Janeiro: Elsevier: FGV, 2017.

POWELL, C. (2003), The Delphi technique: myths and realities. **Journal of Advanced Nursing**, 41: 376-382. Disponível em: < <https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.2003.02537.x> > Acessado em: jul. 2020.

RIBEIRO, J. R. **O conceito da indústria 4.0 na confecção: análise e implementação**. Braga: UM, 2017.

REGO, J. M.; MARQUES, R. M. **Economia Brasileira**. São Paulo: Saraiva, 2018.

RESENDE, A. V. **A política industrial do Plano Real**. Belo Horizonte: Ufmg/Cedeplar, 2000.

RODRIGUES, T. V; Fernandes C. H; SANJULIÃO L. K. A. F, **Abordagens Conceituais da Indústria 4.0**. ConBRepro, 2020.

SANCHEZ, J.P.C; RAMOS, A.F.V. Fatores que afetam a adoção de análises de big data em empresas. **Rev. adm. empres.**, São Paulo , v. 59, n. 6, p. 415-429, Dec. 2019 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75902019000600415&lng=en&nrm=iso>. access on 13 Sep. 2020. Epub Jan 10, 2020. <https://doi.org/10.1590/s0034-759020190607>.

SANTOS, B. P.; ALBERTO, A.; LIMA, T. D. F. M.; CHARRUA-SANTOS, F. M. B. INDUSTRY 4.0: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 4, n. 1, p. 111-124, 31 Mar. 2018.

SCHINCARIOL, V. E. **Economia e política econômica no governo Dilma (2011-2014): uma história político econômica da primeira administração Dilma Rouseff**. Curitiba: CRV, 2019.

SKULMOSKI, G. J; HARTMAN, F. T.; KRAHN, J.T.The Delphi Method for Graduate Research. **Journal of Information Technology Education**, 6, 1-21. Disponível em: <<https://doi.org/10.28945/199> > Acesso em: jul. 2020.

SOARES, F. A. R. **Economia brasileira da Primeira República ao Plano Real**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

STUMM, M. G. **Ideias e Política Industrial: uma análise dos governos petistas**. Curitiba, Tese (Doutorado em Ciência Política), Universidade Federal do Paraná, 2019.

VERGARA, S. C. **Métodos de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2008.

YONG-YIN, K.E.; DONGNI-LI (2017): The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0, International Journal of Production Research, DOI: 10.1080/00207543.2017.1403664

APÊNDICE A

Instrumento de coleta de dados (Google Forms)

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) Metodologia Delphi aplicada ao estudo da dimensão técnica e econômica na Indústria 4.0 do Estado do Paraná

Primeiramente gostaria de agradecer sua disponibilidade e interesse em colaborar com a minha pesquisa. O resultado será apresentado em forma de monografia, e, sendo de seu interesse, encaminharei uma cópia para seu e-mail de contato.

Este instrumento de coleta de dados, será utilizado exclusivamente para fins acadêmicos. Como a finalidade é garantir a imparcialidade das opiniões individuais, fica assegurado o sigilo de identificação do respondente e da empresa, inclusive como parte da metodologia Delphi.

Obrigado pela sua participação!

Leandro Nunes Dreon - Engenharia Mecânica
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
E-mail: dreon@alunos.utfpr.edu.br
Prof. Orientador: Rodrigo Lupinacci Villanova
Profa. Co-orientadora: Andrea de Souza

Identificação do especialista

1. Nome Completo: _____

2. Empresa onde trabalha (nome fantasia): _____

2. Auto valora o grau de influência que cada um dos argumentos apresentados, melhor representa seu conhecimento e critérios pessoais sobre a Indústria 4.0:

Perguntas	Baixo	Médio	Alto
Análise teórica realizada por você			
Estudo de trabalhos de autores nacionais			
Estudo de trabalhos de autores estrangeiros			
Seu próprio conhecimento sobre o tema no Brasil e no Paraná			
Sua intuição			

Tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0

(Segundo a literatura nacional e internacional)

1. Das tecnologias abaixo relacionadas, selecione aquelas que atualmente são utilizadas por você em sua organização:

- Internet das Coisas (IoT) ()
- Blockchain ()
- Realidade Aumentada ()
- Simulações ()
- Computação em Nuvem ()
- Manufatura Aditiva ()
- Robôs Autônomos ()
- Big Data ()
- Segurança da Informação ()

2. De acordo com a sua experiência e conhecimento, elenque de forma crescente a importância de cada tecnologia listada abaixo, sendo 1 a tecnologia que você entende como a menos importante, e 9 para a tecnologia que você entende como a mais importante:

Internet das Coisas (IoT)	()
Big Data	()
Simulação	()
Computação em nuvem	()
Blockchain	()
Robôs autônomos	()
Realidade aumentada	()
Segurança da informação	()
Manufatura aditiva	()

Aspectos Econômicos

Adaptado de IEDI (2019) e CNI (2018)

Utilize a escala de Grau de Importância : 5 para extremamente importante; 4 para muito importante; 3 para importante; 2 para pouco importante e 1 para nada importante.

(1) Competências ou habilidade diz respeito a gerenciamento de informações, colaboração, comunicação, compartilhamento e criação de conteúdo, avaliação e solução de problemas e operação técnica.

(2) Estratégias de desenvolvimento está relacionado à comunidade científica, agências de financiamento, empresas, sociedade civil, governos regionais e locais.

1. Considerando o atual estágio de adequação do Brasil à era digital, avalie como cada elemento abaixo listado pode influenciar a adoção das tecnologias da Indústria 4.0

	Nada Importante	Pouco importante	Importante	Muito Importante	Extremamente importante
1. Estágio de difusão das tecnologias 4.0 no Brasil					
2. Infra estrutura digital (redes, <i>software</i> e dados)					
3. Competências ou habilidades digitais ¹					
4. Política Industrial em direção à economia digital					

5. Política de inovação (P&D)					
6. Política regulatória (defesa da concorrência)					
7. Controle e uso de dados					
8. Estratégias de desenvolvimento ²					

2. Considere o ambiente econômico e de negócios brasileiro, e como os gestores podem ser influenciados por essas características na adoção de tecnologias da Indústria 4.0

	Nada Importante	Pouco importante	Importante	Muito Importante	Extremamente importante
1. Alto custo de implantação					
2. Disponibilidade de fontes de financiamento público para empresários					
3. Investimento público em Ciência e Tecnologia					
4. Potencial do mercado consumidor de bens relacionados à ind.4.0					
5. Potencial do mercado produtor de bens relacionados à ind. 4.0					
6. Tributação destinada aos setores selecionados da ind. 4.0					
7. Padrão distributivo de renda brasileiro					
8. Relevância para a competitividade da indústria					
9. Barreiras regulatórias					
10. Abertura do mercado brasileiro					

3. Ranking dos benefícios esperados pelos investimentos em tecnologia da Indústria 4.0. Na escala de 1-10 onde 10 é o mais importante e 1 o menos importante:

1. Redução de custos operacionais ()
2. Aumento de produtividade ()
3. Otimização de processos de automação ()

- 4. Aumento da eficiência energética ()
- 5. Maior visualização e controle dos processos de negócios ()
(cadeia de valor, produção, etc)
- 6. Melhoria do processo de tomada de decisão ()
- 7. Customização de produtos ()
- 8. Melhorias em sustentabilidade ()
- 9. Melhoria da qualidade de produtos e serviços ()
- 10. Aumento da segurança do trabalhador ()

4. Como a Pandemia do Covid-19 impactou sua organização em relação às tecnologias da Indústria 4.0:

Mudança no processo de produção

Adequação de infraestrutura física

Adequação ao trabalho remoto

Aceleração de projetos de transformação Digital

Adoção de capacitação aos funcionários em tecnologias da indústria 4.0

Alteração nos processos de logística

Inovação nos produtos da empresa em decorrência da Pandemia

5. A sua organização adotou alguma das tecnologias mencionadas nesta pesquisa após a evolução da pandemia: Quais?
