

Sistema FIEB



CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU  
GESTÃO E TECNOLOGIA INDUSTRIAL

Lélia Rocha Abadio Brun

**INDÚSTRIA 4.0: AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE MATURIDADE  
TECNOLÓGICA DAS EMPRESAS INDUSTRIAIS EM MATO GROSSO E  
PROPOSIÇÃO DE AÇÕES PARA DECISÕES ESTRATÉGICAS**

Dissertação de Mestrado

Salvador, 2021

LÉLIA ROCHA ABADIO BRUN

INDÚSTRIA 4.0: AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE MATURIDADE TECNOLÓGICA DAS  
EMPRESAS INDUSTRIAIS EM MATO GROSSO E PROPOSIÇÃO DE AÇÕES PARA  
DECISÕES ESTRATÉGICAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu do Centro Universitário SENAI CIMATEC como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em GESTÃO E TECNOLOGIA INDUSTRIAL.

Orientadora: Profa. Dra. Camila de Sousa Pereira Guizzo

Salvador, 2021

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Centro Universitário SENAI CIMATEC

B894i Brun, Lélia Rocha Abadio

Indústria 4.0: avaliação do nível de maturidade tecnológica das empresas industriais em Mato Grosso e proposição de ações para decisões estratégicas / Lélia Rocha Abadio Brun. – Salvador, 2021.

120 f. : il. color.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Camila de Sousa Pereira Guizzo.

Dissertação (Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial) – Programa de Pós-Graduação, Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, 2021.

Inclui referências.

1. Indústria 4.0. 2. Maturidade tecnológica – Indústrias – Mato Grosso. 3. Gestão estratégica. 4. Organização – Empresas industriais – Mato Grosso. I. Centro Universitário SENAI CIMATEC. II. Guizzo, Camila de Sousa Pereira. III. Título.

CDD 658.4012

## CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC

### Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia Industrial

A Banca Examinadora, constituída pelos professores abaixo listados, aprova a Defesa de Mestrado, intitulada "Indústria 4.0: Avaliação do Nível de Maturidade Tecnológica das Empresas Industriais em Mato Grosso e Proposição de Ações para Decisões Estratégicas" apresentada no dia 28 de junho de 2021, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial.

Orientadora:

DocuSigned by:  
*Camila de Sousa Pereira Guizzo*  
085A1F81EE3E459...  
**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Camila de Sousa Pereira Guizzo**  
SENAI CIMATEC

Membro Interno:

DocuSigned by:  
*Herman Augusto Lepikson*  
031471D7E0CA464...  
**Prof. Dr. Herman Augusto Lepikson**  
SENAI CIMATEC

Membro Externo:

DocuSigned by:  
*Maria Rita Pontes Assumpção*  
AA8793053048415...  
**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Rita Pontes Assumpção**  
UNIVESP

*Dedico este trabalho a todos os colegas do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai–MT), que comungam do mesmo propósito de transformar vidas para uma indústria mais competitiva.*

## **Agradecimentos**

A Deus, que, no meio de tantas adversidades enfrentadas, me permitiu estar viva e extrair resultado dessa experiência tão significativa pra mim.

À minha amada família, meu esposo Luis Brun e filhos Carolina e Vinicius, que, privados da minha presença em muitos momentos do cotidiano familiar, souberam valorizar e confiar em meus esforços.

Aos meus pais e irmãos, por sempre estarem do meu lado, por terem aguentado as minhas angústias e por todo incentivo nesta jornada.

Ao Senai–MT, por viabilizar a realização deste sonho, conduzindo-me até aqui e proporcionando o desenvolvimento de competências essenciais à minha formação.

Ao Reitor do Centro Universitário SENAI CIMATEC Prof. Dr. Leone Andrade, pelo encorajamento em iniciar essa jornada de aprendizado, além do incentivo e estímulo na condução do processo de parceria.

Aos professores e à equipe GETEC/CIMATEC, em especial, à minha orientadora, Profa. Dra. Camila Guizzo, por toda gentileza, confiança na estruturação do tema e dedicação em obter sempre o melhor para ofertar o máximo.

Aos meus amigos Anderson Kurunczi e Jocely Nogueira, pelo incentivo, pela ajuda em discussões valiosas e pelo entusiasmo ao me apoiar em todos os momentos que precisei.

Aos colegas de trabalho, em especial, Bruno Cavalcante, Eliane Cabral e Naremborg Rondon, por toda compreensão, incentivo e apoio durante esta jornada.

Aos colegas de turma, especialmente aos que se tornaram amigos verdadeiros, Denise Molina, Layla Leão, Marcos Vinicius, Mozara Guerreiro e Nilson Silva, sem os quais o trajeto teria sido espinhoso. Obrigada por toda alegria e cumplicidade.

## Resumo

As indústrias tiveram seus processos organizacionais transformados pelos avanços tecnológicos no decorrer dos séculos. Entender o impacto da Quarta Revolução Industrial, conhecida como Indústria 4.0, faz-se necessário para potencializar estratégias de implementação das tecnologias. O objetivo geral deste estudo foi propor ações que facilitem as tomadas de decisão estratégicas para o desenvolvimento do nível de maturidade tecnológica das indústrias no estado de Mato Grosso. A amostra deste estudo foi composta por 200 empresas industriais, localizadas em 29 municípios do estado. As empresas que fazem parte da amostra representam oito segmentos, dentre eles, estão os setores de madeira e móveis (31,5%), alimentos e bebidas (30%), construção civil (16%), vestuário (9%), minerais não metálicos (5,5%), plásticos e borrachas (4,5%), metalomecânica (3%) e produtos químicos (0,5%). Das 200 empresas avaliadas, 74 são micro, 91 são de pequeno, 30 de médio e 5 de grande porte. O instrumento utilizado para a realização desta pesquisa foi o questionário denominado *Avaliação de Maturidade: Indústria 4.0*, modelo disponibilizado pela Confederação Nacional das Indústrias. Os principais resultados sugerem que as empresas do setor industrial de Mato Grosso estão buscando estratégias voltadas para a Indústria 4.0, sendo que as de médio e grande porte apresentam estruturas e organizações melhores posicionadas. Todavia, em relação à maioria das 200 empresas pesquisadas, 167 (83%), inclusive as de médio e grande porte, relatam ainda não possuir nenhum sistema de indicador de implantação da estratégia definida. As áreas de Logística e de Vendas foram as que receberam os menores níveis de investimentos nos últimos dois anos, sendo indicadas, ainda, como as áreas que receberão menor montante de recursos nos próximos cinco anos. Já a área de Pesquisa e Desenvolvimento, que ficou no patamar mais baixo de investimentos realizados, deverá receber maior atenção nos próximos cinco anos, conforme informado pelos gestores ou proprietários consultados, ficando atrás somente da área de Produção e Manufatura. Os resultados ainda apontaram um nível médio-baixo de envolvimento, apoio e conhecimento das lideranças da empresa com relação ao tema Indústria 4.0, o que reflete diretamente no nível de maturidade apresentado pela maioria das empresas avaliadas. Conclui-se que, de modo geral, as empresas do setor industrial de Mato Grosso estão buscando estratégias voltadas para a Indústria 4.0, mas ainda há muitos desafios a serem superados, sugerindo, assim, a importância de orientações e capacitações sobre como se inserir na Indústria 4.0 e progredir nesse novo cenário. Com isso, foram propostas ações que facilitem decisões estratégicas a fim de contribuir para o desenvolvimento do nível de maturidade tecnológica e para a implementação da Indústria 4.0 nas empresas industriais no estado de Mato Grosso.

**Palavras-chave:** maturidade tecnológica; Indústria 4.0; Estratégia e Organização.

# **Industry 4.0: evaluation of the technological maturity level of industrial companies in Mato Grosso and proposition of actions for strategic decisions**

## **Abstract**

Industries have had their organizational processes transformed by technological advances over the centuries. Understanding the impact of the Fourth Industrial Revolution, known as Industry 4.0, is necessary to enhance technology implementation strategies. The general objective of this study was to propose actions that facilitate strategic decision-making for the development of the technological maturity level of industries in the state of Mato Grosso. The sample of this study was composed of 200 industrial companies, located in 29 municipalities of the state. The companies that are part of the sample represent eight segments, among which are the sectors of wood and furniture (31.5%), food and beverages (30%), civil construction (16%), clothing (9%), non-metallic minerals (5.5%), plastics and rubber (4.5%), metalworking (3%) and chemicals (0.5%). Of the 200 companies evaluated, 74 are micro, 91 are small, 30 are medium, and 5 are large. The instrument used for this research was the questionnaire called Maturity Evaluation: Industry 4.0, a model made available by the National Confederation of Industries. The main results suggest that the companies in the industrial sector in Mato Grosso are seeking strategies aimed at Industry 4.0, and that the medium and large companies present structures and organizations that are better positioned. However, in relation to most of the 200 surveyed companies, 167 (83%), including the medium and large ones, report not having any indicator system for the implementation of the defined strategy yet. The Logistics and Sales areas were the ones that received the lowest levels of investments in the last two years and were also indicated as the areas that will receive the lowest number of resources in the next five years. The Research and Development area, which had the lowest level of investments made, should receive more attention in the next five years, as informed by the managers or owners consulted, second only to the Production and Manufacturing area. The results also indicated a medium-low level of involvement, support and knowledge of the company's leaderships concerning the topic Industry 4.0, which reflects directly on the maturity level presented by most of the companies evaluated. We conclude that, in general, companies in the industrial sector in Mato Grosso are seeking strategies aimed at Industry 4.0, but there are still many challenges to be overcome, thus suggesting the importance of guidance and training on how to insert themselves in Industry 4.0 and progress in this new scenario. With this, actions were proposed to facilitate strategic decisions to contribute to the development of the level of technological maturity and to the implementation of Industry 4.0 in industrial companies in the state of Mato Grosso.

**Keywords:** technological maturity; Industry 4.0; Strategy and Organization.

## Lista de Tabelas

<i>Tabela 1. Resultados referentes ao nível de investimentos na implantação da Indústria 4.0 nos últimos dois anos, de acordo com a área e o porte das empresas de MT</i>	56
<i>Tabela 2. Resultados referentes ao nível de investimentos na implantação da Indústria 4.0 previstos para os próximos cinco anos, de acordo com a área e o porte das empresas</i>	60
<i>Tabela 3. Possíveis respostas à pergunta IV de avaliação de maturidade</i>	92
<i>Tabela 4. Possíveis respostas à pergunta V de avaliação de maturidade</i>	92

## Lista de Figuras

<i>Figura 1. As revoluções industriais e suas especificidades</i>	4
<i>Figura 2. Representação gráfica do comportamento na tomada de decisão convencionalmente aplicada na indústria na atualidade</i>	5
<i>Figura 3. O impacto da Indústria 4.0 na tomada de decisão após evento</i>	6
<i>Figura 4. Gestão 4.0 e as tecnologias habilitadoras</i>	11
<i>Figura 5. Procedimento de três etapas para avaliar a maturidade da Indústria 4.0</i>	16
<i>Figura 6. Gráfico de radar visualizando a maturidade da Indústria 4.0 em nove dimensões</i>	17
<i>Figura 7. Avaliação de maturidade dos pilares tecnológicos da I40 em uma empresa automotiva</i>	19
<i>Figura 8. Aplicação da avaliação de maturidade das tecnologias habilitadoras da I40, por meio de comparação dos resultados encontrados</i>	19
<i>Figura 9. Modelo de medição de maturidade – Indústria 4.0-MM</i>	21
<i>Figura 10. Modelo de medição de maturidade – Indústria 4.0-MM</i>	22
<i>Figura 11. Modelo de medição de maturidade – Indústria 4.0-MM</i>	23
<i>Figura 12. Etapas no caminho de desenvolvimento da Indústria 4.0</i>	24
<i>Figura 13. Aplicação do índice de maturidade</i>	25
<i>Figura 14. Etapas no caminho de desenvolvimento da Indústria 4.0</i>	26
<i>Figura 15. Índices dos níveis de maturidade da Indústria 4.0</i>	27
<i>Figura 16. Estrutura da maturidade Senai 4.0</i>	28
<i>Figura 17. Exemplo de resultado da avaliação de maturidade em uma indústria brasileira</i>	30
<i>Figura 18. Roda 40 – Roadmap Senai 4.0</i>	31
<i>Figura 19. Exemplo de construção de Roadmap 4.0 – Caso hipotético de aplicação</i>	33
<i>Figura 20. Exemplo de tendências em treinamento e desenvolvimento na construção de diferenciais e aprendizados na Gestão 4.0</i>	43
<i>Figura 21. Distribuição geográfica da localização das empresas industriais estudadas</i>	46
<i>Figura 22. Jornadas tecnológicas de implementação da Indústria 4.0</i>	68
<i>Figura 23. Proposição para a construção das jornadas tecnológicas de implementação da Indústria 4.0</i>	70
<i>Figura 24. Jornadas tecnológicas para o nível de Otimização na implementação da Indústria 4.0 – Senai–MT</i>	71
<i>Figura 25. Jornadas tecnológicas para o nível de Sensoriamento e Conectividade na implementação da Indústria 4.0 – Senai–MT</i>	72
<i>Figura 26. Jornadas tecnológicas para o nível de Visibilidade e Transparência na implementação da Indústria 4.0 – Senai–MT</i>	73
<i>Figura 27. Jornadas tecnológicas para o nível de Capacidade Preditiva na implementação da Indústria 4.0 – Senai–MT</i>	74
<i>Figura 28. Jornadas tecnológicas para o nível de Flexibilidade e Adaptabilidade na implementação da Indústria 4.0 – Senai–MT</i>	75
<i>Figura 29. Relatório de nível de maturidade 4.0 conforme metodologia Senai 4.0 – Empresa de madeira e mobiliário no estado de Mato Grosso</i>	76
<i>Figura 30. Relatório de nível de maturidade 4.0 conforme metodologia Senai 4.0 – Empresa de alimentos e bebidas no estado de Mato Grosso</i>	77

## Lista de Gráficos

<i>Gráfico 1. Resultados das respostas das empresas industriais por porte quanto ao status de implementação da Indústria 4.0</i>	50
<i>Gráfico 2. Resultados das respostas por segmento no nível de maturidade das indústrias quanto ao status de implementação na dimensão Estratégia e Organização</i>	51
<i>Gráfico 3. Resultados das respostas das indústrias por porte quanto a indicadores de implementação da Indústria 4.0</i>	52
<i>Gráfico 4. Resultados das respostas das indústrias por segmento quanto a indicadores de implementação da Indústria 4.0</i>	53
<i>Gráfico 5. Resultados das respostas referentes ao nível de envolvimento, apoio e conhecimento das lideranças da empresa com relação ao tema Indústria 4.0</i>	54
<i>Gráfico 6. Nível de envolvimento, apoio e conhecimento das lideranças da empresa com relação ao tema Indústria 4.0 por segmento industrial</i>	55
<i>Gráfico 7. Percentual de investimentos na implantação da Indústria 4.0, nos últimos dois anos, nas áreas de Produção e Manufatura, Compras, Vendas, Logística e Pesquisa e Desenvolvimento</i>	57
<i>Gráfico 8. Percentual de investimentos na implantação da Indústria 4.0, nos últimos dois anos, na área de Produção e Manufatura por porte das empresas industriais</i>	58
<i>Gráfico 9. Percentual de investimentos na implantação da Indústria 4.0, nos últimos dois anos, na área de Compras por porte das empresas industriais</i>	59
<i>Gráfico 10. Percentual de investimentos na implantação da Indústria 4.0, nos próximos cinco anos, nas áreas de Produção e Manufatura, Compras, Vendas, Logística e Pesquisa e Desenvolvimento</i>	61
<i>Gráfico 11. Percentual de investimentos na implantação da Indústria 4.0, nos próximos cinco anos, na área de Produção e Manufatura por porte das empresas industriais</i>	62
<i>Gráfico 12. Percentual de investimentos previstos para os próximos cinco anos na implantação da Indústria 4.0, de acordo com os cinco principais segmentos industriais das empresas de MT</i>	63
<i>Gráfico 13. Níveis de uso de dados para as tomadas de decisão estratégicas</i>	64
<i>Gráfico 14. Níveis de uso de dados para as tomadas de decisão estratégicas por segmento industrial do estado de Mato Grosso</i>	65
<i>Gráfico 15. Resultado geral dos níveis de maturidade tecnológica, na Indústria 4.0, das 200 empresas estudadas por segmento industrial</i>	66

## Lista de Quadros

<i>Quadro 1. Autores e trabalhos sobre nível de maturidade da Indústria 4.0</i>	13
<i>Quadro 2. Níveis de maturidade propostos pela Universidade Norte-Americana Carnegie Mellon</i>	14
<i>Quadro 3. Dimensões e itens de maturidade do modelo de maturidade da Indústria 4.0</i>	15
<i>Quadro 4. Modelo de medição de maturidade dos pilares tecnológicos da I40</i>	18
<i>Quadro 5. Modelo de medição de maturidade dos pilares tecnológicos da I40</i>	20
<i>Quadro 6. Roda 40 – Roadmap Senai 4.0</i>	32

## Lista de Siglas e Abreviaturas

**ACATECH** – Academia Alemã de Ciências e Engenharia

**CIM** – *Computer Integrated Manufacturing*

**CMMI** – *Capability Maturity Model Integration*

**CNI** – Confederação Nacional da Indústria

**CPS** – *Cyber-Physical Systems*

**ETP** – *European Technology Platform*

**ISO 9001** – *International Organization for Standardization* (Certificado do Sistema de Gestão da Qualidade (Organização Internacional de Normalização))

**IoT** – *Internet of Things*

**ITA** – Instituto Tecnológico de Aeronáutica

**M2M** – *Machine-to-Machine*

**MES** – *Manufacturing Execution Systems*

**MM** – Modelo de Maturidade

**MT** – Mato Grosso

**NASA** – *National Aeronautics and Space Administration*

**NMT** – Nível de Maturidade da Tecnologia

**P&D** – Pesquisa e Desenvolvimento

**PBQP-H** – Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat

**PIB** – Produto Interno Bruto

**PPGGTEC** – Pós-Graduação em Gestão e Tecnologia Industrial

**PwC** – *PricewaterhouseCoopers*

**RFID** – *Radio Frequency Identification*

**RPG** – *Role Playing Game*

**SCfs** – *Sistemas Ciberfísicos*

**SEI** – *Software Engineering Institute*

**Senai** – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

**SPICE** – *Software Process Improvement and Capability Determination*

**STEM** – *Science, Technology, Engineering and Math*

**WEF** – *World Economic Forum*

**VDMA** – Associação Alemã de Fabricação de Máquinas e Instalações Industriais

## Sumário

Resumo	xi
Abstract	xiii
Lista de Tabelas	xv
Lista de Figuras	xvii
Lista de Gráficos	xix
Lista de Quadros	xxi
Lista de Siglas e Abreviaturas	xxiii
1 Introdução	1
1.1 OBJETIVO	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.3 ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO	3
2 Revisão da literatura	4
2.1 CONCEITO DE INDÚSTRIA 4.0	4
2.2 MATURIDADE TECNOLÓGICA	12
2.2.1 MODELO DE MATURIDADE PARA A ANÁLISE DAS INDÚSTRIAS NO CONTEXTO 4.0 – LÓGICA FUZZY	13
2.2.2 MODELO DE AVALIAÇÃO, PREPARAÇÃO E MATURIDADE DA INDÚSTRIA 4.0 EM MANUFATURA DISCRETA	15
2.2.3 MODELO DE MATURIDADE DO USO DE TECNOLOGIA EM UM AMBIENTE DA INDÚSTRIA	17
2.2.4 MODELO DE MATURIDADE PARA INDÚSTRIA 4.0: INDÚSTRIA 4.0–MM	20
2.2.5 ÍNDICE DE MATURIDADE DA INDÚSTRIA 4.0 DEFINIDO PELA ACATECH	22
2.2.6 MODELO DE MATURIDADE COMO BASE PARA IMPLEMENTAÇÃO DE <i>ROADMAPS</i>	29
2.3 GESTÃO 4.0	34
2.3.1 GESTÃO DO NEGÓCIO	34
2.3.2 GESTÃO DE PROCESSO	36
2.3.3 GESTÃO DE PESSOAS E DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS	38
3 Método	46
3.1 AMOSTRA	46
3.2 INSTRUMENTO	47
3.3 PROCEDIMENTO DE COLETA E DE ANÁLISE DE DADOS	47
4 Resultados e discussão	49
4.1 ESTRATÉGIA DE IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0	49
4.2 INDICADORES DE IMPLANTAÇÃO DA ESTRATÉGIA DA INDÚSTRIA 4.0	51
4.3 ENVOLVIMENTO, APOIO E CONHECIMENTO DAS LIDERANÇAS COM RELAÇÃO AO TEMA INDÚSTRIA 4.0	53
4.4 INVESTIMENTOS EM INDÚSTRIA 4.0 NOS ÚLTIMOS DOIS ANOS	56
4.5 INVESTIMENTOS EM INDÚSTRIA 4.0 PREVISTOS PARA OS PRÓXIMOS CINCO ANOS	59
4.6 NÍVEIS DE USO DE DADOS PARA AS TOMADAS DE DECISÃO ESTRATÉGICAS	63
4.7 NÍVEL DE MATURIDADE FRENTE À IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 NO MATO GROSSO	66
4.8 PROPOSIÇÃO DE AÇÕES PARA DECISÕES ESTRATÉGICAS	69
CONCLUSÃO	81
REFERÊNCIAS	83
APÊNDICE A	91
PRODUÇÃO TÉCNICA E CIENTÍFICA	94

## 1 Introdução

Indústria 4.0 é um termo oriundo das narrativas técnicas da evolução humana em relação à industrialização, que, no decorrer de períodos de grande transformação industrial, ficaram conhecidas como revoluções industriais, tendo o motor a vapor, a linha de produção, a eletrônica e as fábricas inteligentes como marcos respectivos. Lançado em 2011 por três estruturas da sociedade alemã — a indústria, os agentes políticos e o sistema nacional de ciência —, o termo Indústria 4.0<sup>1</sup>, conhecida comumente por Quarta Revolução Industrial, consolidou-se como estratégia de governo para a tecnologia avançada (MUNIZ, 2018).

A Indústria 4.0 marca um novo salto de qualidade na produção industrial, ligando pessoas, máquinas e produtos, que forma, em conjunto, um novo sistema de produção, o qual permite uma troca de informações mais rápida e direcionada. Essa mudança se move em direção a um futuro no qual as pessoas colaborarão com robôs e serão apoiadas pela tecnologia da web e pelos sistemas inteligentes de assistência em suas atividades de trabalho (RAUCH; LINDER; DALLASEGA, 2019; ZHONG; XU; KLOTZ, 2017; DAVIES; COOLE; SMITH, 2017; MUHURI; SHUKLA; ABRAHAM, 2019).

No entanto, não basta abordar todos os avanços e desenvolvimentos associados à Quarta Revolução Industrial apenas em uma perspectiva tecnológica, pois as indústrias precisam transformar sua organização e cultura. Embora tecnologias avançadas tornem possível acessar uma gama muito maior de dados, a capacidade de utilizar e de alavancar o potencial desses dados depende muito da estrutura e da cultura organizacional. As indústrias devem adotar culturas de aprendizado que sejam ágeis e contínuas para que consigam se adaptar a esse cenário de rápidas e intensas mudanças (SCHUH et al., 2017).

Nesse contexto, surge a importância de se conhecer a maturidade tecnológica das empresas para avaliar sua trajetória rumo à Indústria 4.0. São diversas metodologias existentes para avaliar o nível de maturidade tecnológica das organizações, considerando o estágio de implementação dessa revolução. Um exemplo é a metodologia da *National Academy of Science and Engineering* (ACATECH, em português, Academia Alemã de Ciências e Engenharia), que avalia a dimensão Estratégia e Organização, uma das dimensões da abordagem na metodologia, e serve como base para o estudo proposto (SCHUH et al., 2017).

Outro exemplo de metodologia de avaliação de nível de maturidade tecnológica é a sistemática métrica, com nove etapas, desenvolvida pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), denominada Nível de Maturidade da Tecnologia (NMT), que permite ordenar as novas tecnologias, com os objetivos fundamentais de possibilitar a comparação com outras e de facilitar o entendimento sobre o estágio atual de desenvolvimento, além de

---

<sup>1</sup> Para fins desta pesquisa, adotou-se o termo “Indústria 4.0”, porém, em alguns momentos, a expressão é substituída por seu acrônimo “I40”, a exemplo do utilizado por Schumacher, Erol e Sihm (2016).

sustentar decisões de fomento de recursos para a inovação e aquelas relacionadas à transição da tecnologia (VELHO et al., 2017).

Reconhecidamente, a Indústria 4.0 tem potencial para transformar indústrias, funcionários e toda a cadeia de fornecedores, parceiros, distribuidores e clientes em uma rede digital plenamente interconectada e integrada, ligada a outras redes em todo o mundo. Dessa forma, fazer a Indústria 4.0 funcionar requer grandes mudanças nas estratégias e estruturas organizacionais, que promovam a implantação e disseminação de uma nova cultura orientada para o digital, que deve encarar a análise de dados como um recurso-chave da empresa (HSM, 2020).

Nesse contexto, a definição de estratégias de implantação bem definidas, associadas à criação e ao uso de indicadores apropriados, é o primeiro requisito a ser avaliado. Ainda no contexto da Estratégia e Organização, para que as indústrias possam efetivamente obter benefícios da Indústria 4.0, que vão muito além de estender seu alcance digital ou de vender novos tipos de produtos e serviços, o envolvimento, o apoio e o conhecimento das lideranças da empresa são imprescindíveis para o sucesso de todo esse processo de transformação em curso (HSM, 2020).

A demanda do setor industrial por orientações sobre como se inserir na temática Indústria 4.0 é desafiadora. Além desses desafios, a Indústria 4.0 é um termo amplamente aceito, usado para se referir à Quarta Revolução Industrial, apesar de ainda não existir uma definição consolidada. A literatura focada nas temáticas organizacionais e gerenciais da Indústria 4.0 é escassa, devido à relativa novidade do tópico (BIANCO, 2020), o que mostra também a relevância científica desse tema.

Diante da necessidade de se ampliar o entendimento sobre os conceitos e as tecnologias associadas à Indústria 4.0, tanto na teoria como na prática das organizações, conhecer e avaliar o nível de maturidade tecnológica das indústrias do estado de Mato Grosso apresenta-se como uma importante contribuição para a evolução do segmento nesse novo cenário.

Entende-se que existem variações nos níveis de maturidade de uma organização para outra, o que, em parte, se dá devido à cultura organizacional ou, até mesmo, ao porte da empresa ou modelo de negócio aplicado. Além da compreensão das características inerentes a cada modelo, é importante entender o contexto no qual as indústrias estão inseridas.

O estado de Mato Grosso apresenta uma característica industrial quanto ao porte de suas indústrias, que pode ter influência direta no comportamento do processo produtivo, do produto e da gestão. Considerando o universo de 9.322 indústrias, em que mais de 96,2% são micro ou pequenas, acredita-se que tais dados têm forte ligação quanto ao nível de maturidade para implementação da Indústria 4.0 (CNI, 2019).

Atentos ao desenvolvimento desse estado, é importante comentar que o presente estudo faz parte de um projeto amplo de avaliação da maturidade tecnológica das empresas

de Mato Grosso que vem sendo implementado pelo Senai–MT. Nesse contexto, este estudo procura responder à seguinte questão: como auxiliar as empresas industriais do estado de Mato Grosso, de diferentes portes e segmentos, a tomarem decisões estratégicas a fim de acompanhar as tendências relacionadas à Indústria 4.0?

### **1.1 Objetivo**

O objetivo geral deste estudo foi propor ações que facilitem as tomadas de decisão estratégicas para o desenvolvimento do nível de maturidade tecnológica e para a implementação da Indústria 4.0 nas empresas industriais do estado de Mato Grosso.

### **1.2 Objetivos específicos**

Para alcançar o objetivo do trabalho, foram propostos como objetivos específicos:

(a) analisar a dimensão Estratégia e Organização na compreensão da maturidade tecnológica das empresas industriais mato-grossenses;

(b) identificar e comparar o nível de maturidade tecnológica de acordo com o porte e o segmento dessas empresas industriais;

(c) apresentar possíveis jornadas de implementação para a Indústria 4.0 de acordo com o nível de maturidade tecnológica das empresas industriais de Mato Grosso.

### **1.3 Organização do documento**

O trabalho está organizado em mais três capítulos, além desta introdução e da conclusão. Assim, no próximo capítulo, tem-se a revisão da literatura relacionada ao tema. Posteriormente, é descrito o método usado nesta investigação, no que se refere à amostra, aos instrumentos e aos procedimentos de coleta e de análise de dados. Na sequência, são apresentados os resultados e a discussão do estudo sobre a implementação da Indústria 4.0.

## 2 Revisão da literatura

A revisão da literatura apresenta os principais conceitos deste estudo e discute suas implicações para profissionais e indústrias. Essa revisão está dividida em três tópicos: Conceito de Indústria 4.0; Maturidade tecnológica e Gestão 4.0.

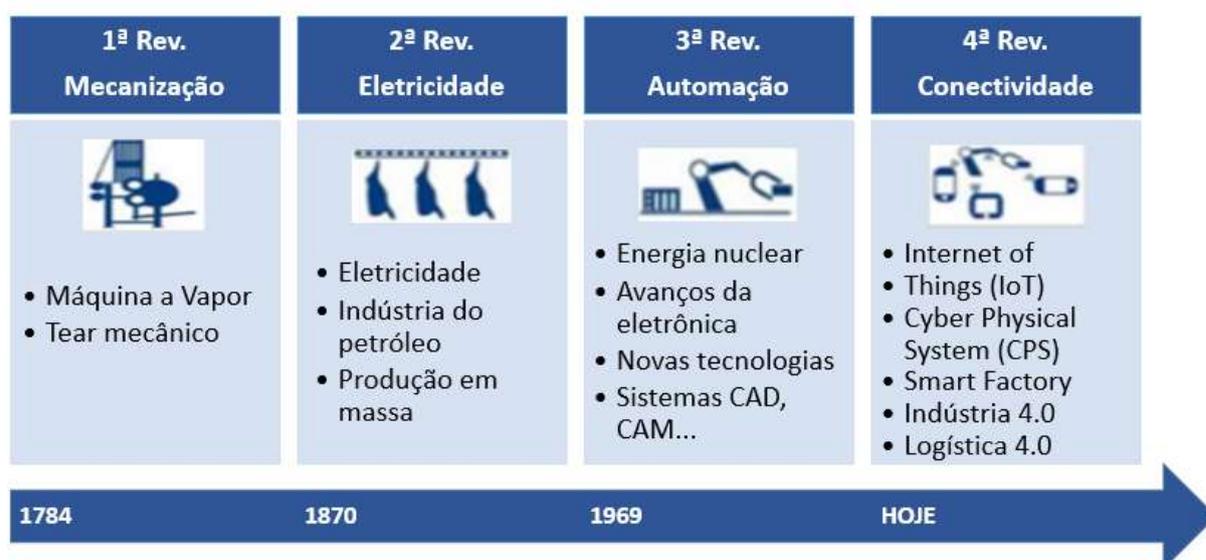
### 2.1 Conceito de Indústria 4.0

Cada uma das três primeiras revoluções industriais carrega características marcantes para seu período. Desde a produção em massa, passando pelas linhas de montagem, pela eletricidade e pela tecnologia da informação, a competição tecnológica tornou-se o centro do desenvolvimento econômico.

A figura 1 exemplifica as características das quatro revoluções na linha de tempo em que estão inseridas. Assim como todas as áreas do conhecimento avançaram de forma ágil durante cada uma das revoluções industriais, a Quarta Revolução Industrial apresenta características ainda mais amplas no aspecto do avanço do conhecimento, por ter em sua essência um volume enorme de informações, que se comunicam em uma velocidade jamais vista. Ela vem gerando um impacto profundo e exponencial nas indústrias, de forma que muitas delas ainda a enxergam mais como um desafio do que como uma oportunidade de evolução em seu modelo de negócio e de processo (BEATE METTEN, 2016).

A Quarta Revolução Industrial, também intitulada Indústria 4.0, traz uma transformação sem precedentes, que mudará profundamente a maneira como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos. Considerando a escala, o escopo e a complexidade, esse momento de transformação oportuniza uma reflexão de onde estamos e para onde devemos nos encaminhar nas dimensões humanas e tecnológicas (SCHAWAB, 2016).

Figura 1. As revoluções industriais e suas especificidades



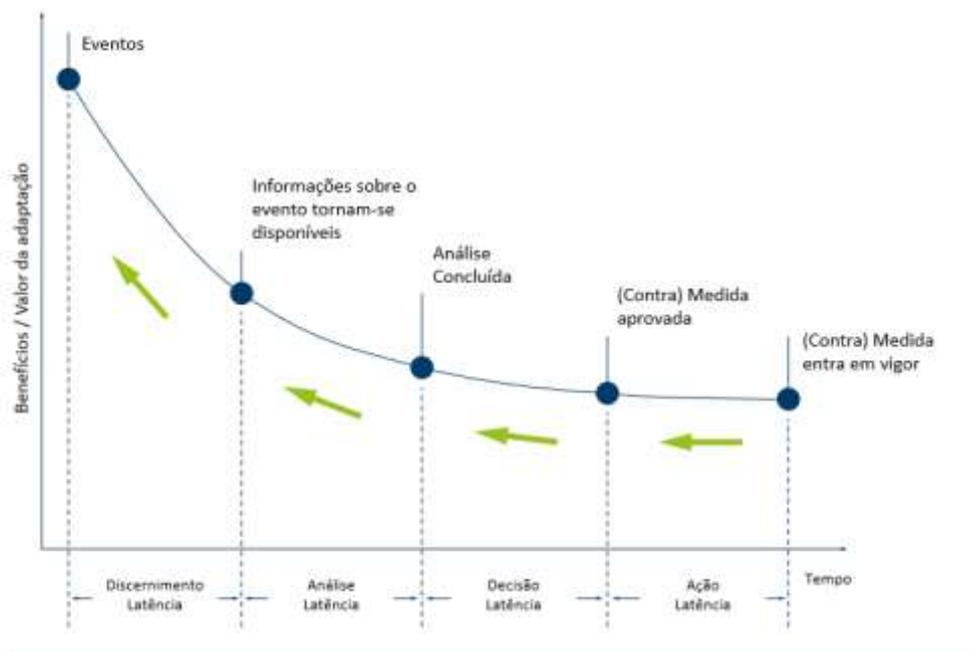
Fonte: Santos et al. (2018).

De forma geral, a Indústria 4.0 implica em alta conectividade de sistemas produtivos e no uso de modernas tecnologias de informação e comunicação, em que sistemas inteligentes e integrados digitalmente devem criar uma produção auto-organizada. Em contraste com o movimento Manufatura Integrada por Computador<sup>2</sup> na década de 1980, buscando a automação completa no chão de fábrica com a abordagem de controle centralizado, o fator humano participa significativamente da Quarta Revolução Industrial (LEINWEBER et al., 2018).

Schwab (2016) ressalta a importância de compreendermos, de forma mais abrangente, a velocidade e a amplitude dessa nova revolução, considerando seu caráter ilimitado ao possibilitar a conexão entre vários indivíduos mediante dispositivos móveis, por exemplo, dando origem a um poder de processamento, de recursos de armazenamento e de acesso ao conhecimento nunca visto.

Como exemplo desse comportamento acelerado, nas figuras 2 e 3, percebe-se, quando comparado com a atualidade, a tomada de decisão em uma linha de tempo e como essa mesma decisão pode fazer com que essa linha de tempo seja reduzida de forma significativa pela inserção de conhecimento e da tecnologia 4.0, mostrando, assim, o quanto é impactante essa transformação em todo o contexto industrial.

Figura 2. Representação gráfica do comportamento na tomada de decisão convencionalmente aplicada na indústria na atualidade



Fonte: adaptado de ACATECH<sup>3</sup> (2017).

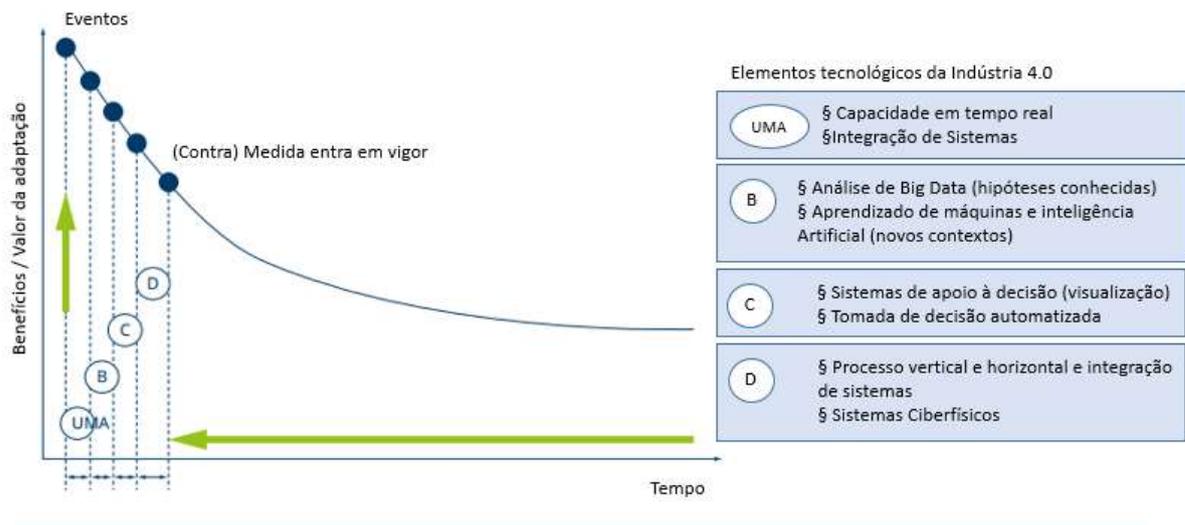
<sup>2</sup> Do inglês *Computer Integrated Manufacturing* (CIM).

<sup>3</sup> Disponível em: [http://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech\\_STUDIE\\_Maturity\\_Index\\_eng\\_WEB.pdf](http://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_Maturity_Index_eng_WEB.pdf). Acesso em: 1º ago. 2020.

A adaptação corporativa estabelece o entendimento de que a transformação e a complexidade que envolvem a Indústria 4.0 exigirão das pessoas uma mudança em sua mentalidade e no seu comportamento, interagindo com o meio e com as tecnologias.

Os recursos da Indústria 4.0 ajudam as empresas de manufatura a reduzir drasticamente o tempo entre a ocorrência de um evento e a implementação de uma resposta apropriada (figura 3).

Figura 3. O impacto da Indústria 4.0 na tomada de decisão após evento



Fonte: adaptado de ACATECH (2017).

Várias tecnologias são associadas aos conceitos de Indústria 4.0 e, por isso, impactam nas decisões após um evento. Os Sistemas *Ciberfísicos*, as fábricas inteligentes ou, ainda, a Internet das Coisas (IoT– *Internet of Things*) são algumas dessas tecnologias presentes na Indústria 4.0. Esses termos foram ambigualmente utilizados por muito tempo para definir Indústria 4.0 e, dessa forma, dificilmente seria possível desvinculá-los desse conceito. Diante disso, nesse contexto, cabe uma abordagem mais específica sobre cada um desses termos empregados.

Os Sistemas *Ciberfísicos* ou CPSs (*Cyber Physical Systems*) são sistemas automatizados que permitem a conexão das operações da realidade física com as infraestruturas de computação e comunicação (SILVA, 2018). Ao contrário dos sistemas embarcados tradicionais, que são projetados como dispositivos autônomos, o foco do CPS está na rede de vários dispositivos, acompanhando a tendência de ter informações e serviços em todos os lugares (JAZDI, 2014).

Trata-se de sistemas conectados em rede, que se comunicam entre si, usam sensores para capturar informação sobre o que está acontecendo no mundo físico, interpretam esses dados e os disponibilizam em serviços de rede, ao mesmo tempo que utilizam atuadores, os

quais influenciam diretamente os processos no ambiente físico e controlam o comportamento de dispositivos, objetos e serviços.

Os Sistemas *Ciberfísicos* podem contribuir na implementação de soluções inovadoras, permitindo migrar a inteligência dos operadores humanos a locais remotos para que eles concentrem os esforços em um raciocínio de alto nível e nas tomadas de decisão. Cabe ressaltar que os seres humanos não devem ser desligados dos processos de produção, mas, sim, precisam ter um papel cada vez mais importante, de modo que haja cooperação entre as máquinas e os seres humanos (JAZDI, 2014).

Esses sistemas permitem muitas funcionalidades inovadoras por meio da sua rede e do acesso ao mundo cibernético, alterando significativamente o nosso dia a dia. Nesse contexto, novos modelos de negócios, processos de trabalho e métodos de desenvolvimento, que atualmente são inimagináveis, surgirão. Essas mudanças também influenciarão fortemente a sociedade e as pessoas, pois a vida familiar, a globalização, os mercados etc. terão que ser redefinidos. Contudo, a Indústria 4.0 mostra, simultaneamente, características que representam os desafios em relação ao desenvolvimento de Sistemas *Ciberfísicos*, tais como: confiabilidade, segurança e proteção de dados (SILVA, 2018).

Como toda nova tecnologia, é evidente que existem diferenças entre o sistema atual, que é um sistema de controle regular ou um sistema embarcado, e um CPS. A principal diferença entre eles é o uso das comunicações, que acrescenta configurabilidade e escalabilidade, no entanto, existe um aumento da complexidade e possível desequilíbrio. Diante disso, a nova abordagem demonstra-se mais eficiente que a utilizada atualmente (RODRIGUES; JESUS; SCHÜTZER, 2016).

As tecnologias, nesse cenário, podem favorecer mudanças nos requisitos do cliente, com base em dados de campo, e ser incorporadas mesmo durante o processo de fabricação de um produto, pois possibilitam que a empresa tenha agilidade para se adaptar à nova situação. Como resultado, o cliente pode receber um produto feito sob medida para seus requisitos exatos em um período significativamente mais curto e com maior qualidade.

Com a utilização de novas tecnologias, muitos desafios são apresentados, sendo que um deles está relacionado à segurança dos CPSs. Assim como toda rede ligada à internet, existe o risco de ela ser invadida e, por conseguinte, de perder informações sigilosas relacionadas à empresa. Um exemplo desse tipo de risco são os *Ransomwares*, um software nocivo que gera um tipo de bloqueio, restringindo o acesso ao sistema infectado, em que, na maioria das vezes, é solicitado um pagamento para liberação das informações (SAISSE, 2020).

Há desafios consideráveis, particularmente porque os componentes físicos de tais sistemas trazem exigências de segurança e de confiabilidade qualitativamente diferentes daqueles em computação de propósito geral. Nesse sentido, muito esforço tem sido investido na segurança das camadas computacionais e de comunicação, mas os sistemas têm dificuldades adicionais, sabendo que eles envolvem também o controle e o próprio sistema físico (ALLGÖWER et al., 2019; LOZANO; VIJAYCAN, 2020).

No conceito de fábricas inteligentes, trabalhadores, máquinas e matérias-primas devem possuir a capacidade de se comunicarem em tempo real. Dessa forma, no processo de produção, realizado por meios digitais em uma fábrica inteligente e aplicado ao ambiente real, o trabalhador pode acompanhar praticamente tudo à distância, obtendo informações em tempo real (RODRIGUES; JESUS; SCHÜTZER, 2016).

Em uma abordagem mais ampla, dentre os elementos considerados essenciais em uma fábrica inteligente, destaca-se a existência de máquinas equipadas com sensores e atuadores (CPS), já comentado anteriormente, capazes de coletar, enviar, receber, processar dados e agir em conformidade. Essas máquinas se comunicam entre si para realizar tarefas predefinidas, cujo sistema se auto-organiza, além de se autoconfigurar para alcançar o mesmo objetivo (RODRIGUES; JESUS; SCHÜTZER, 2016).

Partindo desse mesmo conceito, é provável que os processos realizados em fábricas inteligentes obtenham dados de fornecedores, de clientes e da própria empresa, os quais podem ser avaliados para serem integrados posteriormente à produção real. Nela, a cadeia de suprimentos é toda integrada.

A utilização de novas tecnologias, como robôs, impressoras 3D e sensores, resulta em processos de produção mais ajustados, com tempo de resposta real. Com o uso de novas tecnologias, o processo de produção é flexibilizado, tornando possíveis a criação de produtos customizados e a redução da perda de materiais por meio da utilização da manufatura aditiva e/ou da energia e do tempo (NAPOLEONE; MACCHI; POZZETTI, 2020; OSTERRIEDER; BUDDE; FRIEDLI, 2019).

O uso de sistemas robotizados, por sua vez, apresenta grande capacidade de aumentar a produtividade e de reduzir custos. Nesse modelo de fábricas, todos os produtos e equipamentos são providos de sensores capazes de se comunicar, que trazem todas as especificações inerentes ao produto e ao equipamento. Dessa forma, a produção, além de ser automatizada, tende a ser autônoma, com as máquinas se comunicando entre si e com informações sendo transmitidas em tempo real (TSCHANDL; MAYER; SORKO, 2020; NAPOLEONE; MACCHI; POZZETTI, 2020; OSTERRIEDER; BUDDE; FRIEDLI, 2019).

Quanto ao advento da Internet das Coisas (IoT), ela aprimora o pensamento tradicional do passado e permite a conexão de muitos — se não todos — objetos do ambiente à rede, tais como: veículos, eletrodomésticos e outros dispositivos eletrônicos, proporcionando aos seres humanos uma vida mais inteligente.

O sistema realiza identificação, localização, rastreamento e monitoramento em tempo real, bem como aciona os eventos correspondentes automaticamente. Além disso, é a parte crucial da IoT Industrial, que visa produzir bens de fabricação inteligentes e estabelecer fábricas inteligentes com conexões estreitas entre clientes e parceiros de negócios.

A IoT está passando por um crescimento exponencial e vem recebendo muita atenção das áreas acadêmicas e da indústria, cujos riscos à privacidade e as vulnerabilidades da

segurança estão emergindo da falta de tecnologia de segurança fundamental. Sendo assim, os métodos atuais de segurança e de privacidade não são aplicáveis à IoT devido à sua topologia descentralizada e às restrições de recursos dos dispositivos móveis (RODRIGUES; JESUS; SCHÜTZER, 2016; WANG et al., 2019).

O termo Internet das Coisas (IoT — *Internet of Things*) foi utilizado, pela primeira vez, pelo pesquisador britânico Kevin Ashton, em 1999. Naquela época, o pesquisador tinha a ideia de que os computadores poderiam ser ligados entre si em redes e trabalhariam de forma independente e inteligente, sem intervenções humanas. Desse modo, o homem atuaria apenas acompanhando tudo, o que poderia resultar na otimização de recursos ((RODRIGUES; JESUS; SCHÜTZER, 2016; WANG et al., 2019). Para proporcionar um melhor entendimento sobre o tema, algumas definições serão apresentadas a seguir.

Haller (2010, apud RODRIGUES; JESUS; SCHÜTZER, 2016) define IoT como um mundo em que objetos físicos são conectados pela internet. Vale observar que esses objetos, na IoT, são os Sistemas *Ciberfísicos* (SCfs, do inglês *Cyber-Physical Systems* — CPS), os quais compõem o hardware que suporta a IoT e estão perfeitamente integrados na rede de informação, cujos objetos físicos podem se tornar participantes ativos nos processos de negócio. Os serviços estão disponíveis tanto para interagir com esses “objetos inteligentes” por meio da internet quanto para consultar e alterar o seu estado e qualquer informação que lhes estejam associadas, levando em conta questões de segurança e privacidade (ČOLAKOVIĆ; HADŽIALIĆ, 2018).

De forma geral, a IoT é tratada como uma infraestrutura de rede global, que liga objetos físicos e virtuais pela exploração de captura de dados e pelas capacidades de comunicação, e que inclui os desenvolvimentos da internet e de redes existentes e em desenvolvimento. Ela vai oferecer identificação de objeto específico, sensor e capacidade de conexão, como a base para o desenvolvimento de serviços e as aplicações cooperativas independentes. Estes serão caracterizados por um elevado grau de autonomia de captura de dados, ocorrência de transferência, conectividade de rede e interoperabilidade.

A *European Technology Platform* (ETP) define IoT como a rede formada por coisas/objetos que têm identidades, personalidades virtuais, que operam em espaços inteligentes, utilizando interfaces inteligentes para se conectar e se comunicar com o usuário no contexto social e ambiental. Como visto, existem diversas definições a respeito do tema Internet das Coisas e todas elas têm em comum o fato de se tratar de uma relação do mundo virtual com o mundo físico (HOFER-SCHMITZ; STOJANOVIC, 2020).

A Quarta Revolução Industrial tem impactado os negócios, os governos, os países, a sociedade e os indivíduos, pois, com as mudanças significativas que estão sendo vivenciadas, tem influência nas dimensões econômicas, sociais e culturais, cujas alterações nunca foram presenciadas antes. Considerando que cada organização está vivendo um momento de maturidade tecnológica, que deve sofrer uma reformulação ou, até mesmo, uma reconstrução nos modelos de negócios existentes atualmente, entender o momento em que as indústrias

estão, no aspecto da Indústria 4.0, pode fazer toda diferença para uma implementação bem-sucedida (SCHUH et al., 2017; SCHWAB, 2016).

Para uma melhor compreensão da Indústria 4.0, na etapa inicial de digitalização do setor de manufatura, são destacados quatro aspectos disruptivos com características importantes: 1º) o surpreendente aumento nos volumes de dados, a potência computacional e a conectividade; 2º) as novas redes com grande área de abrangência e de baixa potência e o surgimento de recursos analíticos e de inteligência de negócios; 3º) as novas formas de interação homem-máquina, como as interfaces tácteis e os sistemas de realidade aumentada, e 4º) as melhorias na transferência de instruções digitais para o mundo físico, como robótica avançada e impressão em 3D (BAUR, 2015).

Tecnologias, como a identificação por radiofrequência (RFID)<sup>4</sup>, os sensores e o processamento na nuvem, fazem parte do conjunto tecnológico viabilizador, podendo ser encontradas em um sistema orientado pela Indústria 4.0, que resulta em oportunidades de transformação para a gestão dos negócios e das operações. Na figura 4, verifica-se parte das articulações existentes para atender ao escopo do desenho na Gestão 4.0 (PEDERNEIRAS, 2020).

Embora essa figura apresente as principais tecnologias identificadas em 2020, importante se faz destacar que, para fins de estudo, considera-se muito maior esse universo e os avanços, fazendo com que, dessa forma, a comunicação ubíqua, que é uma abordagem mais abrangente, deva ser observada.

---

<sup>4</sup> Do inglês *Radio Frequency Identification*.

Figura 4. Gestão 4.0 e as tecnologias habilitadoras



Fonte: Pavarina et al. (2020).

Com o objetivo de manter resultados positivos e sólidos nesse novo cenário, as empresas industriais precisaram adotar estratégias para implementação das tecnologias já citadas a fim de avançar na tomada de decisão quanto à transformação digital de seus negócios industriais.

Um dos termos adotados para a transformação que ocorre nesse novo momento é “fábricas inteligentes”, que procura não só traduzir as tendências sofridas pelo setor de manufatura como, diante de toda essa mudança do conceito de manufatura industrial, ser assertivo por meio de métodos para direcionar a implementação da Indústria 4.0.

Além da importância da implementação de tecnologias digitais para auxiliar na tomada de decisão, já exemplificada, vale ressaltar que um dos desafios nesse sentido está atrelado à qualificação profissional no intuito de lidar com esse volume de informações, cuja alta gerência, mais reativa à mudança, tende a impactar negativamente o processo de transformação digital (PAVARINA et al., 2020).

Muitas organizações fracassam em iniciativas descontinuadas, pois não conseguem implementar medidas sólidas que garantam a continuidade e o avanço nas iniciativas. Para tanto, a adoção de modelos de maturidade, que avaliam em qual nível da maturidade tecnológica as indústrias se encontram, facilita o direcionamento para uma jornada à Quarta Revolução Industrial bem-sucedida (LUNELLI; CECCONELLO, 2019).

## 2.2 Maturidade tecnológica

Para tratar o tema modelo de maturidade, primeiramente, cabe entender que a Indústria 4.0 necessita integrar, de modo vertical, os subsistemas heterárquicos para possibilitar sistemas de produção reconfiguráveis e flexíveis, além de construir uma integração horizontal por meio das cadeias de valor. A integração digital em todo o processo, considerando as entradas e as saídas existentes, também faz parte das características inerentes à implementação (LUNELLI; CECCONELLO, 2019).

São apresentadas diversas metodologias para avaliar o nível de maturidade da Indústria 4.0. Os modelos para essa avaliação apresentam aspectos diferentes tanto na forma como no que se pretende medir. Neste trabalho, utilizou-se o modelo de maturidade industrial proposto pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai), que se baseia no modelo desenvolvido pela ACATECH, considerando que ele avalia três dimensões do negócio, sendo que uma das dimensões é a Estratégia e Organização — foco do trabalho proposto (SCHUH, 2017; SCHNEIDER, 2018; SENAI 4.0, 2019).

A avaliação do nível de maturidade é um passo importante na jornada de implementação de um modelo que auxilie as organizações a estruturar suas estratégias e os recursos em prol de consolidar as iniciativas, tornando-as sustentáveis.

Com o auxílio de um modelo de maturidade, é possível identificar a situação atual da organização e propor uma abordagem para melhorar os processos, considerando que uma das principais dificuldades quanto ao desenvolvimento de um modelo de maturidade na Indústria 4.0 é identificar os limites da transformação do processo, pois envolve outras partes desse arranjo, como infraestrutura (arranjo físico e práticas sobre Indústria 4.0), sistemas da informação, dados da organização e integração desses dados.

Por apresentar níveis ou estágios que formam uma sequência a ser desejada, os modelos de maturidade da Indústria 4.0 estabelecem um caminho lógico e racional a ser seguido, evitando descontinuidade e desperdícios nas ações a serem implementadas (BASSETO, 2019; SCHUMACHER; EROL; SIHN, 2016; GÖKALP et al., 2017).

Segundo Gökalp et al. (2017), uma das principais dificuldades quanto ao desenvolvimento de um modelo de maturidade na Indústria 4.0 é identificar os limites da transformação do processo, considerando que existem inúmeros modelos para tal avaliação e que são várias as dimensões do negócio a serem consideradas (BASSETO, 2019).

Para uma melhor assimilação, serão abordados alguns modelos que buscam medir o nível de maturidade tecnológica da Indústria 4.0, com foco no entendimento para a construção de estratégias de implementação bem-sucedidas. O quadro 1 apresenta autores que trazem discussões sobre alguns modelos de maturidade, considerando metodologias distintas de abordagem.

Quadro 1. Autores e trabalhos sobre nível de maturidade da Indústria 4.0

Modelos para avaliação da maturidade tecnológica da Indústria 4.0				
Descritores		Trabalhos		
Autor(es)	Tipo	Ano	Níveis/ Dimensões avaliadas	Título
SCHUH et al.	Artigo	2017	06	<i>Industrie 4.0 Maturity Index: managing the digital transformation of companies.</i>
BASSETO, A. L. C.	Dissertação	2019	05	Modelo de maturidade para a análise das indústrias no contexto da Indústria 4.0
SCHUMACHER; EROL; SIHN.	Artigo	2016	09	<i>A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises</i>
SCHNEIDER, J.	Dissertação	2018	06	Medição do nível de maturidade do uso de tecnologia em um Ambiente da Indústria 4.0
GÖKALP et al.	Artigo	2017	06	<i>Development of an Assessment Model for Industry 4.0: Industry 4.0-MM</i>

Fonte: produzido pela pesquisadora (2021).

Como mostra o quadro 1, nota-se que os trabalhos são publicações recentes, reforçando a atualidade do tema. A escolha dos autores percorreu a possível aplicação de modelos de maturidade na construção de estratégias de implementação para a Indústria 4.0, considerando os projetos-piloto e os casos de aplicação, em que a avaliação do cenário tecnológico foi observado para a tomada de decisão sobre os caminhos a serem percorridos na busca de mudanças estruturadas, levando sempre em conta o estado presente para elevação de um estado futuro viabilizador na inserção junto à Quarta Revolução Industrial.

Os próximos subtópicos detalham os modelos apresentados nos trabalhos citados no quadro 1. Os métodos abordam aspectos distintos, porém com forte aderência à temática apresentada, pois se considera que, independentemente das dimensões avaliadas, existe uma relação entre elas e a transformação desses modelos de negócio, percorrendo esferas que vão desde a cultura dessas organizações até a forma como suas estratégias financeiras e econômicas serão direcionadas.

#### 2.2.1 Modelo de maturidade para a análise das indústrias no contexto 4.0 – Lógica Fuzzy

O modelo apresentado por Basseto (2019) estabelece uma avaliação de maturidade piloto em sete indústrias de segmentos distintos, contemplando as de alimentos e bebidas, construção civil, embalagens, autopeça, papel e celulose e produtos automotivos, por meio de um modelo estruturado apoiado por questionário, as quais foram tratadas e analisadas utilizando a Lógica Fuzzy, que se caracteriza por constituir a base para o desenvolvimento de métodos e algoritmos de modelagem e de controle de processos, tornando-se solução para problemas de controle até então intratáveis por técnicas clássicas (GOMIDE; GUDWIN; TANSCHIT, 1995).

Nesse contexto, o intuito do trabalho seria avaliar a situação atual da indústria quanto aos níveis evolutivos de maturidade, considerando as quatro dimensões: Tecnologia, Processo, Produto e Estratégia da Organização.

A descrição sobre as dimensões consideram conceitualmente: Tecnologia, referente às questões da Indústria 4.0 voltadas à digitalização das informações, englobando todas as tecnologias; Processo, tecnologias que deverão compor o processo de transformação do produto e os recursos utilizados para a integração dos processos industriais; Produtos, que envolve diversos recursos os quais compõem o/a desenvolvimento/produção de produtos, e Estratégia da Organização, contempla os incentivos e os investimentos em desenvolvimento tecnológico e na qualificação dos colaboradores.

A classificação sobre os níveis de maturidade considerou o modelo CMMI<sup>5</sup>, em que são colocados status para a indústria dentro do contexto da Indústria 4.0. Tais níveis variam de 1 (nível baixo) a 5 (nível alto), que, no modelo proposto, foi ressignificado da seguinte forma: Nível 1 – Crítico; Nível 2 – Alerta; Nível 3 – Aceitável; Nível 4 – Ótimo e Nível 5 – Ideal (quadro 2). Nos resultados apresentados nessa avaliação, em três dos sete casos, as indústrias participantes demonstraram maior representatividade no Nível 2 – Alerta, e as outras quatro, no Nível 3 – Aceitável, sendo que duas delas tinham maior representatividade na dimensão Processo, e a dimensão que apresentou maior carência foi a de Tecnologia.

Os resultados obtidos, tendo, como aporte, os estudos de Basseto (2019) se devem ao desconhecimento da indústria sobre os conceitos, as características, os componentes da Indústria 4.0 e os benefícios que tal implementação pode trazer ao modelo de negócio, nos moldes propostos pela Universidade Norte-Americana Carnegie Mellon, conforme descrito no quadro 2.

*Quadro 2. Níveis de maturidade propostos pela Universidade Norte-Americana Carnegie Mellon*

<b>Nível</b>	<b>Descrição</b>
Nível 1 – Inicial	Processos imprescindíveis, pouco controlados e reativos.
Nível 2 – Gerenciado	Processos são caracterizados por projeto, cujas ações são frequentemente reativas.
Nível 3 – Definido	Processos são caracterizados para organização e são proativos.
Nível 4 – Gerenciado Quantitativamente	Processos são medidos e controlados.
Nível 5 – Otimização	Foco contínuo na melhoria de processos.

*Fonte: Basseto (2019, adaptado por DUARTE, 2017).*

---

<sup>5</sup> O modelo CMMI (*Capability Maturity Model Integration*), desenvolvido pelo SEI (*Software Engineering Institute*), tornou-se reconhecido internacionalmente e se transformou em uma referência mundial para avaliar a maturidade das empresas e das indústrias em diversos segmentos (BASSETO, 2019).

## 2.2.2 Modelo de avaliação, preparação e maturidade da Indústria 4.0 em manufatura discreta

Schumacher, Erol e Sihn (2016) propõem a avaliação de maturidade da Indústria 4.0 por meio de um modelo empiricamente fundamentado em empresas industriais de manufatura discreta. O modelo avalia nove dimensões: Produtos, Clientes, Operações e Tecnologia, que avaliam capacidades básicas do processo, além de Estratégia, Liderança, Governança, Cultura e Pessoas, que avaliam aspectos organizacionais (quadro 3). O modelo de avaliação foi transformado em uma ferramenta prática, sendo testado em diversas indústrias.

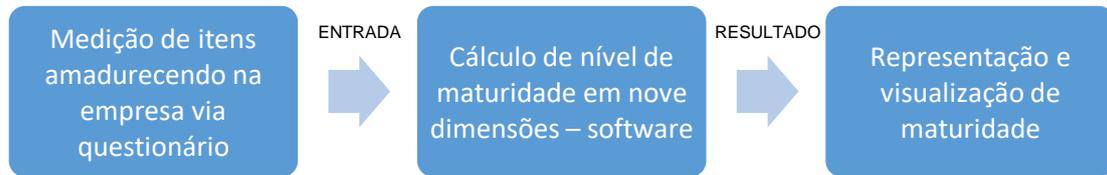
*Quadro 3. Dimensões e itens de maturidade do modelo de maturidade da Indústria 4.0*

Dimensão	Item de maturidade
Estratégia	Roteiro de implementação I40, recursos disponíveis para realização, adaptação de modelos de negócios.
Liderança	Vontade dos líderes, competências de gestão e métodos, existência de coordenação central para I40.
Cliente	Utilização de dados do cliente, digitalização de vendas/serviços, competência de mídia digital do cliente.
Produto	Individualização de produtos, digitalização de produtos, integração de produtos em outros sistemas.
Operação	Descentralização de processos, modelagem e simulação, interdisciplinaridade, colaboração interdepartamental.
Cultura	Compartilhamento de conhecimento, inovação aberta e cruzada colaboração da empresa, valorização da TI na empresa.
Pessoas	Competências de TI dos funcionários, abertura de oportunidade para conhecimento dos funcionários em novas tecnologias, autonomia de funcionários.
Governança	Regulamentos trabalhistas de governança para I40, adequação de padrões tecnológicos, proteção de propriedade intelectual.
Tecnologia	Existência de TI moderna, utilização de dispositivos móveis e utilização de comunicação máquina a máquina.

*Fonte: adaptado de Schumacher, Erol e Sihn (2016).*

Suportada por um software de fácil manuseio, a avaliação percorre o caminho de evolução de cada item por meio de cinco níveis de maturidade, em que o nível 1 descreve uma completa falta de atributos ao apoiar os conceitos da Indústria 4.0 e o nível 5 representa o estado da arte dos atributos necessários (SCHNEIDER, 2018). A figura 5 descreve o procedimento de três etapas a ser percorrido para a avaliação da maturidade.

Figura 5. Procedimento de três etapas para avaliar a maturidade da Indústria 4.0



Fonte: adaptado de Schumacher, Erol e Sihh (2016).

Esse modelo proposto por Schumacher, Erol e Sihh (2016) serve tanto para um propósito científico quanto prático, considerando que o científico visa obter dados sólidos sobre o estado atual das indústrias de manufatura e suas estratégias da Indústria 4.0 e o prático permite que uma empresa avalie a maturidade da Indústria 4.0 em relação à sua realidade industrial, podendo, assim, adotar medidas e estratégias para sua implementação (SCHNEIDER, 2018).

Nesse modelo de abordagem, é possível idealizar os *Roadmaps*<sup>6</sup> para melhorar a maturidade de itens específicos e das dimensões relacionadas, potencializando os recursos e os esforços frente à construção de uma indústria inteligente.

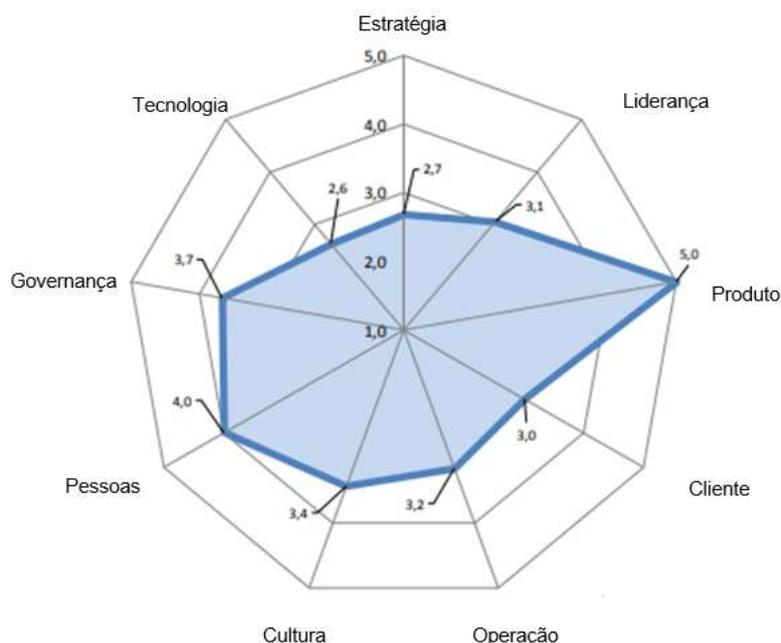
Após essa etapa de avaliação pela empresa, segue-se para uma segunda fase avaliativa mediante a inserção das respostas em uma ferramenta de software para calcular os níveis de maturidade e criar o respectivo relatório. Na figura 6, o nível de maturidade em nove dimensões é apresentado por meio de um gráfico de radar.

A figura 6 destaca o estudo de caso aplicado em uma empresa de manufatura austríaca com cerca de 400 funcionários, em que se buscou entender o cenário presente da empresa com relação ao nível de maturidade 4.0 em nove dimensões. Identifica-se que, no gráfico, o nível 2.7, relacionado à Estratégia, foi o mais baixo apresentado. Isso, em parte, pode ser atribuído à falta de um roteiro de implementação para a Indústria 4.0.

---

<sup>6</sup> Espécie de “mapa”, que visa organizar as metas de desenvolvimento de um software.

Figura 6. Gráfico de radar visualizando a maturidade da Indústria 4.0 em nove dimensões



Fonte: adaptado de Schumacher, Erol e Sihh (2016).

Por outro lado, o nível mais alto identificado está relacionado à dimensão Produto, que se justifica pelo processo produtivo e pela fabricação de componentes aeroespaciais, que, naturalmente, mostram-se altamente maduros quanto às características em relação à Indústria 4.0.

### 2.2.3 Modelo de maturidade do uso de tecnologia em um ambiente da indústria

O trabalho proposto por Schneider (2018) considera o uso de pilares tecnológicos para medir a maturidade da Indústria 4.0, levando em conta a definição descrita por Rüßmann et al. (2015) sobre pilares tecnológicos do ramo de máquinas automotivas.

Para a medição, foi definido um modelo de maturidade para cada tecnologia medida, que considera os pilares tecnológicos descritos por Rüßmann et al. (2015): integração vertical e horizontal; Internet das Coisas (IoT); robôs autônomos; simulação; big data; computação na nuvem; manufatura aditiva; realidade aumentada e segurança digital. Além dos pilares já descritos, o autor considerou uma lacuna e adicionou a tecnologia dos Sistemas *Ciberfísicos* (SCHNEIDER, 2018).

No modelo, a avaliação é feita por meio de seis níveis: nível 0 – Inexistente; nível 1 – Realizado; nível 2 – Gerenciado; nível 3 – Estabelecido; nível 4 – Previsível; nível 5 – Otimizado, que analisam nove tecnologias definidas (quadro 4).

Quadro 4. Modelo de medição de maturidade dos pilares tecnológicos da I40

		Níveis					
		0	1	2	3	4	5
Pilares Tecnológicos	Integração vertical e horizontal	Inexistente	Realizado	Gerenciado	Estabelecido	Previsível	Otimizado
	Internet das Coisas	Inexistente	Realizado	Gerenciado	Estabelecido	Previsível	Otimizado
	Robôs autônomos	Inexistente	Realizado	Gerenciado	Estabelecido	Previsível	Otimizado
	Simulação	Inexistente	Realizado	Gerenciado	Estabelecido	Previsível	Otimizado
	Big data	Inexistente	Realizado	Gerenciado	Estabelecido	Previsível	Otimizado
	Computação na nuvem	Inexistente	Realizado	Gerenciado	Estabelecido	Previsível	Otimizado
	Manufatura aditiva	Inexistente	Realizado	Gerenciado	Estabelecido	Previsível	Otimizado
	Segurança digital	Inexistente	Realizado	Gerenciado	Estabelecido	Previsível	Otimizado
	Realidade aumentada	Inexistente	Realizado	Gerenciado	Estabelecido	Previsível	Otimizado

Fonte: adaptado de Schumacher, Erol e Sihm (2016).

A aplicação do método de medição de maturidade possibilitou a identificação de quais tecnologias de destaque estão presentes nas indústrias e de onde estão as oportunidades de implementação nas tecnologias que necessitam de atenção e investimentos (figuras 7 e 8). Além disso, houve uma comparação sobre os níveis de maturidade entre as indústrias avaliadas, que possibilitou a identificação de quais indústrias apresentam resultados mais elevados em sua maturidade.

A análise preliminar apontou para a possibilidade de um ambiente de experimentação de tecnologias, que oportuniza a transição. Considerando o fato de serem ainda desconhecidas pelas indústrias, nota-se que os softwares de MES (*Manufacturing Execution Systems*) podem contribuir para a mudança no nível de maturidade em várias tecnologias (SCHNEIDER, 2018).

Na avaliação, foram identificados diferentes estágios de maturidade entre as cinco empresas industriais avaliadas, porém faltou destacar os casos existentes em relação à maturidade e à estratégia da empresa.

A figura 7 apresenta o índice alcançado em uma das empresas avaliadas, apresentando a maior pontuação no pilar tecnológico da simulação. Identifica-se que esse resultado está relacionado ao elevado nível de investimento em simulação, a qual antecede a construção e que foi incorporada na cultura de simular os processos produtivos.

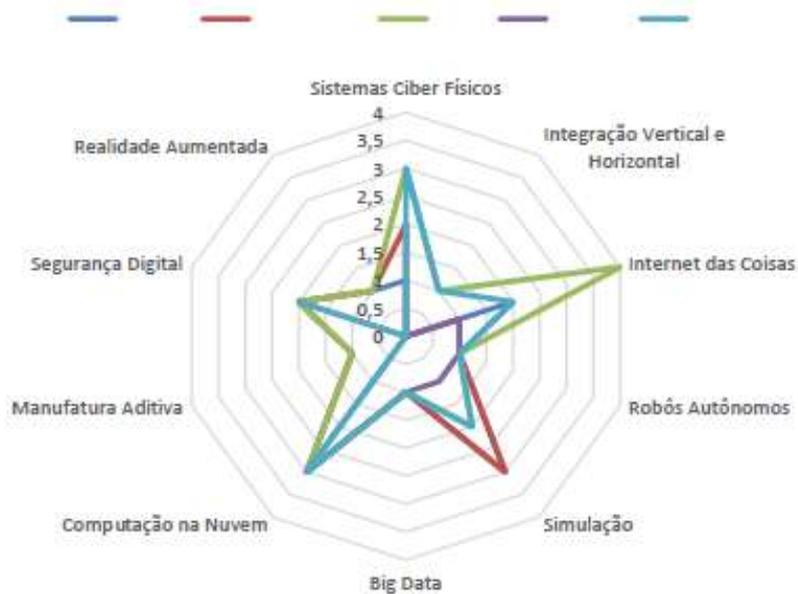
Figura 7. Avaliação de maturidade dos pilares tecnológicos da I40 em uma empresa automotiva



Fonte: Schneider (2018).

O autor destaca a importância de se avaliar, em trabalhos futuros, a medição da maturidade da empresa na Indústria 4.0 por meio da relação com a estratégia de negócio da organização.

Figura 8. Aplicação da avaliação de maturidade das tecnologias habilitadoras da I40, por meio de comparação dos resultados encontrados



Fonte: Schneider (2018).

## 2.2.4 Modelo de maturidade para Indústria 4.0: Indústria 4.0–MM

Na proposta apresentada por Gökalp et al. (2017), consideram-se modelos de maturidade (MMs) como o caminho para auxiliar organizações, fornecendo orientação abrangente e introduzindo um roteiro para possível implementação por meio de abordagens estruturais.

A principal ideia da utilização de métodos MM é descrever o nível de maturidade ideal para uma entidade como um novo modelo de negócio empregado ou um novo software desenvolvido. Nesse modelo proposto pelos autores, a Indústria 4.0 possui uma abordagem consistente na avaliação das áreas de transformação do processo, de gerenciamento de aplicativos, de gestão de dados, de gerenciamento de ativos e do alinhamento organizacional, o que torna complexa a aplicação de um modelo de maturidade. Com isso, o objetivo deste trabalho foi criar uma base comum para realizar uma avaliação de tecnologias da Indústria 4.0 e orientar as indústrias para alcançar um estágio de maturidade mais elevado.

A dimensão da capacidade do modelo proposto é adotada com base no SPICE (*Software Process Improvement and Capability Determination*). O modelo para indústria visa fornecer alguns benefícios, tais como: padronização no desenvolvimento, maior qualidade, mais flexibilidade, benchmarking contínuo e melhoria, competição global entre indústrias fortes, criação de empregos atraentes na intersecção de engenharia mecânica, automação e TI, novos serviços e negócios modelos (GÖKALP et al., 2017).

Os aspectos são definidos e classificados em categorias como gerenciamento de ativo, governança de dados, gerenciamento de aplicativos, transformação de processos e alinhamento organizacional. A dimensão da capacidade é definida por níveis de capacidade e indicadores de capacidade, conforme apresenta o quadro 5.

Quadro 5. Modelo de medição de maturidade dos pilares tecnológicos da I40

SPICE	Indústria 4.0-MM	Explicação
Processos	Aspecto	Aspectos herdam e incluem processos.
Capacidade	Capacidade	Caracterização da capacidade de um aspecto de atender a objetivos de negócios escolhidos.
Maturidade	Maturidade	Ponto em uma escala ordinal que caracteriza a maturidade da organização avaliada no âmbito da Indústria 4.0-MM.
Base prática	Aspecto básico prático	As ações ou grupos de ação que afetam a realização do propósito do aspecto correspondente. Essas práticas de aspectos definidos fornecem um roteiro para uma empresa fazer a transição para um ambiente da Indústria 4.0.
Processo atributo	Aspecto atributo	O indicador do desempenho do aspecto correspondente é referido como atributo de aspecto. Ele identifica as características do aspecto.
Genérico prático	Aspecto genérico prático	Atividade que, quando realizada de forma consistente, contribui para a obtenção de um atributo de aspecto especificado.

Fonte: adaptado de Schumacher, Erol e Sihh (2016).

Por meio de um passo a passo, esse modelo estabelece uma abordagem para alcançar os benefícios, reduzindo os riscos de investimento e de implementação para a organização. A abordagem do modelo é baseada em uma sucessão de estágios, desde os requisitos básicos para a Indústria 4.0 até a implementação completa (SCHNEIDER, 2018).

Na figura 9, estão apresentados os seis níveis de capacidade que são adotados no SPICE, considerando que todo atributo de aspecto para cada nível é desenvolvido com base na ISO 33003: Avaliação de Processo – Requisitos para estruturas de medição de processos.

a) Nível 0: Incompleto. Ainda não há implementação. Focado apenas nos aspectos fundamentais da operação, por exemplo, os requisitos, a aquisição, a produção e as vendas.

b) Nível 1: Realizado. A transformação foi iniciada. Nessa fase, existe uma tendência em se utilizar tecnologias inteligentes como a IoT (Internet das Coisas).

c) Nível 2: Gerenciado. Há uma maior interação no uso de dados, que passam a ser coletados em suas operações, porém ainda de forma desarticulada. Os equipamentos e as tecnologias físicas estão começando a ser representados para o mundo virtual.

d) Nível 3: Estabelecido. Existe uma maior interação quanto às atividades de negócio, considerando que as operações de valor agregado são bem definidas e as qualificações de processos e operações são consistentes com a padronização correspondente. Existe uma maior clareza na utilização do conjunto de dados extraídos do processo, por meio da coleta e do armazenamento sistemático em um banco de dados bem gerenciado.

e) Nível 4: Previsível. Apresenta uma integração no fluxo de processos conseguida devido à integração horizontal, incluindo a integração das redes de produção ao nível dos negócios. Ferramentas de análise de dados devem ser empregadas para melhorar a produtividade da fabricação.

f) Nível 5: Otimização. Nessa fase, a organização começa a aprender com os dados coletados e tenta melhorar seus negócios continuamente. O modelo de negócios está evoluindo para uma estrutura inovadora (GÖKALP et al., 2017).

Figura 9. Modelo de medição de maturidade – Indústria 4.0-MM



Fonte: Schneider (2018).

## 2.2.5 Índice de maturidade da Indústria 4.0 definido pela ACATECH

No estudo proposto pela ACATECH, intitulada *Industrie 4.0 Maturity Index*, os autores Schuh et al. (2017) destacam que o principal desafio para as indústrias que desejam implementar a Indústria 4.0 será adaptar os princípios à prática proposta nesse modelo, considerando que o objetivo é gerar conhecimento a partir dos dados a fim de transformar a organização, tornando-a ágil no aprendizado e possibilitando um rápido processo de tomada de decisão e adaptação. A agilidade nesse caminho do aprendizado pode proporcionar às empresas uma significativa vantagem competitiva com relação à sua concorrência, criando um ambiente favorável à disrupção (SCHUH et al., 2017).

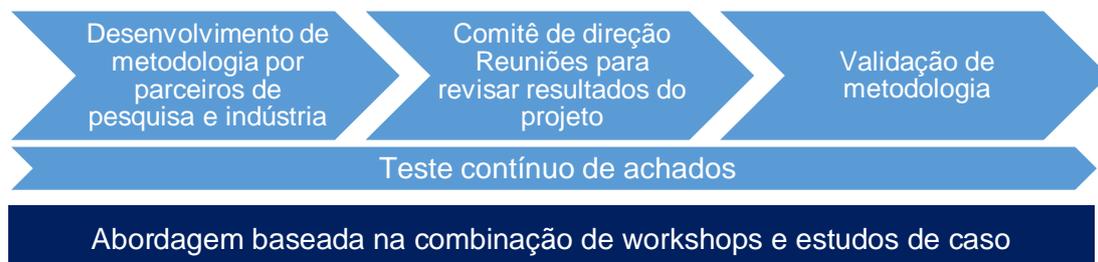
Schuh et al. (2017) reforçam que o índice de maturidade da ACATECH *Industrie 4.0* pode ser usado para desenvolver um roteiro digital adaptado precisamente às necessidades de cada organização, ajudando-a a aproveitar ao máximo as vantagens proporcionadas pela implementação da Indústria 4.0.

Atualmente, várias indústrias têm adotado estratégias mais parecidas com estudos de viabilidade tecnológica, contudo projetos nesse escopo não conseguem demonstrar todo o potencial do *Industrie 4.0* para uma organização, uma vez que analisar aspectos-chave de sua implementação, como a organização de uma empresa, a estrutura de processo e a cultura organizacional, é parte decisiva para a construção de um roteiro adequado. Compreender apenas aspectos tecnológicos tendem a falhar, pois não refletem a realidade dos processos de uma organização, que também são importantes na Indústria 4.0 (SCHUH et al., 2017).

A metodologia apresentada no estudo da ACATECH utilizou inicialmente um ponto de vista acadêmico, considerando que o assunto Indústria 4.0 é um fenômeno que carece de limites claros, pois ainda não está suficientemente padronizado e difundido. Nesse contexto, permitir que os projetos fossem planejados e implementados em um curto espaço de tempo auxiliou uma visão do método aplicado.

As etapas iniciais para a construção da metodologia se dividiram em quatro pilares construtivos, sendo que três deles aconteceram consecutivamente e o quarto foi trabalhado de forma contínua e constante ao longo da duração do estudo (figura 10).

Figura 10. Modelo de medição de maturidade – Indústria 4.0-MM



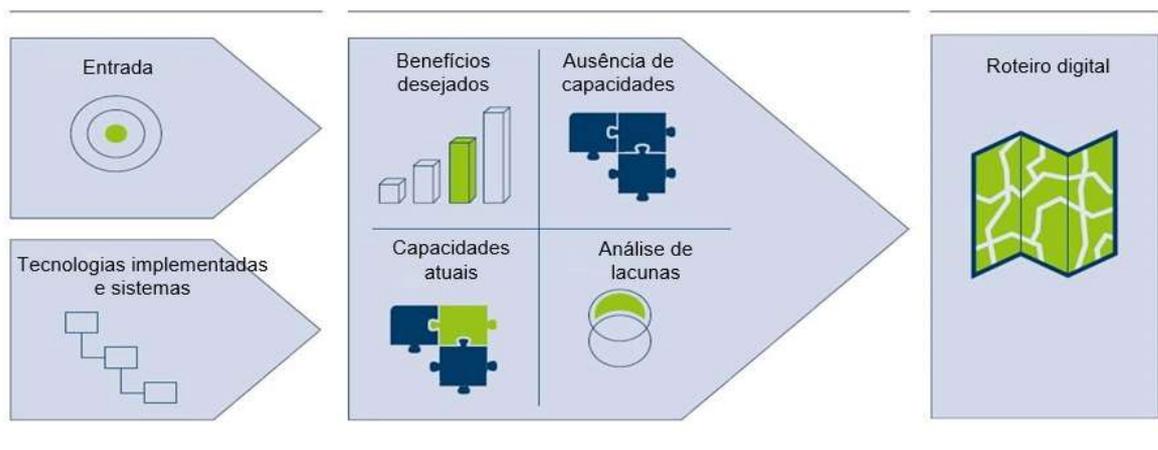
Fonte: adaptado de Schuh et al. (2017).

No pilar inicial, foi realizado um consórcio de pesquisa e indústria para a formação da base do todo para subsidiar o estudo. O amplo suporte fornecido pelos parceiros de pesquisa e indústria, ao longo do período de um ano, estabeleceu um equilíbrio a ser alcançado entre teoria e prática. Os trabalhos contaram com a realização de reuniões regulares do comitê diretor, que, durante as atividades, foi apresentando as atualizações sobre o projeto e a análise de seu progresso aos membros do comitê de direção.

Fornecer às empresas industriais a orientação para a realização de uma transição adequada frente aos desafios da Indústria 4.0 foi o objetivo do projeto-piloto realizado pela ACATECH, com o intuito de apontar um caminho para se tornarem ágeis. O índice de maturidade do *Industrie 4.0*, inicialmente aplicado em uma empresa piloto fabricante de conectores industriais, de conexão de dispositivos tecnológicos e de componentes de rede, serve como experiência adquirida para a implementação de projetos-piloto em escala maior. O índice pode ser usado para desenvolver um roteiro digital precisamente adaptado às necessidades de cada empresa a fim de ajudá-los a dominar a transformação social em todas as unidades de negócios relevantes envolvidas (SCHUH et al., 2017).

O método para avaliação de maturidade está dividido em áreas organizacionais e funcionais, considerando que a metodologia resulta na formulação de um roteiro digital para as áreas relevantes, com uma abordagem passo a passo para alcançar os benefícios que reduzem os riscos de investimento e a implementação de uma empresa. Esse roteiro foi idealizado para ajudar as indústrias a entender a importância de desenvolver uma estratégia digital comum para o negócio em suas muitas dimensões, conforme apresentado nas figuras 11 e 12.

Figura 11. Modelo de medição de maturidade – Indústria 4.0-MM



Fonte: Schneider (2018).

Baseado em um conjunto composto por etapas de maturidade, o modelo apresenta níveis de desenvolvimento por meio de princípios que ajudam as indústrias a navegarem em

todas as etapas da transformação desde os requisitos básicos da Indústria 4.0 até a plena implementação.

Para tanto, faz-se necessário determinar o nível de maturidade desejado pela empresa, que dependerá da estratégia de negócios para o melhor equilíbrio entre custos, capacidades e benefícios esperado. Na figura 12, estão dispostas as etapas a serem percorridas para o desenvolvimento da Indústria 4.0.

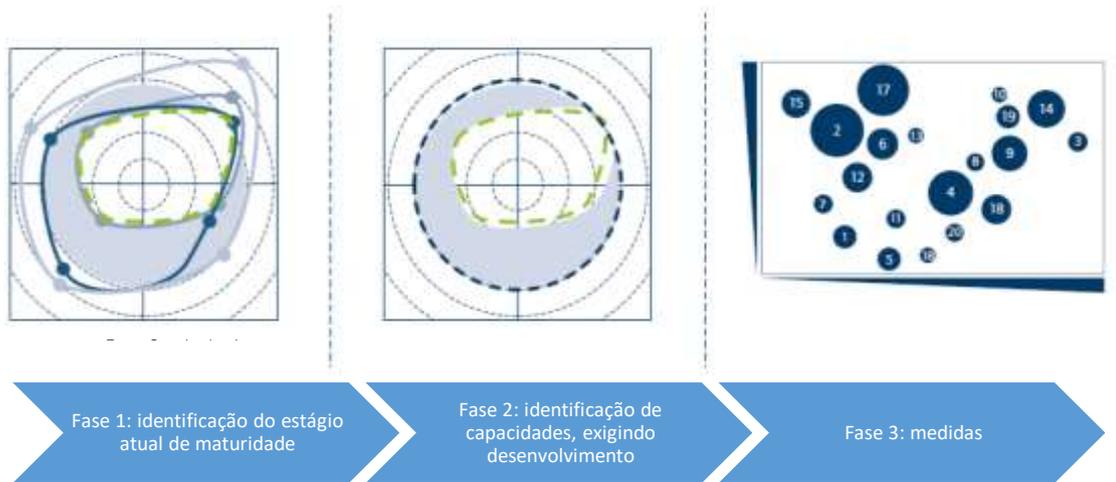
Figura 12. Etapas no caminho de desenvolvimento da Indústria 4.0



Fonte: adaptado de Schuh et al. (2017).

As etapas de maturidade são definidas por meio de análise do índice alcançado, que está desdobrado em três estágios (figura 13), sendo que eles estão dispostos da seguinte maneira: primeiro estágio, identificação do estado atual na organização nas diferentes áreas funcionais; segundo estágio, identificação do estado atual de desenvolvimento com foco no objetivo que deseja atingir no final do processo de transformação, com base na estratégia adotada. Isso requer uma análise de como a empresa se apresenta em relação à Indústria 4.0 e sobre as capacidades por área funcional e estrutural. E, por fim, o terceiro estágio, que envolve formular ações e incorporá-las em um roteiro, tendo em vista o desenvolvimento das capacidades identificadas no estágio dois.

Figura 13. Aplicação do índice de maturidade



Fonte: adaptado de Schuh et al. (2017).

Os estágios são avaliados usando um questionário que classifica os recursos de cada processo. Cada pergunta tem respostas de múltipla escolha, que estão ligadas aos seis níveis de desenvolvimento. Na figura 14, é fornecido um exemplo.

Figura 14. Etapas no caminho de desenvolvimento da Indústria 4.0



Fonte: adaptado de Schuh et al. (2017).

Outro exemplo da aplicação do índice de maturidade em maior escala é a iniciativa do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai 4.0) na avaliação do nível de maturidade nas indústrias brasileiras. O modelo de maturidade industrial proposto pelo Senai teve como base o modelo desenvolvido pela ACATECH, em que foi priorizada a avaliação das indústrias por meio de três dimensões distintas: 1. Estratégia e Organização; 2. Manufatura e Cadeia de Suprimentos e 3. Modelo de Negócio, Produtos e Serviços (SENAI 4.0, 2019).

Nesse modelo de maturidade industrial, as dimensões vão demonstrar quanto essas indústrias precisam avançar nos índices apontados. Valores que vão de um a cinco estabelecem em qual nível de maturidade aquela determinada indústria se encontra. Na figura 15, são apresentados os índices de maturidade para cada nível de evolução tecnológica 4.0 (SENAI 4.0, 2019).

Figura 15. Índices dos níveis de maturidade da Indústria 4.0

Pontuação	Posicionamento na rampa de maturidade
De 0,0 a 1,9 pontos	Nível 1: Otimização
De 2,0 a 2,9 pontos	Nível 2: Sensoriamento e conectividade
De 3,0 a 3,9 pontos	Nível 3: Visibilidade e transparência
De 4,0 a 4,9 pontos	Nível 4: Capacidade preditiva
5 pontos	Nível 5: Flexibilidade e adaptabilidade

Fonte: Senai 4.0 (2019).

Os níveis de maturidade irão orientar a construção de estratégias para a condução de *Roadmaps*, que favorecem uma implantação estruturada e eficiente. Quanto aos níveis descritos na figura 15, cada um estabelece um estado presente do negócio, em que se consideram os índices alcançados nas três dimensões. Após a avaliação da pontuação alcançada, determina-se o nível de maturidade existente, sendo possível avançar para novos níveis de maturidade ou amadurecer no nível em que se encontra.

A figura 16 apresenta a evolução desses níveis, em que a graduação percorre cinco deles existentes, características que diferem do método que deu base a essa avaliação, considerando os seis níveis de maturidade, com desdobramento existente em Visibilidade e Transparência, que será apresentado no tópico seguinte a partir da figura 17 (SCHUH et al., 2017; SENAI 4.0, 2019).

Figura 16. Estrutura da maturidade Senai 4.0



Fonte: Senai 4.0 (2019).

Na avaliação de maturidade Senai 4.0, os níveis de maturidade estão assim graduados: Otimização; Sensoriamento e Conectividade; Visibilidade e Transparência; Capacidade Preditiva e Flexibilidade e Adaptabilidade, conforme detalhado na figura 15 (SENAI 4.0, 2019).

No nível de maturidade de Otimização, primeiro estágio de maturidade preconizado na metodologia, é indicado que a empresa realize a otimização dos processos fabris levando em consideração as metodologias de melhoria contínua, como *Lean Manufacturing*, considerando a necessidade das indústrias de conhecer melhor suas deficiências e de identificar novas oportunidades de melhorias antes de implantar a digitalização.

Nessa fase, as capacitações das lideranças bem como a alta e média gestão são primordiais para a evolução da empresa aos próximos estágios, pois são esses personagens que estarão à frente na tomada de decisão e, como já dito, são os mais reativos para investir nesse processo de transformação para a Indústria 4.0 (SENAI 4.0, 2019).

No segundo estágio, Sensoriamento e Conectividade, a indústria apresenta características favoráveis para implementação da Indústria 4.0. Nesse nível de maturidade, faz-se necessário realizar o sensoriamento das linhas de produção, o que amplia e potencializa as tomadas de decisão com dados em tempo real para, então, se posicionar sobre a adoção das novas tecnologias (SENAI 4.0, 2019).

No nível de maturidade Visibilidade e transparência, é ampliada a perspectiva de processo visível baseado no conceito de Indústria 4.0. Dados de processos já são capturados em tempo real por sensores, criando uma nuvem digital, o que torna mais fácil a tomada de decisão, considerando o volume de informações seguras em tempo real. Nesse estágio, a empresa industrial já apresenta um nível de maturidade para introduzir novas tecnologias e para realizar integrações mais robustas entre suas linhas de produção e cadeia de valor para trabalhar com a inteligência de dados (SENAI 4.0, 2019).

A Capacidade preditiva é o quarto nível de maturidade descrito, em que se torna possível a utilização de dados e de inteligência artificial, contribuindo, assim, com a melhoria e o aumento da eficiência e produtividade da sua linha de produção. Nesse estágio, é possível prever e testar possíveis cenários antevendo impactos da tomada de decisão baseada em cenários projetados.

No quinto e último nível de maturidade descrito na metodologia do Senai 4.0, Flexibilidade e Adaptabilidade, a autonomia dos sistemas é algo inerente ao estágio, possibilitando que haja tomada de decisão independentemente de interferência humana, baseado em aprendizado e parâmetros preestabelecidos, que identificam o que está acontecendo, entendem a causa, avaliam cenários possíveis e tomam a decisão.

Nesse contexto, faz-se necessário o uso de modelos digitais da fábrica (simulação e virtualização), de inteligência artificial para aprendizado de máquina, da computação cognitiva, do *Big Data & Data Analytics*. Ainda sobre as tecnologias e mediações, outros sistemas automatizados e o uso da robótica autônoma serão protagonistas desse estágio, como exemplo, os sistemas de comunicação *Machine-to-Machine – M2M*<sup>7</sup> (SENAI 4.0, 2019).

#### 2.2.6 Modelo de maturidade como base para implementação de *Roadmaps*

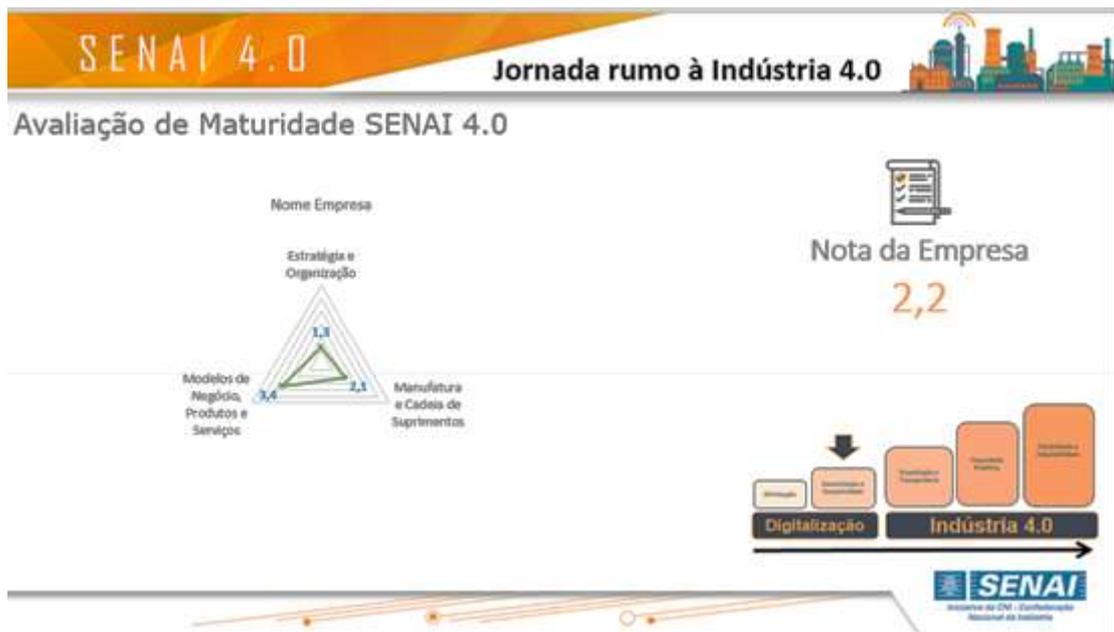
Uma das iniciativas trabalhadas por meio do modelo de maturidade é a construção de *Roadmaps* por instituições em âmbito nacional. Esse tipo de iniciativa parte do princípio da elaboração de jornadas ou rotas de implementação com base no resultado da avaliação de maturidade dessas indústrias. Conforme exemplo apresentado na figura 17, em que: 1. Posiciona-se em cada uma das três dimensões avaliadas; 2. Apresenta o estágio de maturidade atual (entre os cinco existentes) e 3. Informa nota geral da indústria avaliada.

O *Roadmap 4.0* apresenta um cenário contendo os cinco estágios de maturidade e as tecnologias habilitadoras mais aderentes a cada estágio, que pode ser percorrido para a construção de um planejamento de implementação, o qual será associado ao estágio/tecnologia existente (figura 17).

---

<sup>7</sup> Em português: Máquina a Máquina.

Figura 17. Exemplo de resultado da avaliação de maturidade em uma indústria brasileira



Fonte: Senai 4.0 (2019).

Os conceitos ligados à construção de *Roadmaps* vão muito além da implantação de novas tecnologias, pois consideram todos os intervenientes no processo de geração de valor, como o aumento da produtividade, a redução de desperdícios e o desenvolvimento das capacidades e habilidades das equipes, gerando, assim, um mapa a se seguir rumo à transformação da empresa no caminho 4.0 (SENAI 4.0, 2019).

A exemplo das iniciativas apresentadas por instituições ligadas à indústria no Brasil e no mundo, considerar estratégias de rota de implementação favorece o direcionamento de investimentos, o que, na estratégia da organização dessas empresas, contribui para a escolha de caminhos que estabelecem métricas para se analisar o avanço dos investimentos e das iniciativas de implementação (figuras 18 e 19).

Outro ponto que contribui para a implementação favorável é considerar as mudanças necessárias conforme a empresa avança em sua maturidade, pois alterar um comportamento de uma rota traçada é melhor para a estratégia da empresa do que estar conduzindo estratégias isoladas e desconectadas (SENAI 4.0, 2019).

Figura 18. Roadmap Senai 4.0



## TECNOLOGIAS HABILITADORAS



Fonte: Senai 4.0 (2019).

Quadro 6. Roadmap Senai 4.0 - Itinerários

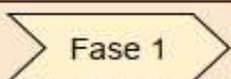
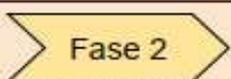
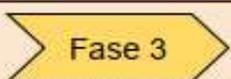
<p><b>Estágio: 1 – Otimização</b></p> <p><b>Tecnologias associadas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Simulação do processo produtivo</li> </ul> <p><b>Como o Senai pode ajudar:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Cursos de curta duração <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Desvendando a Indústria 4.0</li> <li>○ Conectando-se à Indústria 4.0</li> </ul> </li> <li>● Cursos técnicos <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Administração</li> <li>○ Mecânica</li> <li>○ Eletromecânica</li> <li>○ Logística</li> <li>○ Eletrotécnica</li> <li>○ Sistemas de Energia Renovável</li> <li>○ <i>Complementar com produtos do DR</i></li> </ul> </li> <li>● Consultorias <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Indústria mais produtiva</li> <li>○ Indústria mais eficiente</li> <li>○ Simulação do processo produtivo (ISI São Leopoldo) IST Logística (SC)</li> <li>○ <i>Complementar com produtos do DR</i></li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Estágio: 2 - Sensoriamento e Conectividade</b></p> <p><b>Tecnologias associadas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Simulação <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Informática para Internet</li> <li>○ Redes de computadores</li> <li>○ Automação industrial</li> <li>○ Mecatrônica</li> </ul> </li> <li>● Segurança cibernética</li> <li>● Internet das Coisas</li> <li>● Computação em nuvem</li> </ul> <p><b>Como o Senai pode ajudar:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Cursos de curta duração <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Desvendando a Indústria 4.0</li> <li>○ Conectando-se à Indústria 4.0</li> <li>○ Programação móvel para IoT (Internet das Coisas)</li> <li>○ <i>Cloud computing:</i> Arquitetura e aplicações</li> <li>○ <i>Complementar com produtos do DR</i></li> </ul> </li> <li>● Cursos técnicos <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Eletrônica</li> <li>○ Eletroeletrônica</li> <li>○ Mecânica de precisão</li> <li>○ Fabricação mecânica</li> <li>○ Informática</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Estágio: 3 - Visibilidade e Transparência</b></p> <p><b>Tecnologias associadas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Simulação</li> <li>● Segurança cibernética</li> <li>● Internet das Coisas</li> <li>● Realidade aumentada e virtual</li> <li>● Computação em nuvem</li> <li>● Big data</li> <li>● Integração de sistemas</li> </ul> <p><b>Como o SENAI pode ajudar:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Cursos de curta duração <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Explorando o big data</li> <li>○ Desenvolvimento de aplicações em realidade virtual e aumentada</li> <li>○ Integração de sistemas de produção inteligente</li> <li>○ <i>Complementar com produtos do DR</i></li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Estágio: 4 - Capacidade Preditiva</b></p> <p><b>Tecnologias associadas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Simulação</li> <li>● Segurança cibernética</li> <li>● Internet das Coisas</li> <li>● Realidade aumentada e virtual</li> <li>● Computação em nuvem</li> <li>● Big data</li> <li>● Integração de sistemas</li> <li>● Inteligência artificial</li> </ul> <p><b>Como o SENAI pode ajudar:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Cursos de curta duração <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Explorando o big data</li> <li>○ Inteligência artificial</li> <li>○ Integração de sistemas de produção inteligente</li> <li>○ <i>Complementar com produtos do DR</i></li> </ul> </li> <li>● Cursos técnicos <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Complementar com produtos do DR</i></li> </ul> </li> <li>● Consultorias <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Complementar com produtos do DR</i></li> </ul> </li> <li>● Inovação <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Projetos de inovação em parceria com os Institutos SENAI de Inovação</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Estágio: 5 – Flexibilidade e Adaptabilidade</b></p> <p><b>Tecnologias associadas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Simulação</li> <li>● Segurança cibernética</li> <li>● Internet das Coisas</li> <li>● Realidade aumentada e virtual</li> <li>● Computação em nuvem</li> <li>● Big data</li> <li>● Integração de sistemas</li> <li>● Inteligência artificial</li> <li>● Manufatura aditiva</li> <li>● Robótica avançada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cursos de curta duração <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Manufatura aditiva aplicada</li> <li>○ Robótica colaborativa aplicada</li> <li>○ Inteligência artificial</li> <li>○ Integração de sistemas de produção inteligente</li> <li>○ <i>Complementar com produtos do DR</i></li> </ul> </li> <li>● Cursos técnicos <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Complementar com produtos do DR</i></li> </ul> </li> <li>● Consultorias <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Complementar com produtos do DR</i></li> </ul> </li> <li>● Inovação <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Projetos de inovação em parceria com os Institutos SENAI de Inovação</li> </ul> </li> </ul>

Fonte: Senai 4.0 (2019).

Conforme exemplo apresentado na figura 19, uma das estratégias adotadas pelo Senai é um *Roadmap* de implementação, que deve contemplar o mapeamento da maturidade, a identificação de principais tecnologias habilitadoras, as formações, as consultorias e as mentorias para todas as dimensões do processo, considerando a linha de tempo para cada implementação, e, por meio dessas medidas, trabalhar a curto, médio e longo prazo de forma inter-relacionada (SENAI 4.0, 2019).

A estratégia pode ser dividida em partes, conforme a linha de tempo definida pela empresa e sua estratégia, porém é necessário compreender para quais caminhos e resultados as medidas adotadas estão sendo trabalhadas, pois, dessa forma, é possível potencializar recursos distintos no intuito de alcançar avanços na maturidade (SENAI 4.0, 2019).

Figura 19. Exemplo de construção de Roadmap 4.0 – Caso hipotético de aplicação

Roadmap 4.0		
<b>Empresa:</b> Indústria x <b>Maturidade Atual:</b> 1 - Otimização <b>Maturidade Desejada:</b> 3 - Visibilidade e Transparência		
 <b>Fase 1</b> Ações de curto prazo (primeiros 6 meses)	 <b>Fase 2</b> Ações de médio prazo (mês 6 ao mês 12)	 <b>Fase 3</b> Ações de longo prazo (mês 12 ao mês 18)
<b>Maturidade Priorizada:</b> 1 - Otimização	<b>Maturidade Priorizada:</b> 2 - Sensoriamento e Conectividade	<b>Maturidade Priorizada:</b> 3 - Visibilidade e Transparência
<b>Tecnologias Priorizadas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Simulação do processo produtivo</li> </ul>	<b>Tecnologias Priorizadas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Internet das Coisas</li> <li>● Computação em nuvem</li> </ul>	<b>Tecnologias Priorizadas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Big data</li> </ul>
<b>Contribuições do SENAI:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Cursos de curta duração               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Desvendando a Indústria 4.0</li> </ul> </li> <li>● Cursos Técnicos               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Administração</li> <li>○ Logística</li> </ul> </li> <li>● Consultorias               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Indústria mais Produtiva</li> <li>○ Simulação do processo produtivo (ISI São Leopoldo) IST Logística (SC)</li> </ul> </li> </ul>	<b>Contribuições do SENAI:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Cursos de curta duração               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Desvendando a Indústria 4.0</li> <li>○ Conectando-se à Indústria 4.0</li> <li>○ Programação Móvel para IoT (Internet das coisas)</li> <li>○ Cloud computing: Arquitetura e Aplicações</li> </ul> </li> <li>● Cursos Técnicos               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Eletrônica</li> <li>○ Informática para Internet</li> <li>○ Redes de Computadores</li> <li>○ Automação Industrial</li> </ul> </li> <li>● Pós Graduação               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ MBI Indústria Avançada</li> </ul> </li> <li>● Consultorias               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Indústria mais Avançada</li> </ul> </li> </ul>	<b>Contribuições do SENAI:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Cursos de curta duração               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Explorando o BigDATA</li> <li>○ Integração de Sistemas de Produção Inteligente</li> </ul> </li> <li>● Cursos Técnicos               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mecatrônica</li> </ul> </li> <li>● Inovação               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Projetos de inovação em parceria com os Institutos SENAI de Inovação</li> </ul> </li> </ul>

Fonte: Senai 4.0 (2019).

## 2.3 Gestão 4.0

A cultura organizacional tende a se transformar durante o curso de mudanças na operação dos negócios 4.0, pois os resultados que a automação traz nesse novo contexto tendem a potencializar o processamento como um todo. Quanto mais cedo entender quais caminhos adotar nesse cenário, mais rapidamente a organização estará pronta para receber os benefícios de tantas mudanças.

Além de ser uma tendência, a transformação da cultura organizacional é necessária para o acompanhamento das mudanças advindas da Indústria 4.0. Nesse sentido, a gestão do negócio, do processo e das pessoas, por exemplo, deve ser alvo de atenção nas empresas que buscam alcançar a Quarta Revolução Industrial.

As mudanças vêm gerando um inevitável sentimento de ameaça, criando os concorrentes, as novas bases para competição e a necessidade de capacidades inteiramente novas e cada vez mais amplas (PORTER; HEPP, 2014).

Porter e Hepp (2014) também afirmam que o caminho para a vantagem competitiva está associado à estratégia adotada pelas organizações e que, em um mundo inteligente e conectado, as empresas atualmente se deparam com pelo menos dez novas escolhas estratégicas. Essas escolhas, por sua vez, estão relacionadas a decisões que devem refletir as características e circunstâncias particulares de cada empresa ou negócio. As escolhas também são interdependentes. Todo o conjunto de escolhas da empresa deve se reforçar mutuamente e definir um posicionamento estratégico geral coerente e distinto para a empresa.

### 2.3.1 Gestão do negócio

A gestão, nesse novo contexto dos negócios, na era da Quarta Revolução Industrial, ganha maior autonomia, pois o volume de informações da operação do negócio cresce exponencialmente, o que amplia o potencial de tomada de decisão com maior celeridade e assertividade.

O volume de dados de produção disponíveis por meio de tecnologias habilitadoras favorece a condução de metas diárias, que integram processos mediante tecnologias as quais conversam entre si, gerenciam softwares para ver se as demandas estão de acordo com o programado/esperado, conduzem a tomada de decisão por meio do uso da automação e reduzem etapas que necessitam da ação humana e de vantagens presentes na gestão do negócio 4.0 (PEDERNEIRAS, 2020).

Essa realidade é viabilizada por meio da utilização de dispositivos e tecnologias, recursos capazes de oferecer vantagens tanto nas dimensões técnicas como organizacionais, pois contribuem na melhoria do desempenho do processo de manufatura e permitem a transformação do gerenciamento dessas operações, colaborando diretamente para a descentralização, uma maior integração vertical e horizontal e o monitoramento remoto dos processos, o que potencializa os resultados (CAVALCANTE; ALMEIDA, 2018).

Outra característica desse momento é a menor interferência humana devido à utilização de sistemas inteligentes e interconectados, algo que impacta, de forma significativa, a gestão dos negócios, considerando que a tomada de decisão parte de informações mais precisas e em tempo real, que interferem diretamente na gestão dos processos organizacionais. A interação entre várias áreas do conhecimento é viabilizada por meio da conexão entre os componentes do sistema, tanto digitais quanto físicos, sendo a principal característica na produção inteligente dos produtos.

Há um enorme desafio na implementação de modelos de negócios 4.0, pois o impacto ocasionado pela transformação e reestruturação organizacional é significativo mediante a interação de redes dinâmicas durante o processo. Além disso, existe a necessidade de grandes adaptações devido ao grande volume de informações e de dados disponibilizados por plataformas digitais, associando, ainda, a necessidade de uma mudança radical na cultura e estrutura organizacionais por meio da gestão de mudança adequada e de métodos que assegurem esse novo modo de produzir (KREINSEN et al., 2019).

Nesse contexto, o cenário gera uma hesitação ao iniciar as estratégias na implementação da Indústria 4.0, criando um ambiente favorável para métodos os quais permitem que os modelos tradicionais de negócio sejam otimizados, enquanto os novos modelos de negócio são simultaneamente projetados e implementados levando em conta os riscos associados.

Os benefícios considerados são inúmeros em uma migração orientada, desde a migração ou (re)integração de recursos disponíveis, que foram adquiridos ou recentemente desenvolvidos em paralelo ao negócio principal; o desenvolvimento e a incorporação estratégica na reorganização dos conceitos e métodos; a transformação organizacional direcionada para a Indústria 4.0 e os métodos e conceitos para implementar, que oportunizam ao recurso humano a mudança gradual de conhecimento estruturado (KREINSEN et al., 2019).

Um conceito interessante é potencializado durante a transformação ocasionada pela implementação da Indústria 4.0: a gestão de negócios sustentáveis. Kreinsen et. al. (2019) pontuam que o desenvolvimento e a implementação de estratégias sustentáveis, na ótica da Indústria 4.0, podem ser viabilizados nos cursos da implementação, principalmente, devido à interação com as várias partes interessadas.

Sob a ótica de um dos princípios básicos da gestão empresarial sustentável, essa interação considera aspectos econômicos, ambientais e sociais das atividades, o que potencializa as práticas e as abordagens de princípios como economia circular, eficiência de recursos e virtualização ou digitalização de componentes, sistemas e processos.

No aspecto social, deve-se considerar a qualificação profissional para o desenvolvimento de habilidades necessárias à implementação nesse cenário, que favorece a geração de emprego e renda. Quanto ao aspecto econômico, o impacto se torna significativo quanto ao uso eficiente de recursos, sendo humano, técnico ou tecnológico, que são otimizados considerando o ganho de maturidade das empresas industriais na jornada 4.0.

O aspecto ambiental é potencializado pela implementação 4.0, eficaz na construção de negócios sustentáveis, considerando ser um dos pilares mais importantes para manter a capacidade do planeta mediante a utilização dos recursos (KREINSEN et al., 2019).

Vale ressaltar que a economia circular deverá oferecer um grande potencial para uma gestão de negócios mais sustentável, graças a novos conceitos gerados pelo uso de tecnologias para melhorar a eficiência dos recursos, tornando os processos mais sustentáveis pelo uso da virtualização, da digitalização, de sistemas e dos processos para comissionamento e simulações que tornam a operação mais sustentável (KREINSEN et al., 2019).

O planejamento estratégico precisa andar junto com o plano de implementação de soluções na Indústria 4.0 para que os esforços sejam coordenados e a utilização dos recursos ocorra de forma planejada.

Kreinsen et al. (2019) reforçam que o processo de transformação potencializa a geração de valor quando envolve um plano integrativo entre criação e design de redes de sistema adaptáveis, em vez de máquinas individualizadas, pois a falta de uma perspectiva abrangente sobre as inúmeras relações entre a criação de valor, os produtos, os serviços e os modelos de negócios subjacentes vai tornar o processo de implementação ineficiente e complicado.

### 2.3.2 Gestão de processo

A gestão de processo na era da Indústria 4.0 busca flexibilidade e agilidade para atender à demanda por produtos e serviços mais elaborados e personalizados. Esse novo desenho da operação, com impactos nas atividades de planejamento e controle da produção e da gestão da cadeia de suprimentos, busca mudança de paradigma. Predominantemente, observa-se que a gestão de operações na Indústria 4.0 está intrinsecamente ligada à aplicação de tecnologia da informação (FUKUDA; MARIZ; MESQUITA, 2017).

É importante identificar os principais impactos da Indústria 4.0 na gestão de operações, pois, a exemplo do controle operacional, as tecnologias afetaram a forma como ocorre a interação nos processos (MULA et al., 2006).

Gerenciar as divergências entre o planejado e o executado é um desafio presente na gestão do processo, em que se busca mecanismos que permitam o monitoramento em tempo real do desempenho das atividades, algo que a Quarta Revolução Industrial traduz por meio das diversas tecnologias habilitadoras (FUKUDA; MARIZ; MESQUITA, 2017). Isso gera ambientes em que fatores referentes à produtividade, redução de desperdícios, redução de custos de operação e melhoria contínua são melhores trabalhados e articulados, algo que agrega valor à produção e elimina variações significativas.

É interessante reforçar que a implementação da Indústria 4.0, por meio das tecnologias habilitadoras, favorece o desenvolvimento do processo como um todo, por exemplo, o aumento de produtividade viabilizado pela automação, que, além de garantir uma produtividade muito maior em todos os segmentos da indústria, também propicia uma

melhor transparência e integração entre tecnologias. Esse tipo de entendimento traduz algumas vantagens apresentadas com essa nova revolução da indústria, na qual se considera produzir melhor atendendo a demandas que agregam valor (INOVAÇÃO INDUSTRIAL, 2020).

A redução de custos é outro fator beneficiado nesse novo contexto, pois, se existem menos erros, há menos custos também. Os equipamentos são capazes de se autogerenciar com o mínimo de intervenção humana e cuidam, até mesmo, do agendamento das revisões. Isso favorece a evolução de processos internos, que sofrem mudanças drásticas na construção de novos modelos de organogramas, fluxos e outras ferramentas de gestão interna para atender a essa nova realidade (INOVAÇÃO INDUSTRIAL, 2020).

Além dos benefícios apresentados pelo comportamento das novas tecnologias que surgem a partir da Indústria 4.0, o processo ganha vantagens estratégicas com a implementação, em que a produção se torna muito mais flexível e transparente (INOVAÇÃO INDUSTRIAL, 2020).

Entende-se que, ao utilizar o potencial das tecnologias no processo 4.0, os profissionais envolvidos na indústria assumem um papel muito mais estratégico, podendo estudar melhor tanto o fluxo de processos quanto o comportamento de mercado e antecipar tendências que agreguem valor ao cliente final, atuando com agilidade para suprir às demandas que ainda virão.

Nesse contexto, as tecnologias habilitadoras como big data se destacam, principalmente, por reunir e organizar grandes volumes de informação para um melhor planejamento da gestão das fábricas.

Observa-se que, no cenário atual, o foco majoritário para processos 4.0 está relacionado à automação industrial para promover a flexibilização e a agilidade dos processos, sendo que ainda existem problemas estruturais na gestão da operação tanto no planejamento como no controle da produção, o que impacta a melhor utilização do volume de informações geradas para a tomada de decisão (FUKUDA; MARIZ; MESQUITA, 2017).

As tecnologias que englobam a Quarta Revolução Industrial tendem a diminuir as incertezas sobre a demanda ao permitir maior visibilidade da cadeia produtiva, além de possibilitar o aumento do controle com a geração de dados em tempo real. A agilidade dos processos devido a todo esse cenário favorecerá a adoção de estratégias, conduzindo as indústrias para um modelo personalizado que considera ciclos curtos de produção, focados na demanda do cliente (ZAWADZKI; ZYWICKI, 2016).

A Pintec (Pesquisa de Inovação), retrato mais completo da inovação empresarial brasileira, demonstrou queda de 36% para 33,6% na taxa de inovação das empresas, comparando os triênios de 2015–2017 com os de 2012–2014. A queda foi generalizada em todos os setores pesquisados, no entanto, o setor industrial sofreu maior impacto. Pela primeira vez na história da Pintec, houve retração nos investimentos das empresas em P&D,

como proporção do PIB (Produto Interno Bruto), um dos indicadores mais relevantes da inovação nos países (ANPEI, 2020).

Os investimentos caíram de 0,58%, em 2014, para 0,50% em 2017. Em termos de valores, isso significa que os investimentos em inovação e modernização caíram de R\$ 81,5 bilhões, em 2014, para R\$ 67,4 bilhões em 2017. Em paralelo, os investimentos em aquisição de máquinas e equipamentos — outra forma de medir inovação — caíram de R\$ 33,5 bilhões para R\$ 21,2 bilhões (ANPEI, 2020).

Possivelmente, essa constatação de baixo investimento em pesquisa e desenvolvimento deve estar ligada ao fato de o estado possuir uma indústria predominantemente de base extrativista (CNI, 2020), que necessita aprimorar, cada vez mais, seus processos em geral para atender à demanda crescente, em sua maioria, destinada à agricultura, setor de elevado destaque no estado.

O Brasil melhorou quatro posições no Índice Global de Inovação em comparação com 2019, passando de 66ª para 62ª posição (GLOBAL INNOVATION INDEX, 2020). Nessa classificação, a Suíça, a Suécia e os Estados Unidos continuam ocupando as primeiras posições. Mesmo não sendo uma melhoria tão significativa, a Indústria 4.0 no Brasil possui uma forte tendência a ser bem-sucedida, de acordo com o mais recente relatório *Readiness for the Future of Production Report 2018*, publicado pelo Fórum Econômico Mundial (WEF, 2018), que vê nosso mercado industrial como promissor.

Segundo dados da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2020), a Indústria 4.0 pode gerar uma redução de custos industriais de, no mínimo, R\$ 73 bilhões, com maior eficiência e diminuição do consumo de energia e do custo de manutenção, no entanto, menos de 5% das fábricas brasileiras podem ser consideradas alinhadas ao conceito 4.0 (PEDERNEIRAS, 2019).

Nesse sentido, o BNDES e o Finep, buscando incentivar o desenvolvimento nacional, liberaram mais de 8 bilhões de recursos para linhas de crédito voltadas aos investimentos com esse foco, ou seja, implantação, ampliação e modernização das empresas industriais brasileiras para favorecer a oferta de mercadorias de maior qualidade a preços competitivos (WILLCOX; DAUDT; MIGUEZ, 2020; PEDERNEIRAS, 2019).

### 2.3.3 Gestão de pessoas e desenvolvimento de competências

A gestão de pessoas na era da Indústria 4.0 traz enormes desafios, pois, ainda que os sistemas atuem interligados e sejam capazes, até mesmo, de tomar decisões por meio da inteligência artificial, a inteligência humana segue indispensável na Indústria 4.0. Com tantas mudanças em curso, as empresas industriais têm enfrentado dificuldades na gestão dos recursos humanos, que hoje passa a ser muito mais estratégico.

A gestão de pessoas tem sido um grande desafio para as organizações, que começam a fazer parte da nova revolução industrial, pois, além de ser essencial determinar quais capacidades técnicas são imprescindíveis para que os colaboradores atendam à necessidade

da função, ainda se faz importante ter perfis de confiança e alto comprometimento, uma vez que atuarão diretamente com questões estratégicas e sensíveis, como dados exclusivos da indústria (KREINSEN et al., 2019).

A tendência é que as indústrias se concentrem em aspectos mais humanizados, o que irá requerer dos funcionários habilidades como: capacidade de comunicação eficaz, carisma, criatividade, empatia, flexibilidade, inteligência emocional, persuasão, resolução de conflitos, entre outros. Será imperioso identificar quais são as novas competências e habilidades fundamentais para que um funcionário seja produtivo na era da Indústria 4.0 (NASI JUNIOR et al., 2019).

Sendo recursos essenciais para o contexto de qualquer organização, as competências, quando potencializadas no desenvolvimento do capital humano, contribuem de forma ampla para o desenvolvimento da Indústria 4.0, considerando a combinação dos conhecimentos, das habilidades e das atitudes (SANTOS; OLIVEIRA, 2019).

Os autores ainda salientam que, no contexto da Indústria 4.0, a renovação de competências deve ser conduzida com foco na promoção da inovação e na orientação de aprendizagem na organização. Os funcionários com perfil de aprendizagem preferem se envolver em tarefas desafiadoras e isso auxilia no desenvolvimento de um comportamento inovador, como a abertura para novas experiências.

Considerando que as empresas estão exigindo cada vez mais *soft skills*<sup>8</sup>, além do conhecimento técnico e das habilidades de comunicação, é importante observar o desenvolvimento das competências digitais para enfrentar os novos desafios advindos da Indústria 4.0 (SANTOS; OLIVEIRA, 2019).

No cenário da Indústria 4.0, alguns conhecimentos serão imprescindíveis para os profissionais, com destaque para os conhecimentos em automação, programação, análise de dados, inteligência artificial, integração de sistemas e desenvolvimento de software, sendo, cada vez mais, valorizados no mercado de trabalho e, por consequência, terá maior empregabilidade. Isso fortalece o ideal de transformação que ocorre nas mais diversas áreas com o advindo da era 4.0, em especial, nas áreas de recursos humanos, que passam por grandes transformações, seja pelos novos conhecimentos e habilidades, seja pelo uso de ferramentas para melhor auxiliar no recrutamento e treinamento desses profissionais (NASI JUNIOR et al., 2019).

Entender as necessidades inerentes ao processo e articular os recursos, considerando o fator humano que, progressivamente mais, se concentrará em atividades criativas, inovadoras e comunicativas, faz parte das novas abordagens para a articulação dos recursos humanos.

---

<sup>8</sup> Habilidades comportamentais que um indivíduo deve possuir para realizar suas atividades.

As atividades de rotina, que também incluem tarefas de monitoramento, são total ou parcialmente assumidas por máquinas, o que possibilita uma melhor utilização do potencial intelectual no fator humano. Com isso, conceitos relacionados à competência precisam ser mais bem explorados, no entanto, para essa visão orientada à produção, em que as competências são todas as formas relacionadas a algum tipo de tarefa e a capacidade de cumprir essa tarefa, uma das propostas é dividir em quatro a classificação de competências, quais sejam: pessoais, sociais, de ação e de domínio (EROL et al., 2016).

As competências pessoais podem ser entendidas como a capacidade de agir de forma reflexiva e autônoma. Além disso, também se destaca pela capacidade de compreender e aprender para atuar de forma a desenvolver uma atitude própria e valores éticos ligados ao sistema. Erol et. al. (2016) destacam que, como existe uma tendência de automação de tarefas de rotina, os trabalhadores terão de enfrentar, cada vez mais, situações de tomada de decisão célere e baseadas em dados.

No ponto de vista do próprio futuro do trabalho, existe uma necessidade de enxergar o quadro todo, que envolve, inclusive, a sociedade, considerando, por exemplo, a escassez de recursos e de oportunidades voltados para o próprio desenvolvimento e para o compromisso com a aprendizagem ao longo da vida, como uma responsabilidade pessoal.

Outro desafio para os gestores do futuro, no âmbito do recurso humano, é transformar o seu estilo de gestão orientada para de valor, pois as equipes do futuro são diversas, não só em termos de cultura como de educação e de localização geográfica (PAVARINA et al., 2020).

Considerando que as lideranças são peças-chave para o avanço de todo esse processo de transformação, é necessário que haja um movimento impulsionador e de conscientização intensivo no estado, do contrário, essas empresas devem ficar para trás. Segundo o fundador do Fórum Econômico Mundial, Schwab (HSM, 2020, p. 3, grifos do autor), “ao contrário das revoluções industriais anteriores, essa vai evoluir em ritmo exponencial em vez de linear. Ela não está só mudando o ‘o quê’ e o ‘como’ fazer as coisas, mas também o ‘quem’ somos nós”.

Conforme Pavarina et al. (2020), o desenvolvimento é parte fundamental para a construção de competências estruturadas e se refere ao processo amplo e contínuo, com o objetivo de desenvolver o indivíduo de forma integral, ação essa conhecida como CHAR: C – Conhecimento; H – Habilidade; A – Atitude e R – Resultado.

As competências sociais também são importantes no perfil dos profissionais na Indústria 4.0, pois o indivíduo continuará necessitando de se comunicar, cooperar e estabelecer condições sociais, conexões e estruturas com outros indivíduos e grupos, ainda que de modo híbrido.

Biazzina, Sacomano Neto e Cândido (2019) afirmam que, no campo da atuação estratégica, um dos principais desafios para uma empresa é ter sucesso na construção de relações sociais que possibilitem a cooperação e a funcionalidade. Embora alguns arranjos sociais específicos possam ser mais eficientes do que outros, comumente, o principal desafio

das organizações é formar arranjos sociais estáveis que favoreçam o desenvolvimento das competências de forma geral e que criam ambientes favoráveis para a ampliação das capacidades organizacionais.

Os arranjos sociais são únicos, pois dependem de um conjunto de indivíduos singulares que pertencem a uma organização, o qual amplia a importância de se considerar a escolha de facilitadores de cooperação, em que atores influentes e socialmente qualificados têm um papel crucial na construção dos arranjos sociais que levam a capacidades operacionais (BIAZZINA; SACOMANO NETO; CÂNDIDO, 2019).

Ainda conforme os autores, a crise interna e a incerteza aumentaram a competitividade entre os indivíduos e as equipes, o que dificulta qualquer movimento de melhoria ou de alteração do funcionamento, principalmente, a disposição para incorporar uma nova capacidade operacional ao negócio, o que, no caso da transformação do cenário atual para a Indústria 4.0, tem forte impacto na implementação.

Assim, é importante compreender como atores socialmente qualificados contribuem para a difusão de capacidades entre as unidades, as equipes ou no desenvolvimento pessoal de seus pares, mesmo que se considerem as capacidades operacionais como específicas para a empresa (não para os indivíduos que pertencem a ela), pois eles possuem um papel cognitivo significativo nesse processo interno das organizações, criando ambientes favoráveis ao desenvolvimento (BIAZZINA; SACOMANO NETO; CÂNDIDO, 2019).

A integração digital completa e a automação de todo o processo de fabricação, nas dimensões vertical e horizontal, implicam também em uma automação de comunicação e na cooperação, especialmente ao longo de processos padronizados (EROL et al., 2016).

Considerando o escopo de processos cada vez mais amplos, a forma de relacioná-los com pessoas pode potencializar os resultados projetados. Erol et al. (2016) afirmam que, devido ao aumento do escopo e da complexidade, necessitará de uma mentalidade orientada para a construção e manutenção de redes de especialistas que sejam capazes de cooperar em busca de soluções para problemas específicos.

Criar ambientes de forma a favorecer o contexto social distribuído, heterogêneo, interdisciplinar e organizado exigirá uma capacidade de comunicar problemas complexos em diferentes linguagens, sendo um desafio no desenvolvimento de competências articuladas. Além disso, o profissional também deverá ter a habilidade de integrar trabalhos em equipe de forma colaborativa.

No contexto das competências de domínio, leva-se em conta o uso do conhecimento para um trabalho ou uma tarefa específica, conhecimento esse que abrange metodologias, linguagens e ferramentas, as quais são especialmente importantes para um problema ou para o domínio de negócios, que vai além do cotidiano.

Um exemplo é a digitalização completa de produção e exploração de dados para permitir um planejamento e controle de processos e de redes de produção, pois apresentam

peculiaridades de domínio que requerem competências específicas de domínio e tendências (EROL et al., 2016). Para tais conhecimentos de processos de produção digitalizada e de gerenciamentos em formatos inteligentes, exige-se que o trabalhador compreenda os fundamentos de rede de tecnologia de trabalho e processamento de dados.

Considerando essa mudança significativa no comportamento referente a competências necessárias para atender a essa nova revolução, um conhecimento maior de diversas áreas propicia uma compreensão mais clara do objetivo de qualquer processo ou projeto, pois, com uma visão sistêmica do todo, há uma antecipação da leitura de possíveis problemas, que oportuniza a geração de novas ideias. Independentemente de as habilidades serem na dimensão “*hard* ou *soft*”, o importante é ressaltar que todas as capacidades que podem ser aprendidas e aprimoradas serão bem-vindas (INOVAÇÃO INDUSTRIAL, 2020).

Todavia, o que realmente importa é que o profissional 4.0 esteja disposto a fazer parte dessas mudanças, entendendo a importância do constante autoaprimoramento, incluindo o desenvolvimento pessoal (INOVAÇÃO INDUSTRIAL, 2020). A motivação do profissional é essencial para o aprendizado e o desenvolvimento das suas próprias competências, assim como para o engajamento dele em programas de treinamento e de desenvolvimento disponibilizados pela empresa.

Para a Indústria 4.0, existe a necessidade de treinamento e de desenvolvimento de habilidades que possam acelerar o aprendizado. As novas formas de aprendizagem, o nível de treinamento e de habilidades, os escalonáveis processos de educação e de treinamento digital e o sistema dual de treinamento vocacional são alguns exemplos de melhoria nos métodos para o desenvolvimento do conhecimento na era 4.0 (KREINSEN et al., 2019; PAVARINA et al., 2020).

Diferentemente do treinamento que preconiza a formação técnica, permitindo preparar, de forma rápida, o indivíduo para o exercício de determinada função ou para a realização de uma tarefa específica, o desenvolvimento deve se dar em todas as esferas organizacionais, transcendendo o exigido para sua atuação presente e preparando-o para desafios mais complexos e grandiosos (PAVARINA et al., 2020).

Considerando que o processo de treinamento é restrito à necessidade imediata da organização em relação às habilidades e, para tanto, segue uma sequência preestabelecida, no processo de treinamento, ele é aplicado em vários níveis e setores de uma organização (PAVARINA et al., 2020).

A exemplo de boas práticas e normas que auxiliam a condução de processos da gestão do conhecimento, a NBR ISO 10015 estabelece diretrizes para a gestão de treinamento e desenvolvimento, que objetiva garantir o impacto e a eficácia dos sistemas de formação e dos programas de treinamento e de desenvolvimento para contribuir com a garantia da qualidade de produtos ou serviços.

Esse tipo de norma auxilia as organizações a estabelecer programas de abrangência no desenvolvimento, na implantação, na manutenção e na melhoria de estratégias e sistemas. A NBR ISO 10015 pode ser aplicada em qualquer tipo de treinamento e de desenvolvimento de qualquer organização, independentemente de seu porte.

Os resultados de uma organização podem ser significativamente melhorados por um processo de treinamento planejado e sistêmico (PAVARINA et al., 2020). No entanto, é importante pontuar que os processos de treinamento e desenvolvimento não acontecem necessariamente ao mesmo tempo ou são focos da organização. Para melhor compreender o papel dessas atividades, precisamos analisar os conceitos envolvidos em cada um deles: no treinamento e no desenvolvimento.

Além de todas as ofertas convencionais existentes para a formação de profissionais qualificados nas mais diversas vertentes e dimensões, atualmente, ferramentas inovadoras estão sendo incorporadas e auxiliam na construção do conhecimento para atender ao aprendizado proporcionado pelas mudanças constantes. Algumas tendências são observadas nessa direção do aprendizado 4.0, como podemos ver o exemplo da figura 20.

Figura 20. Exemplo de tendências em treinamento e desenvolvimento na construção de diferenciais e aprendizados na Gestão 4.0



Fonte: Pavarina et al. (2020).

Há diversas ferramentas e metodologias presentes no mercado, que enriquecem as formas de atuar tanto dos profissionais que atuam na área quanto dos que passam pelo processo de aprendizado, desenvolvimento e atualização.

Na gestão do conhecimento, existem várias metodologias que favorecem o desenvolvimento do aprendizado, podemos citar, como exemplo, as metodologias ativas,

ágeis, imersivas e analíticas, que levam à construção de diferenciais e de aprendizados, os quais resultam em conhecimentos, habilidades e atitudes assertivas voltadas às necessidades do contexto organizacional (PAVARINA et al., 2020).

As metodologias ativas, por exemplo, segundo Filatro e Cavalcanti (2018), são métodos com foco em estratégias, técnicas, abordagens e perspectivas de aprendizagem individual e colaborativa, que envolvem e engajam os estudantes no desenvolvimento de projetos e/ou atividades práticas.

Esse tipo de método aborda o aprendizado com a figura do sujeito ativo, que participa de forma intensa de seu processo de conhecimento, mediado ou não por tecnologias. São quatro as linhas aplicadas nessa metodologia: Aprendizagem baseada em problemas; Aprendizagem baseada em projetos; Movimento *maker* e *Design thinking*, sendo que, neste último, reforça-se uma abordagem centrada no indivíduo, promovendo a solução de problemas complexos ao tempo que estimula a criatividade e facilita a inovação (PAVARINA et al., 2020).

Nas metodologias ágeis, valores referentes à administração da atenção são abordados, considerando o potencial inovador pela demanda de uma aprendizagem profunda que permaneça por longos períodos e que possa ser aplicada em outros contextos, inclusive, nos cenários futuros.

São quatro os exemplos de aplicação dessa metodologia: 1. *Scrum*, por meio de uma proposição de processo iterativo com a criação de equipes auto-organizadas e a comunicação assertiva, em que são considerados as funções transitórias por parte dos envolvidos, as entregas parciais de trabalho, a flexibilidade, as reuniões regulares, o trabalho dividido em blocos e a responsabilidade compartilhada; 2. Contratos sociais, documentos que estabelecem as regras claras sobre a interação entre equipes; 3. *Kanban*, método baseado na utilização de cartão, publicado em um mural virtual ou físico, feito com a finalidade de visualizar o status e o tempo médio para finalização de cada tarefa, e 4. *Canvas*, método baseado em um mapa prático, completo e de fácil utilização com linguagem e formato objetivos (PAVARINA et al., 2020).

Nas metodologias imersivas, o aprendizado se dá por meio do uso de mídias e de tecnologias convergentes. Esse método possibilita uma aprendizagem mais divertida, mediante a promoção da investigação, da descoberta e do engajamento em projetos desafiadores (PAVARINA et al., 2020; FILATRO; CAVALCANTI, 2018). São exemplos de sua aplicação os métodos por simuladores de cabine; telepresença e jogos sérios, sendo que, neste último, combina-se uma estrutura narrativa com simulação e elementos lúdicos com elementos sérios, estimulando o desenvolvimento de conhecimentos e habilidades específicas (tipo RPG<sup>9</sup>).

---

<sup>9</sup> Do inglês *Role Playing Game*, que se refere a um jogo em que as pessoas interpretam seus personagens e criam narrativas em torno de um determinado enredo.

O último método que será abordado trata-se das metodologias analíticas, que estão relacionadas ao imenso poder computacional de coletar, tratar e transformar dados relativos à aprendizagem humana, em que as diversas ferramentas utilizadas se apoiam na necessidade de tomada de decisão baseada em dados apresentados.

A princípio, as metodologias analíticas focam nos dados coletados a respeito da experiência de aprendizagem do aluno e visam melhorar a retenção e o progresso nos estudos. No nível micro, são usadas para direcionar intervenções de curto, médio e longo prazo. As aplicações das metodologias analíticas podem ser divididas em duas: a mineração de dados educacionais, cujo método explora dados encontrados em ambientes educacionais e os utiliza para entender os indivíduos e o contexto no qual aprendem, e a aprendizagem de máquina, que é um subproduto da inteligência artificial, a qual possibilita aos computadores a capacidade de manipular um conjunto de dados e de extrair respostas a perguntas específicas (PAVARINA et al., 2020).

Pavarina et al. (2020) ainda comentam sobre a importância de utilizar as metodologias para garantir uma maior eficácia na construção de um aprendizado formador de competências articuladas para desenvolver os *hard skills* — competências técnicas que incluem os conhecimentos adquiridos por meio de cursos, treinamentos e especializações — ou os *soft skills* — habilidades comportamentais que envolvem aptidões mentais, emocionais e sociais.

A Quarta Revolução Industrial traz consigo o desafio da transformação digital e da inovação, além das mudanças drásticas de mercado, o que afeta a formação e a atuação dos profissionais tanto no âmbito de seu desenvolvimento técnico quanto no social e organizativo. Diante dessa realidade, é preciso priorizar a busca pelo conhecimento e pelas novas tendências para termos êxito na mudança de mentalidade na construção de um *mindset* digital necessário ao dia a dia (PAVARINA et al., 2020).

### 3 Método

A presente pesquisa é de natureza descritiva e busca realizar uma análise quantitativa do objeto de estudo. Pesquisas dessa natureza são voltadas para a “descrição das características de uma determinada população” estudada a fim de “identificar possíveis correlações entre variáveis” (KINCHESCKI; ALVES; FERNANDES, 2014). Os próximos tópicos do método usado detalham a amostra, o instrumento, o procedimento de coleta de dados e a forma de análise dos dados.

#### 3.1 Amostra

Todas as 200 empresas industriais do estado de Mato Grosso que compuseram essa amostra foram selecionadas considerando sua participação no Programa Brasil Mais Produtivo, iniciativa do governo federal, realizado em âmbito nacional. Desse montante, foram contempladas indústrias de todos os portes (micro, pequenas, médias e grandes) em 29 municípios do estado, conforme distribuição geográfica ilustrada na figura 21.

*Figura 21. Distribuição geográfica da localização das empresas industriais estudadas*



*Fonte: produzido pela pesquisadora a partir de Senai (2020).*

As indústrias que fazem parte da amostra representam oito segmentos, distribuídos da seguinte forma: madeira e móveis (31,5%), alimentos e bebidas (30%), construção civil (16%), vestuário (9%), minerais não metálicos (5,5%), plásticos e borrachas (4,5%), metalomecânica (3%) e produtos químicos (0,5%). Das 200 indústrias avaliadas, 74 são microindústrias, 91 são indústrias de pequeno porte, 30 são de médio porte e 5 são de grande porte.

### **3.2 Instrumento**

O instrumento utilizado para a realização desta pesquisa foi o questionário denominado *Avaliação de Maturidade: Indústria 4.0* (SENAI 4.0, 2019), modelo disponibilizado pela CNI (Confederação Nacional das Indústrias). Em sua concepção, por parte da CNI, o questionário e sua metodologia de análise foram estruturados com o apoio do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) para avaliar o nível de maturidade das indústrias brasileiras com base em outros estudos (SCHUH et al., 2017; VDMA, 2016).

Esse questionário é composto por 34 itens, que avalia três dimensões: Estratégia e organização; Manufatura e cadeia de suprimentos e Modelo de negócio, produtos e serviços. Todavia, para uma análise mais aprofundada das questões, foi usada apenas a dimensão Estratégia e Organização. As demais dimensões foram consideradas apenas para se obter a pontuação geral, que permite caracterizar os possíveis caminhos em direção ao ganho de maturidade, que são os *Roadmaps*.

A dimensão Estratégia e Organização, instrumento utilizado nesta pesquisa (Apêndice A), é composta por seis questões fechadas, que permitem analisar: (a) o status de implementação de estratégias ligadas à Indústria 4.0; (b) os indicadores de implantação da estratégia da Indústria 4.0; (c) o nível de envolvimento, apoio e conhecimento das lideranças da empresa (Direção executiva e gerentes sênior) com relação ao tema Indústria 4.0; (d) as áreas da empresa que receberam investimentos na implantação da Indústria 4.0 nos últimos dois anos; (e) as áreas da empresa que receberão investimentos na implantação da Indústria 4.0 nos próximos cinco anos e (f) os dados que apoiam o processo das tomadas de decisão estratégicas (SENAI 4.0, 2019).

### **3.3 Procedimento de coleta e de análise de dados**

Esta pesquisa foi respondida pelos gerentes de RH de produção industrial ou pelos proprietários de cada empresa, no período de 2018 a 2019. De acordo com a disponibilidade e preferência dos respondentes, os questionários foram aplicados presencialmente ou por telefone, com tempo médio de 30 a 40 minutos por contato.

As questões relacionadas à dimensão Estratégia e Organização foram analisadas quantitativamente conforme escala de respostas. Já o nível de maturidade frente à implementação da Indústria 4.0 ocorreu de acordo com a pontuação geral das três dimensões distintas: 1. Estratégia e Organização; 2. Manufatura e cadeia de suprimentos e 3. Modelo de negócio, produtos e serviços (SENAI 4.0, 2019).

Esses resultados foram analisados por meio de estatística descritiva, levando em consideração também o segmento e o porte das indústrias (micro, pequeno, médio e grande). O critério que determina a classificação dos estabelecimentos segundo o porte é definido em função do número de pessoas ocupadas e depende do setor de atividade econômica investigado, considerando: microempresa, com até 19 pessoas; pequena empresa, de 20 a 99;

média empresa, de 100 a 499, e grande empresa, de 500 pessoas ocupadas ou mais (SEBRAE, 2018b, 2020a).

## **4 Resultados e discussão**

Os resultados a seguir são apresentados e discutidos de acordo com os temas avaliados no instrumento de pesquisa: Estratégia de implementação da Indústria 4.0; Indicadores de implantação da estratégia da Indústria 4.0; Nível de envolvimento, apoio e conhecimento das lideranças da empresa com relação ao tema Indústria 4.0; Áreas da empresa que receberam investimentos na implantação da Indústria 4.0 nos últimos dois anos; Áreas da empresa que receberão investimentos na implantação da Indústria 4.0 nos próximos cinco anos e Níveis de dados que apoiam o processo de tomadas de decisão estratégicas.

Além da abordagem referente à Estratégia e Organização, também faz parte das discussões o comportamento das dimensões avaliadas, considerando o nível de maturidade frente à Indústria 4.0, preconizado na metodologia Senai 4.0, tanto para os segmentos como para o porte das indústrias avaliadas.

Todas as discussões compreendem um conjunto de informações que pode subsidiar a construção de jornadas ou as rotas de implementação, algo comum após o entendimento do nível de maturidade alcançado.

### **4.1 Estratégia de implementação da Indústria 4.0**

As empresas foram avaliadas quanto aos seus respectivos níveis de implantação de estratégias com foco na Indústria 4.0, permitindo a categorização de respostas, que variaram desde “sem estratégia definida” até “existência de uma estratégia escalonada”. O gráfico 1 apresenta esses resultados, considerando o porte das empresas industriais, em que, no eixo x, está representada a quantidade de empresas e, no eixo y, o status de implementação da Indústria 4.0.

Pela análise do gráfico 1, nota-se que a grande maioria das empresas, principalmente as de micro e pequeno porte, encontra-se na categoria denominada “sem estratégia definida”.

Gráfico 1. Resultados das respostas das empresas industriais por porte quanto ao status de implementação da Indústria 4.0



Fonte: produzido pela pesquisadora (2021).

Os resultados apresentados no gráfico 1 sugerem que muitas empresas industriais do estado de Mato Grosso precisam estar vigilantes às mudanças e compreender esse cenário da Indústria 4.0 a fim de garantirem a continuidade e a competitividade dos seus negócios, já que uma quantidade expressiva de empresas, independentemente do porte, ainda não definiu suas estratégias. Entender qual estágio de maturidade que cada negócio industrial se encontra é de fundamental importância para o desenvolvimento tecnológico sustentável dessas empresas e, por consequência, da economia estadual e nacional.

Nesse contexto, no gráfico 2, é apresentada uma análise do impacto da dimensão Estratégia e Organização quanto ao status de implementação da Indústria 4.0 por segmento, em que foram priorizados os cinco segmentos com maior representatividade amostral, sendo possível notar que, quanto ao nível de maturidade, ainda há muito a se avançar, pois a maioria das empresas estão nos dois primeiros níveis de maturidade.

Gráfico 2. Resultados das respostas por segmento no nível de maturidade das indústrias quanto ao status de implementação na dimensão Estratégia e Organização



Fonte: produzido pela pesquisadora (2021).

Dos segmentos analisados, observa-se que, em Mato Grosso, os da construção civil e de extração de minerais não metálicos foram os que apresentaram maiores tendências de avanço na implementação desse tipo de estratégia. Esse resultado pode ser explicado devido ao aquecimento da construção civil (REBOUÇAS JÚNIOR, 2021), além do fato de que, nesse setor, os sistemas de gestão de qualidade, tais como a ISO 9001 e o PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat), influenciam no ganho de maturidade na dimensão Estratégia e Organização.

Referente ao setor de minerais não metálicos, a elevada representatividade sofre a interferência direta do agronegócio no estado (BERNARDES, 2021), pois exige maior eficiência operacional na produção de areia e calcário, respectivamente, como exemplo (NÓBREGA, 2019).

#### 4.2 Indicadores de implantação da estratégia da Indústria 4.0

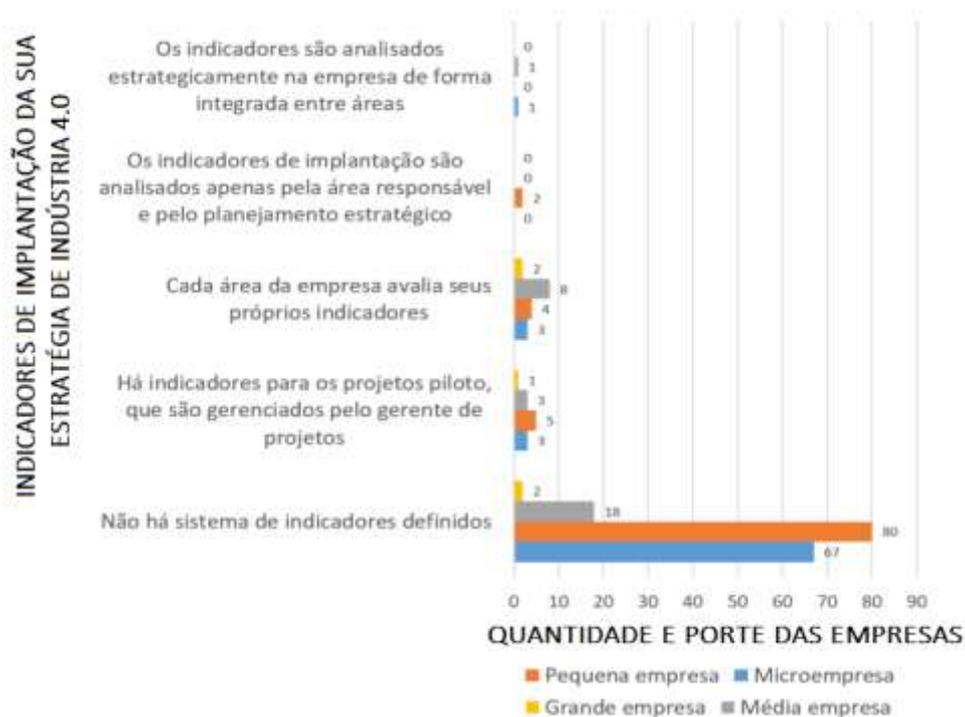
O planejamento estratégico de uma organização empresarial é uma importante ferramenta para gerar competitividade de produtos e serviços, ao mesmo tempo que permite projetar as perspectivas de crescimento e desenvolvimento em setores de áreas técnicas, tecnológicas e humanas (PORTER, 2005).

Definir e monitorar o desempenho dos fatores críticos de sucesso de uma empresa pode guiar seus caminhos rumo à melhoria contínua de atuação. De forma geral, os indicadores são ferramentas fundamentais nas atividades de monitoramento e de avaliação das organizações. São utilizados, como instrumentos estratégicos em projetos, programas e políticas, o que permite acompanhar o alcance das metas e identificar avanços, melhorias de qualidade, correção de problemas, necessidades de mudanças etc.

As 200 empresas industriais foram avaliadas quanto aos indicadores de implantação da Indústria 4.0, variando desde a completa inexistência de indicadores até a existência estruturada, contemplando análises estratégicas integradas. Em relação às 200 empresas, 167 (83%) apontaram que não possuem um sistema de indicadores de implantação da sua estratégia da Indústria 4.0 definido, sugerindo que, possivelmente, existem empresas que já têm algum tipo de estratégia definida (como mostra o gráfico 1), mas que ainda não definiram um sistema de indicadores ou podem estar com dificuldades para a definição das métricas mais adequadas.

O gráfico 3 apresenta os resultados relacionados aos indicadores de implantação da estratégia da Indústria 4.0, de acordo com o porte da empresa.

Gráfico 3. Resultados das respostas das indústrias por porte quanto a indicadores de implementação da Indústria 4.0



Fonte: produzido pela pesquisadora (2021).

Como mostra o gráfico 3, a maioria das empresas (pequena, micro e de médio porte) não possui um sistema de indicadores definido. Isso mostra que a maioria das empresas não deu ou está com dificuldades para dar seus primeiros passos rumo à Indústria 4.0, deixando clara a importância de programas de capacitação e consultoria que sensibilizam empresas industriais de todos os portes e segmentos sobre as oportunidades e os desafios da Quarta Revolução Industrial.

Quando esses dados são analisados por segmento, priorizando os cinco com maior representatividade amostral (gráfico 4), nota-se que o segmento da construção civil apresentou a maior quantidade relativa de empresas em níveis de maturidade mais elevados.

Gráfico 4. Resultados das respostas das indústrias por segmento quanto a indicadores de implementação da Indústria 4.0



Fonte: produzido pela pesquisadora (2021).

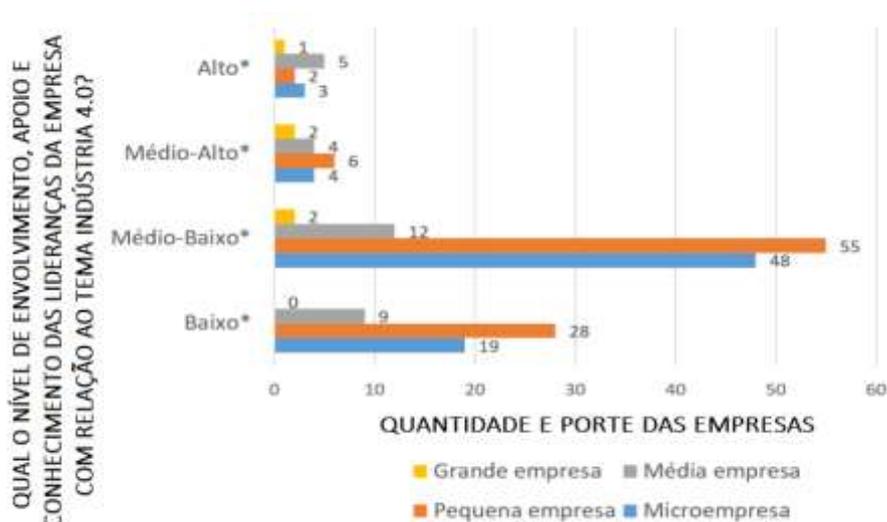
Propor roteiros seguros e estruturados de produtos e serviços, que podem contribuir para guiar a evolução da empresa ao longo de sua jornada nesse novo cenário, mostra a efetividade dessas ações.

#### 4.3 Envolvimento, apoio e conhecimento das lideranças com relação ao tema Indústria 4.0

O envolvimento, o apoio e o conhecimento das lideranças da empresa são imprescindíveis para o sucesso de todo esse processo de transformação em curso (HSM, 2020). Entre os desafios da Indústria 4.0, estão a readaptação da liderança a esse novo contexto histórico, cuja nova era é marcada por tecnologias emergentes, que irão mudar completamente a forma de projetar, produzir e entregar os bens e serviços.

Diante da evidente importância do tema, as lideranças das 200 empresas industriais de Mato Grosso também foram analisadas quanto ao nível de envolvimento, apoio e conhecimento com relação ao tema Indústria 4.0. O gráfico 5 mostra os resultados, de acordo com o porte das empresas.

Gráfico 5. Resultados das respostas referentes ao nível de envolvimento, apoio e conhecimento das lideranças da empresa com relação ao tema Indústria 4.0



**Legenda:** *\*Baixo:* as lideranças não reconhecem as oportunidades e os desafios da Indústria 4.0 e não possuem conhecimento sobre as questões digitais; *\*Médio-Baixo:* as lideranças reconhecem a importância do tema e estão em busca de maiores informações para a tomada de decisão; *\*Médio-Alto:* as lideranças reconhecem a importância e entendem as oportunidades e desafios para a empresa e estão definindo sua estratégia de transformação digital e *\*Alto:* todos conhecem plenamente sobre o tema Indústria 4.0 e reconhecem sua importância, suas oportunidades e seus desafios, bem como já possuem uma visão e um planejamento estratégico para a transformação digital da empresa.

Fonte: produzido pela pesquisadora (2021).

Os resultados apresentados no gráfico 5 sugerem que mais de 58% das empresas (N<sup>10</sup>= 117), considerando a soma de todos os portes das empresas da amostra, responderam que reconhecem a importância do tema e que estão em busca de maiores informações para as tomadas de decisão, representando o nível médio-baixo de envolvimento, apoio e conhecimento das lideranças da empresa com relação ao tema Indústria 4.0.

Não obstante esse baixo envolvimento, 56 das 200 empresas industriais estudadas, um número também elevado de empresas (28%), responderam que não reconhecem as oportunidades e desafios da Indústria 4.0, bem como não possuem conhecimento sobre as questões digitais, o que representou o nível baixo de envolvimento, apoio e conhecimento das lideranças.

Quando somadas as empresas que reconheceram estar situadas nos níveis de envolvimento baixo e médio-baixo (gráfico 5), o percentual é de 86%, retratando que ainda há um longo caminho a ser trilhado pelas lideranças industriais de Mato Grosso, de forma a reconhecerem as vantagens competitivas e a necessidade de engajamento nessa revolução que já faz parte do cenário atual e veio para ficar.

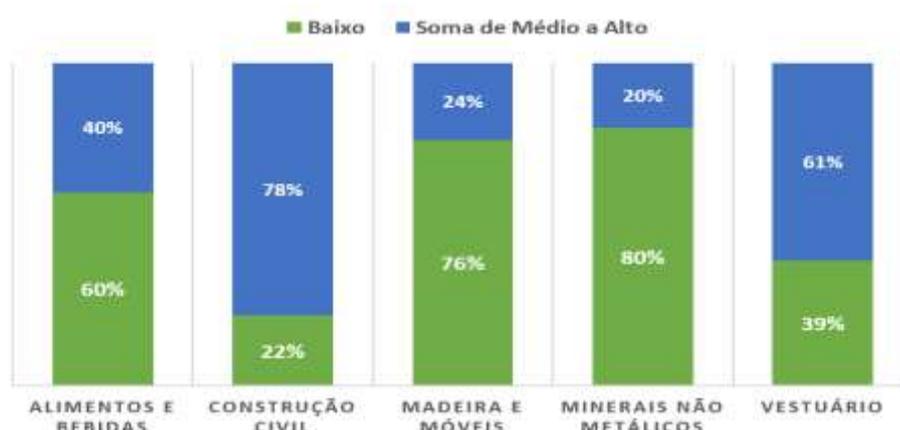
<sup>10</sup> Para análise dos dados, “N” representa o total de cada área investigada.

Mesmo quando as empresas de médio e grande porte são analisadas nesse quesito de envolvimento, apoio e conhecimento das lideranças da empresa com relação ao tema Indústria 4.0, nota-se que, de um total de 35 empresas, apenas 12, ou seja, menos da metade, apontaram se enquadrar nos níveis médio-alto e alto, preconizados pela metodologia, conforme gráfico 5.

Em um cenário global, essa desvantagem competitiva fica ainda mais evidente. Em 2016, a PwC<sup>11</sup> entrevistou mais de 2 mil empresas de diversos segmentos, em 26 países, sobre a Indústria 4.0. Cerca de um terço dessas empresas afirmou já ter alcançado níveis avançados de integração e digitalização e 72% acreditavam que chegariam a esse ponto agora por volta de 2021.

No gráfico 6, é apresentada uma análise desse nível de envolvimento das lideranças frente aos cinco segmentos da amostra desse estudo, em que o nível baixo (cor verde) foi comparado com a soma dos níveis médio a alto (cor azul).

Gráfico 6. Nível de envolvimento, apoio e conhecimento das lideranças da empresa com relação ao tema Indústria 4.0 por segmento industrial



Fonte: produzido pela pesquisadora (2021).

Nota-se que, dentre as empresas industriais estudadas, a construção civil, embora seja conhecida como bastante conservadora, e o segmento de vestuário foram os que apresentaram maiores tendências de engajamento e conhecimento acerca do tema Indústria 4.0. Os resultados positivos da construção civil mostram-se coerentes nas diferentes questões avaliadas na dimensão Estratégia e Organização, o que evidencia um alinhamento maior às tendências e às mudanças necessárias para a Indústria 4.0.

---

<sup>11</sup> Conhecida, inicialmente, como *PricewaterhouseCoopers*, trata-se de um *Network* de firmas independentes que estão presente em vários territórios e que contam com cerca de 250 mil profissionais dedicados à prestação de serviços de qualidade em auditoria e asseguração, consultoria tributária e societária, consultoria de negócios e assessoria em transações (Disponível em: <https://www.pwc.com.br/>. Acesso em: 20 maio 2021).

Tais dados representam que o nível de envolvimento, apoio e conhecimento das lideranças contribui para o avanço da maturidade, contudo, conforme representado no gráfico 12, destaca-se a concentração dessas empresas nos níveis de Otimização e Conectividade, requerendo um ponto de atenção para a análise dos dados de forma integrada.

#### 4.4 Investimentos em Indústria 4.0 nos últimos dois anos

Buscando entender esse comportamento nas empresas de Mato Grosso, são apresentados os resultados dos níveis de investimentos realizados nos últimos dois anos para a implantação da Indústria 4.0 nas áreas de Produção e Manufatura, Compras, Vendas, Logística e Pesquisa e Desenvolvimento (tabela 1).

*Tabela 1. Resultados referentes ao nível de investimentos na implantação da Indústria 4.0 nos últimos dois anos, de acordo com a área e o porte das empresas de MT*

ÁREA	PORTE	SEM INVESTIMENTOS	POUCO INVESTIMENTO	MÉDIO INVESTIMENTO	ALTO INVESTIMENTO
Produção e manufatura	Micro	29	13	23	9
	Peq.	27	19	29	16
	Média	2	6	8	14
	Grande	0	3	1	1
Compras	Micro	50	9	9	6
	Peq.	49	17	16	9
	Média	6	9	6	9
	Grande	2	1	1	1
Vendas	Micro	51	7	11	5
	Peq.	50	10	19	12
	Média	8	6	4	12
	Grande	1	1	1	2
Logística	Micro	53	10	8	3
	Peq.	58	10	18	5
	Média	7	6	10	7
	Grande	2	1	0	2
Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)	Micro	57	6	8	3
	Peq.	60	6	19	6

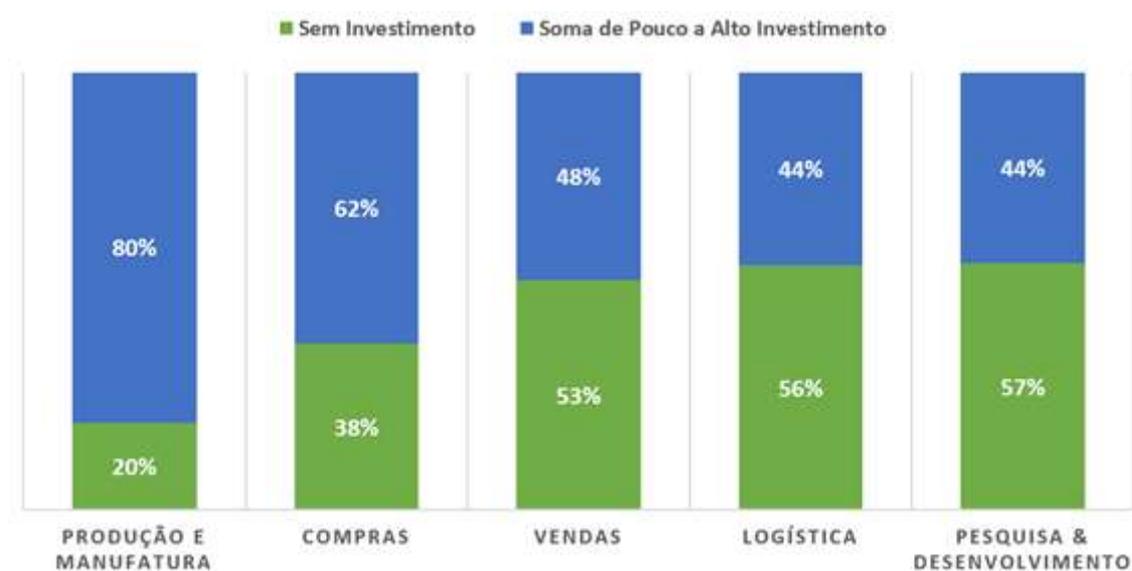
Média	14	7	2	7
Grande	1	1	1	2

Fonte: produzido pela pesquisadora (2021).

Pela soma da coluna “sem investimento”, considerando todas as áreas, nota-se que mais de 50% das empresas industriais mato-grossenses investigadas neste estudo apontaram não ter realizado nenhum investimento nas áreas de Compras (53,5%, N=107); Vendas (55%, N=110), Logística (60%, N=120) e P&D (66%, N=132), respectivamente.

Pela análise do gráfico 7, observa-se que, quando a soma dos níveis de investimento classificados como “pouco”, “médio” e “alto” é analisada, a área de Produção e Manufatura foi a que recebeu mais investimentos nos últimos dois anos, segundo a percepção dos gestores industriais ou proprietários entrevistados, que correspondeu a um total de 80% (N=142, tabela 1 e gráfico 7). Aprofundando nessa análise em nível de porte, ressalta-se, pelo gráfico 8, que as empresas industriais de porte médio foram as que comparativamente realizaram investimentos mais elevados nessa área (46,67%).

Gráfico 7. Percentual de investimentos na implantação da Indústria 4.0, nos últimos dois anos, nas áreas de Produção e Manufatura, Compras, Vendas, Logística e Pesquisa e Desenvolvimento

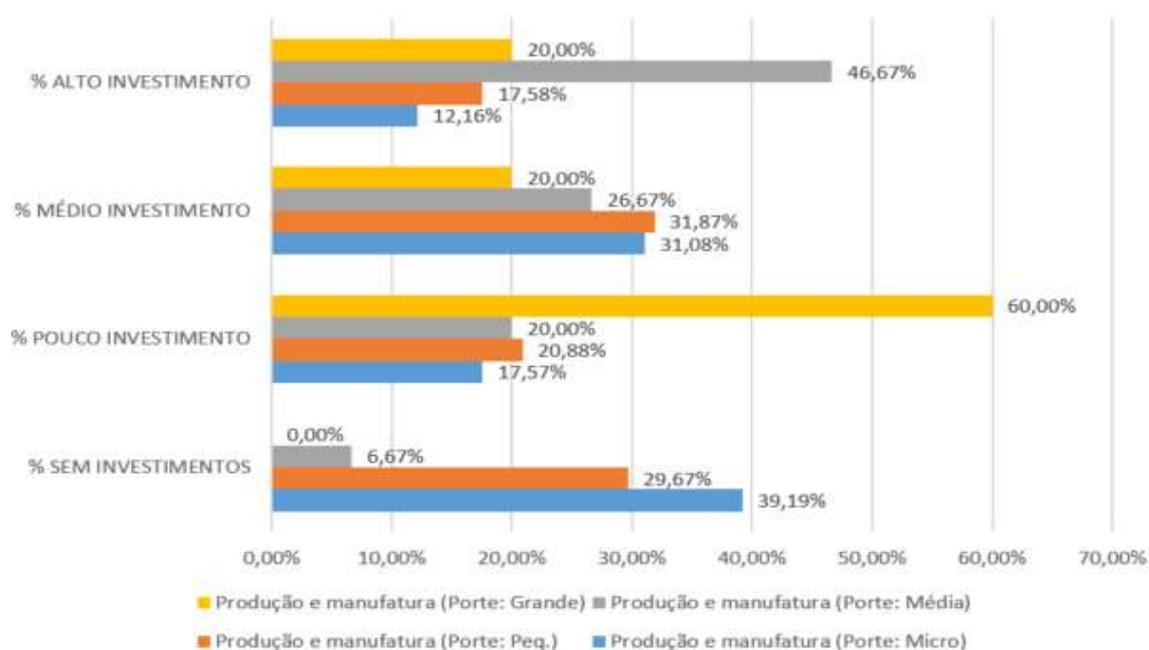


Fonte: produzido pela pesquisadora (2021).

Como mostra o gráfico 7, a área de Pesquisa e Desenvolvimento foi a que apresentou o menor investimento, considerando a soma dos níveis de investimento baixo, médio e alto (34%, N=68, tabela 1 e gráfico 7). Essa constatação está alinhada com as tendências observadas pela base nacional (CNI, 2020).

Em complemento às análises anteriores, o gráfico 8 a seguir apresenta o percentual de investimentos, independentemente do porte, estratificando em: sem investimento e soma de pouco a alto investimento.

Gráfico 8. Percentual de investimentos na implantação da Indústria 4.0, nos últimos dois anos, na área de Produção e Manufatura por porte das empresas industriais

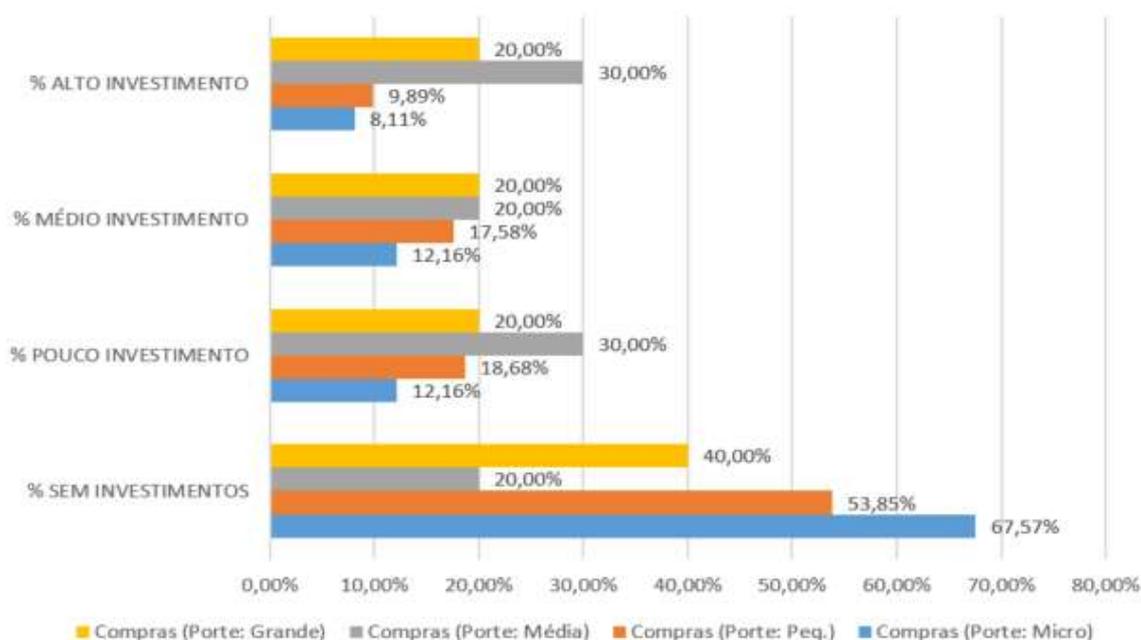


Fonte: produzido pela pesquisadora (2021).

Segundo essa métrica, a área que ficou em segundo lugar em nível de investimentos foi a de Compras, com 46,5% (N=93, tabela 1 e gráfico 9). Sob a ótica do porte das empresas, nota-se que, assim como observado na área de Produção e Manufatura, empresas de porte médio foram as que realizaram maiores investimentos na área de Compras nos últimos dois anos (30%, gráfico 9).

Assim, no gráfico 9, demonstra-se como fica o investimento na área de Compras por porte das empresas industriais, em que o percentual dos níveis de investimento mais baixos ou sem investimentos está concentrado em empresas industriais com porte micro.

Gráfico 9. Percentual de investimentos na implantação da Indústria 4.0, nos últimos dois anos, na área de Compras por porte das empresas industriais



Fonte: produzido pela pesquisadora (2021).

É reconhecida a grande importância do investimento público em P&D como indutor do investimento privado, compartilhando riscos inerentes à atividade de inovar. Isso se dá em qualquer parte do mundo, mas, no Brasil, há, ainda, maior dependência do investimento privado em P&D de induções públicas (ABDI, 2020).

Nesse contexto, é estratégico que o setor público crie e dissemine iniciativas de investimento/fomento de implantação, ampliação e modernização das empresas industriais brasileiras, cumprindo o papel de propulsor para o desenvolvimento do país, visando melhorar seu posicionamento competitivo no cenário mundial.

#### 4.5 Investimentos em Indústria 4.0 previstos para os próximos cinco anos

Dentro do contexto apresentado na seção anterior, as empresas foram avaliadas adicionalmente quanto às perspectivas de realização de investimentos em Indústria 4.0 nos próximos cinco anos. Na sequência, são apresentados os resultados para as áreas de Produção e Manufatura, Compras, Vendas, Logística e Pesquisa e Desenvolvimento (tabela 2).

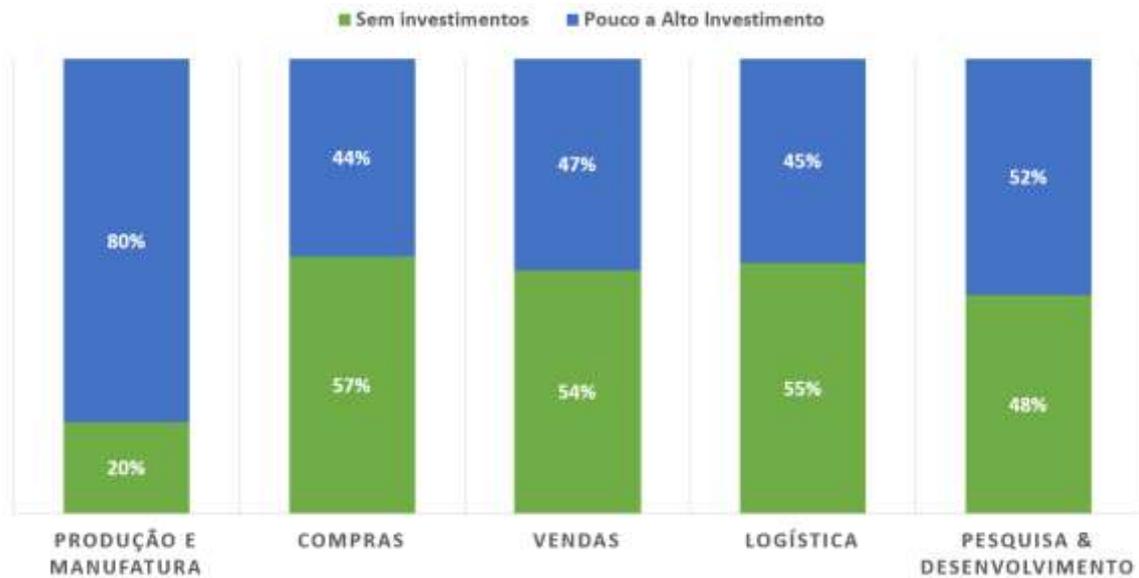
Na tabela 2 e no gráfico 10, nota-se que, quando a soma dos níveis de investimentos classificados como “pouco”, “médio” e “alto” é analisada, a área de Produção e Manufatura, além de ter sido a que mais recebeu investimentos nos últimos dois anos (gráfico 8), também é a que seguirá recebendo um maior nível de investimentos nos próximos cinco anos (gráfico 8), muito à frente da segunda colocada, que foi a área de Pesquisa e Desenvolvimento.

Tabela 2. Resultados referentes ao nível de investimentos na implantação da Indústria 4.0 previstos para os próximos cinco anos, de acordo com a área e o porte das empresas

ÁREA	PORTE	SEM	POUCO	MÉDIO	ALTO
		INVESTIMENTOS PLANEJADOS	INVESTIMENTO	INVESTIMENTO	INVESTIMENTO
<b>Produção e manufatura</b>	Micro	16	24	15	19
	Pequena	20	19	28	24
	Média	4	1	9	16
	Grande	0	1	2	2
<b>Compras</b>	Micro	52	12	6	4
	Pequena	49	23	12	7
	Média	11	3	9	7
	Grande	1	1	1	2
<b>Vendas</b>	Micro	51	13	6	4
	Pequena	45	24	14	8
	Média	10	4	9	7
	Grande	1	1	1	2
<b>Logística e</b>	Micro	50	13	7	4
	Pequena	48	23	13	7
	Média	11	3	8	8
	Grande	1	1	1	2
<b>Pesquisa desenvolvimento</b>	Micro	46	10	13	5
	Pequena	43	19	17	12
	Média	7	8	2	13
	Grande	0	3	1	1

Fonte: produzido pela pesquisadora (2021).

Gráfico 10. Percentual de investimentos na implantação da Indústria 4.0, nos próximos cinco anos, nas áreas de Produção e Manufatura, Compras, Vendas, Logística e Pesquisa e Desenvolvimento



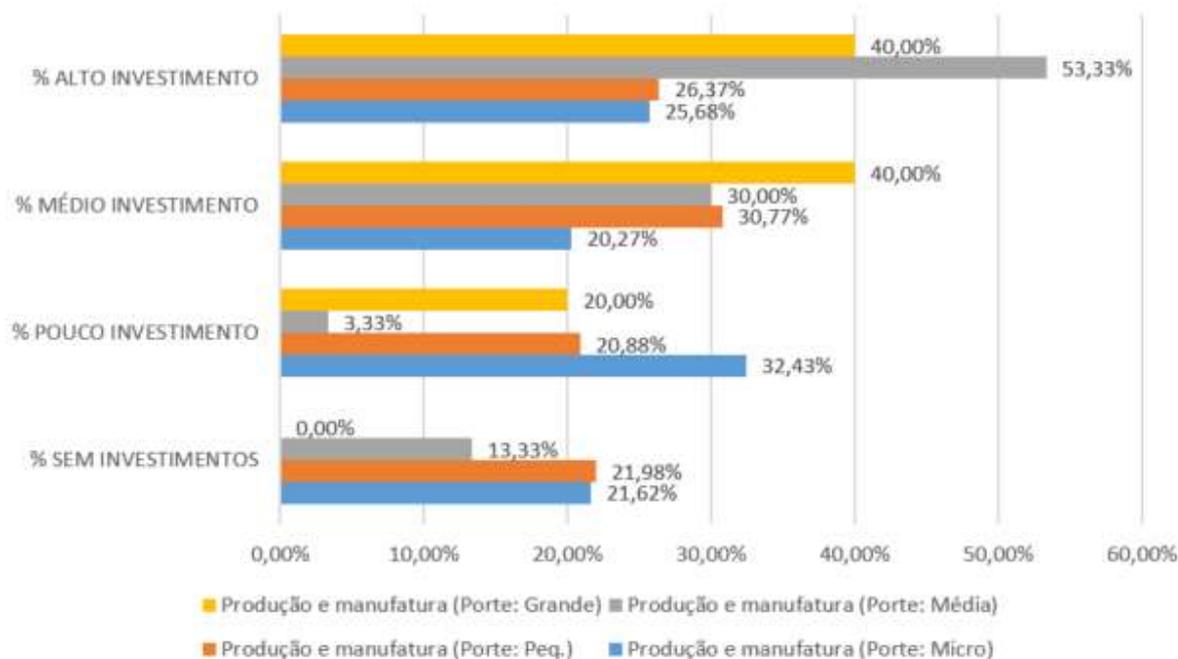
Fonte: produzido pela pesquisadora (2021).

Aprofundando na análise dessa área em nível de porte, nota-se que as empresas industriais de porte médio, além de terem sido as que apresentaram maiores investimentos nos últimos dois anos (46,67%, gráfico 7), foram as que também mais se destacaram quanto à expectativa de investimentos para os próximos cinco anos (53,33%, gráfico 11).

Dentre as três primeiras áreas que receberam os menores níveis de investimentos nos últimos dois anos e que deverão receber um menor montante de recursos nos próximos cinco anos, as áreas de Logística e de Vendas se mantiveram em segundo e terceiro lugar, respectivamente (gráfico 10). No entanto, a área de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), que ficou no patamar mais baixo de investimentos realizados (gráfico 7), é uma das áreas que deverá receber maior atenção nos próximos cinco anos, conforme informado pelos gestores industriais ou proprietários consultados, ficando atrás somente da área de Produção e Manufatura.

O quanto esses investimentos previstos para os próximos cinco anos, de fato, serão consolidados não é possível prever, no entanto, o que se pode afirmar é que, frente a um cenário nacional que vem apontando uma queda crescente nos investimentos em P&D (ANPEI, 2020), esses resultados podem ser considerados bastante promissores para o estado de Mato Grosso, dando indícios de que uma boa parte das empresas industriais locais reconhecem a importância estratégica e competitiva relacionada à implantação da Indústria 4.0.

Gráfico 11. Percentual de investimentos na implantação da Indústria 4.0, nos próximos cinco anos, na área de Produção e Manufatura por porte das empresas industriais

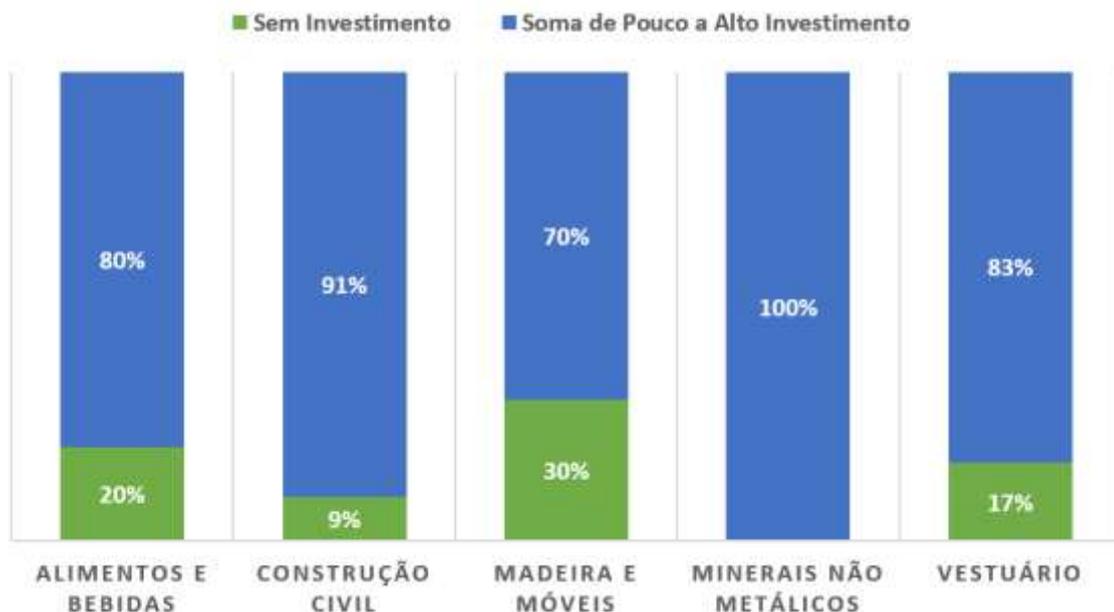


Fonte: produzido pela pesquisadora (2021).

No entanto, em um contexto mais amplo, o Brasil, por não ter conseguido acompanhar as inovações industriais que vem ocorrendo desde os anos 1980, encontra-se despreparado para acompanhar o emergente paradigma produtivo. Esse despreparo ou debilidade estrutural fica evidente por meio da observação do comportamento de quatro dimensões da economia brasileira: Estrutura produtiva, Padrão de comércio exterior, Políticas industriais recentes e Sistema de ciência, tecnologia e inovação (VIEIRA; OURIQUES; AREND, 2020).

No gráfico 12, é apresentada uma análise do percentual de investimentos previstos a serem realizados para os próximos cinco anos na implantação da Indústria 4.0 do ponto de vista dos cinco principais segmentos industriais das empresas estudadas em Mato Grosso.

Gráfico 12. Percentual de investimentos previstos para os próximos cinco anos na implantação da Indústria 4.0, de acordo com os cinco principais segmentos industriais das empresas de MT



Fonte: produzido pela pesquisadora (2021).

Dessa forma, nota-se, de acordo com a amostra investigada, que os dois setores que mais deverão receber investimentos nos próximos cinco anos serão os da construção civil e de minerais não metálicos (gráfico 12).

Por outro lado, quando os investimentos previstos com foco em Pesquisa e Desenvolvimento foram analisados, além da construção civil e de minerais não metálicos, que se mantiveram em posições de destaque, outros três segmentos — madeira e móveis, vestuário e alimentos e bebidas — mostraram uma expressiva tendência em realizar investimentos com foco na modernização dos seus negócios, que pode estar associada à necessidade de se tornarem mais competitivos, exigindo um planejamento para reposicionamento de mercado.

#### 4.6 Níveis de uso de dados para as tomadas de decisão estratégicas

Para análise de como os dados apoiam nas tomadas de decisão estratégicas para implantação da Indústria 4.0, o tema foi organizado em sete diferentes níveis, variando desde a completa ausência de coleta de dados até o uso de sistemas aptos para analisar o que está acontecendo e sugerir ações que devem ser feitas, conforme exposto detalhadamente na sequência:

Nível 1: os dados não são coletados/utilizados.

Nível 2: utilizam-se dados da empresa, que são coletados manualmente e disponibilizados em planilhas eletrônicas.

Nível 3: os dados da empresa podem ser acessados diretamente dos sistemas de informação corporativos.

Nível 4: os dados da empresa são capturados em tempo real por sensores, acessados no sistema integrado (única fonte de informação), criando uma nuvem digital que auxilia o processo de tomada de decisão pelo entendimento sobre o que está ocorrendo na empresa.

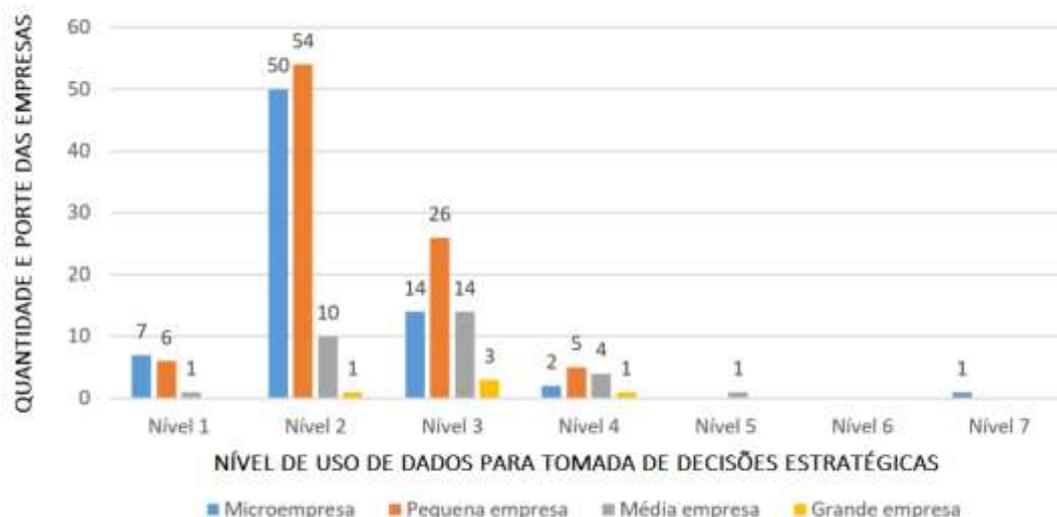
Nível 5: os sistemas analisam os dados em tempo real e avaliam as possíveis causas de algo que está ocorrendo na forma de "causa-efeito".

Nível 6: por meio do uso de sistemas de inteligência artificial, a nuvem digital gerada é projetada e testada para cenários futuros possíveis, fornecendo previsões ao tomador de decisão.

Nível 7: os sistemas estão aptos para identificar o que está acontecendo, entender a causa, avaliar cenários possíveis e sugerir quais ações devem ser feitas.

Pela análise do gráfico 13, nota-se que a grande maioria das empresas pesquisadas (57%, N=115) está no nível 2 de uso de dados para as tomadas de decisão estratégicas, ou seja, os dados ainda são coletados de forma manual e tratados posteriormente com a utilização de planilhas eletrônicas.

Gráfico 13. Níveis de uso de dados para as tomadas de decisão estratégicas



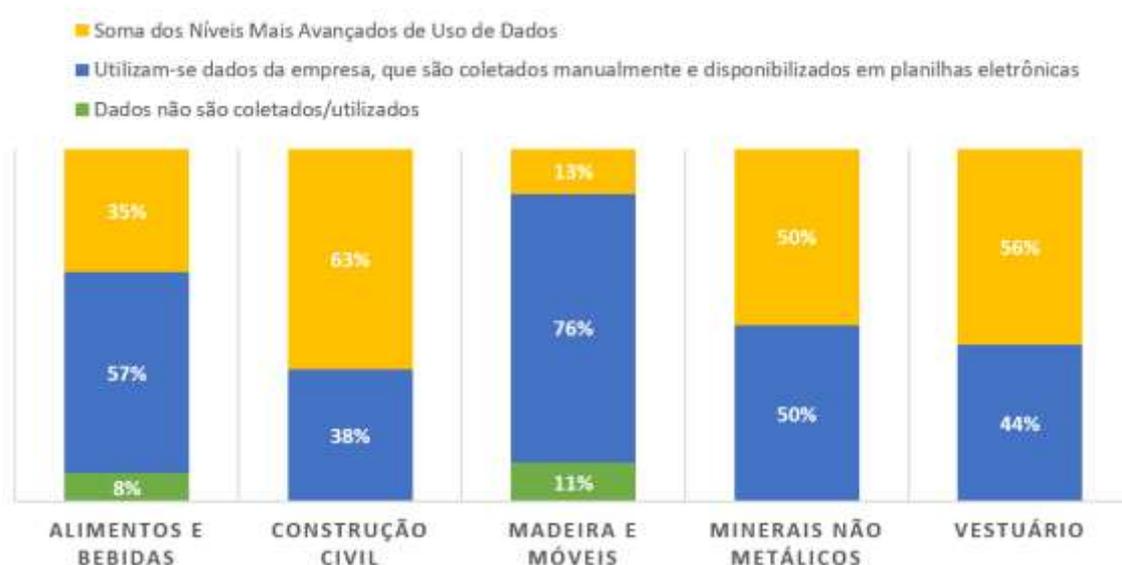
Fonte: produzido pela pesquisadora (2021).

O gráfico 13 também permite visualizar que 28,5% (N=57) das empresas pesquisadas afirmaram estar no nível 3, o segundo maior percentual e que apresenta um grau mais elevado de coleta e uso de dados, de forma que esses podem ser acessados diretamente por sistemas de informação corporativos. A soma dos percentuais observados nos níveis 2 e 3 representa 85,5% das ocorrências, um total de 172 das 200 empresas pesquisadas.

No gráfico 14, é apresentada uma análise do nível de uso de dados para as tomadas de decisão estratégicas por segmento industrial das empresas de MT. Com a finalidade de

facilitar a compreensão e a análise, a soma de todos os níveis mais avançados, que variaram de uso dos sistemas corporativos até sistemas mais avançados — níveis 3 a 7 —, foram somados e separados dos níveis 1 e 2, sendo representados no gráfico a seguir.

*Gráfico 14. Níveis de uso de dados para as tomadas de decisão estratégicas por segmento industrial do estado de Mato Grosso*



*Fonte: produzido pela pesquisadora (2021).*

Pela análise do gráfico 14, percebe-se, novamente, a predominância do setor da construção civil à frente dos demais quanto à maior maturidade também no uso de dados, por meio de sistemas mais avançados para as tomadas de decisão. Conforme mencionado na seção 4.1, esse resultado pode estar associado ao aquecimento do setor (REBOUÇAS JÚNIOR, 2021), que, inevitavelmente, acaba por exigir uma maior eficiência operacional para atendimento da demanda crescente (NÓBREGA, 2019).

Por outro lado, de forma geral, cabe destacar que, dentre as empresas pesquisadas, um percentual muito pequeno delas apontou não possuir ainda nenhum tipo de uso de dados, mesmo que por meio da coleta e do uso manual de planilhas eletrônicas (área hachurada em azul, gráfico 14, nível 2).

De forma geral, nota-se que, mesmo em níveis mais básicos, como o emprego de planilhas eletrônicas (nível 2), as indústrias de Mato Grosso já fazem uso de dados para as tomadas de decisão e que, em grande parte, já apontam usos mais avançados para essa finalidade (gráfico 13).

Esses resultados sugerem que as empresas industriais de Mato Grosso possuem uma excelente oportunidade para evoluir de forma acelerada dentro de suas respectivas estratégias organizacionais, no sentido de passar a utilizar uma quantidade crescente de dados de forma assertiva, visando ao posicionamento mercadológico e ao aumento da

competitividade, tudo isso em um primeiro momento, por meio da escolha e implantação de uma grande variedade de tecnologias já consolidadas disponíveis no mercado.

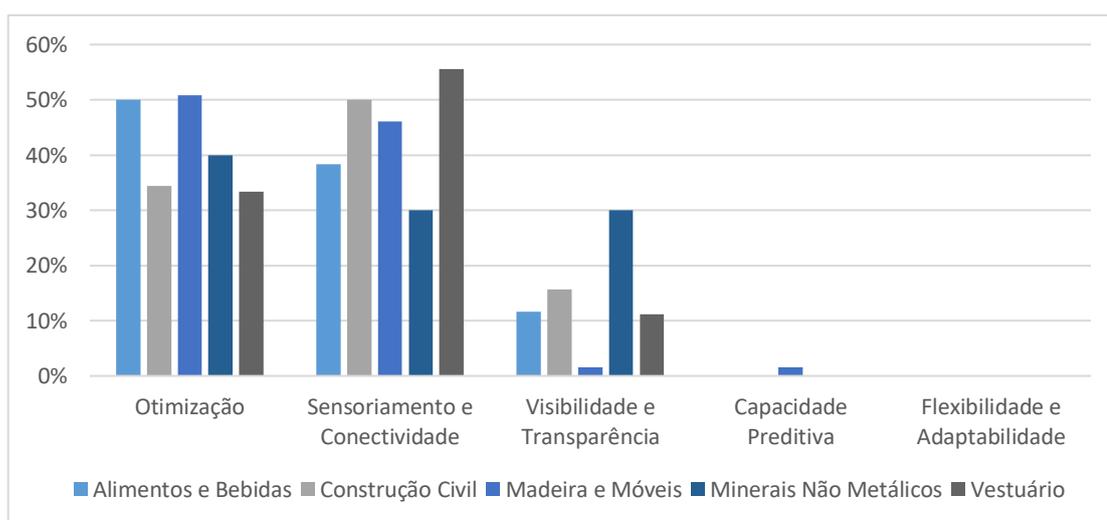
No entanto, para que esse fato possa ser realmente convertido em oportunidade, é necessário que haja, em paralelo, uma mudança na cultura organizacional, sem a qual nenhuma tecnologia, por si só, permitirá converter esse cenário em ganhos reais.

#### 4.7 Nível de maturidade frente à implementação da Indústria 4.0 no Mato Grosso

Sobre os parâmetros identificados na dimensão Estratégia e Organização, pode-se observar que a influência para a adoção de estratégias de implementação na melhoria ou na alteração dos níveis de maturidade industrial está diretamente ligada ao avanço do índice de maturidade na dimensão alvo deste estudo.

No gráfico 15, é apresentado o resultado geral dos níveis de maturidade tecnológica, na Indústria 4.0, das 200 empresas estudadas, classificadas nos segmentos mais representativos quantitativamente.

Gráfico 15. Resultado geral dos níveis de maturidade tecnológica, na Indústria 4.0, das 200 empresas estudadas por segmento industrial



Fonte: produzido pela pesquisadora (2021).

As informações apresentadas no gráfico 15 demonstram que as indústrias se encontram no segundo nível de maturidade, Sensoriamento e Conectividade, concentrando um percentual de 43%, e que, em segundo lugar, constam as empresas que estão no primeiro nível de maturidade, Otimização, com um total de 46%. Dessa forma, percebe-se que ainda há um caminho expressivo a ser trilhado quanto ao desenvolvimento industrial nas suas três dimensões.

Conforme preconiza a metodologia do Senai 4.0, tais estratégias potencializam sua implementação quando consideram diferenças e similaridades entre segmento de atuação e

porte das indústrias. Isso possibilita a criação de programas de apoio com foco na implementação da Indústria 4.0 em médio a longo prazo.

Para tanto, o monitoramento dos avanços de indicadores de desempenho para validação e melhoria contínua de estratégias que sejam eficazes e assertivas ou a flexibilização na estratégia de implementação são características desejáveis para esses programas-piloto.

A decisão de estar em um nível de maturidade desejado é uma escolha da indústria, considerando o cenário em que se encontra. As decisões seguintes precisam estar alinhadas ao planejamento estratégico da empresa, que, quando estruturado, permite apoiar melhor o emprego de recursos financeiros, tecnológicos, humanos e estruturais.

Dentro desse contexto, considerando os resultados obtidos sobre o nível de maturidade tecnológica das 200 empresas industriais locais até então estudadas, o Senai Mato Grosso está alternativamente estruturando as jornadas tecnológicas para a implementação da Indústria 4.0, a serem realizadas ainda em formato de programas-piloto, cujo trabalho contará com prazos de até 18 meses, de acordo com o resultado encontrado em cada nível de maturidade tecnológica (figura 22).

Como exemplo da aplicação dessas jornadas em cada empresa, supondo que uma empresa específica tenha obtido a nota 2,1 de maturidade da Indústria 4.0 (classificada no estágio de Sensoriamento e Conectividade — de 2 a 2,99), hipoteticamente, confirmando o interesse em evoluir para o próximo nível, que é o de Visibilidade e Transparência (3 a 3,99), ela ingressará, inicialmente, na jornada chamada “essencial”, a qual empresas com notas de 2 a 2,49 devem seguir para que essa evolução seja mais segura e assertiva possível (faixa destacada em vermelho, figura 22).

Ainda exemplificando, no caso de uma empresa que obteve uma nota acima de 2,49, esta passou a estar apta a ingressar na jornada avançada (faixa destacada em vermelho, figura 22) e, somente quando obtiver nota maior ou igual a 3, estará habilitada a ingressar na jornada dedicada à implementação do estágio chamado Visibilidade e Transparência (faixa destacada em verde, figura 22).

Figura 22. Jornadas tecnológicas de implementação da Indústria 4.0

Nível	Fase 1 Ações de curto prazo (primeiros 6 meses)	Fase 2 Ações de médio prazo (mês 6 ao mês 12)	Fase 3 Ações de longo prazo (mês 12 ao mês 18)
Otimização (0 a 1,99)	<b>Jornada Essencial (0 a 0,99)</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IA – Primeiros Passos (160h)</li> <li>• Análise Tarifária (40h)</li> <li>• Otimização de Processo (80h)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IA – Disseminando (160h)</li> <li>• Indústria mais Eficiente (100h)</li> <li>• Indústria mais Produtiva (120h)</li> <li>• Otimização de Processo (80h)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IA – Construída (160h)</li> <li>• Produtividade Integrada (140h)</li> <li>• Otimização de Processo (80h)</li> </ul>
	<b>Jornada Avançada (1 a 1,99)</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IA – Disseminando (160h)</li> <li>• Indústria mais Eficiente (140h)</li> <li>• Produtividade Integrada (140h)</li> <li>• Otimização de Processo (80h)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IA – Construída (160h)</li> <li>• Alta Performance (100h)</li> <li>• Otimização de Processo (80h)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PDCA e Autossuficiência (100h)</li> <li>• Indústria mais Produtiva (120h)</li> </ul>
Sensoriamento e Conectividade (2 a 2,99)	<b>Jornada Essencial (2 a 2,49)</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IA – Construída (160h)</li> <li>• Indústria mais Eficiente (140h)</li> <li>• Alta Performance (100h)</li> <li>• Otimização de Processo (80h)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PDCA e Autossuficiência (100h)</li> <li>• Produção mais Limpa (120h)</li> <li>• Otimização de Processo (80h)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PDCA e Autossuficiência II (100h)</li> <li>• Indústria mais Produtiva (120h)</li> </ul>
	<b>Jornada Avançada (2,50 a 2,99)</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IA – Construída (160h)</li> <li>• Análise Tarifária (40h)</li> <li>• Alta Performance (100h)</li> <li>• Otimização de Processo (80h)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PDCA e Autossuficiência II (100h)</li> <li>• Indústria mais Produtiva (120h)</li> <li>• Indústria mais Eficiente (140h)</li> <li>• Otimização de Processo (80h)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PDCA e Autossuficiência III (50h)</li> <li>• Programação Móvel para IoT (a definir)</li> <li>• Sensores com foco no segmento (a definir)</li> </ul>
Visibilidade e Transparência (3 a 3,99)	<b>Jornada Essencial (3 a 3,49)</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IA – Visibilidade e Transparência (160h)</li> <li>• Indústria mais Eficiente (140h)</li> <li>• Otimização de Processo (80h)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PDCA e Autossuficiência II (100h)</li> <li>• Manipulação de Dados (a definir)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PDCA e Autossuficiência III (50h)</li> <li>• Customizada (Rede 5G/5G)</li> </ul>
	<b>Jornada Avançada (3,50 a 3,99)</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PDCA e Autossuficiência III (50h)</li> <li>• Manipulação de Dados (a definir)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Customizada (Rede 5G/5G)</li> </ul>	
Capacidade Preditiva (4 a 4,99)	<b>Jornada Essencial (4 a 4,49)</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IA – Capacidade Preditiva (160h)</li> <li>• Indústria mais Eficiente (140h)</li> <li>• Otimização de Processo (80h)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Customizada (Rede 5G/5G)</li> </ul>	
	<b>Jornada Avançada (4,5 a 4,99)</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Customizada (Rede 5G/5G)</li> </ul>		
Flexibilidade e Adaptabilidade (5 a 6)	<b>Jornada Essencial (5 a 5,49)</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IA – Flexibilidade e Adaptabilidade (160h)</li> <li>• Indústria mais Eficiente (140h)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Customizada (Rede 5G/5G)</li> </ul>	
	<b>Jornada Avançada (5,50 a 6)</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Customizada (Rede 5G/5G)</li> </ul>		

Fonte: adaptado de metodologia Senai-MT (2019).

Para que esse trabalho possa ser implementado de forma mais assertiva e confiável nas empresas industriais de Mato Grosso, além dessas jornadas estarem levando em consideração os dados de análise de maturidade na Indústria 4.0 de empresas locais, o Senai Mato Grosso contará fortemente com a rede brasileira de Institutos Senai tanto de Tecnologia quanto de Inovação, que, sem dúvidas, proporcionarão excelentes contribuições no aprimoramento e na validação do método proposto.

Vale ressaltar que, da forma como as jornadas estão sendo estruturadas, a escolha da estratégia e a linha de tempo em que ela deve acontecer serão decisões a serem tomadas pelas empresas industriais após o entendimento de seu estado presente e de seu nível de maturidade. Ainda sob essa mesma ótica, tais organizações deverão receber toda orientação técnica necessária para auxiliar nas tomadas de decisão e, para compreenderem essa evolução, dependerão fundamentalmente do engajamento de todas as áreas da empresa e, principalmente, do engajamento da alta gestão.

Conforme exposto na seção 2.2.6, a construção dessas jornadas ou *Roadmaps* são estratégias que têm sido muito utilizadas para implementação da Indústria 4.0, pois, por meio desse tipo de iniciativa, é possível mensurar os indicadores de desempenho, o avanço na maturidade da cultura organizacional, a priorização de metodologias de melhoria contínua, a tomada de decisão baseada em dados em tempo real, entre tantas outras transformações que vão além das tecnologias habilitadoras oportunizadas pela Quarta Revolução Industrial.

#### **4.8 Proposição de ações para decisões estratégicas**

##### **a) Estratégia de implementação da Indústria 4.0**

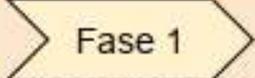
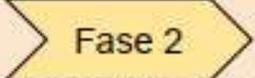
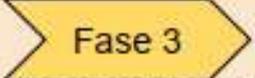
As jornadas tecnológicas adotadas na abordagem estratégica de muitas organizações e já apresentadas como exemplo nos trabalhos em desenvolvimento junto às empresas industriais de Mato Grosso buscam sensibilizar, principalmente, as micro, pequenas e médias indústrias sobre as oportunidades e os desafios da Indústria 4.0.

A adoção de produtos/serviços articulados ao planejamento dessas empresas, em médio e longo prazo, potencializa a evolução ao longo da jornada de implementação. Os *Roadmaps*, geralmente construídos levando em conta os produtos e serviços voltados para as soluções em tecnologia, inovação e educação profissional, são distribuídos em programações específicas e personalizadas.

No caso específico do estudo proposto, as jornadas tecnológicas passam por diversas etapas até sua construção efetiva, em que se aplica a metodologia proprietária do Senai, desenvolvida a partir das necessidades e da realidade da indústria brasileira.

As fases percorridas para a construção desses *Roadmaps* buscam traduzir o significado de cada um dos cinco estágios de maturidade, das tecnologias habilitadoras mais aderentes a cada estágio e dos produtos que podem ser associados aos estágios e à tecnologia (figura 23).

Figura 23. Proposição para a construção das jornadas tecnológicas de implementação da Indústria 4.0

Roadmap 4.0		
<b>Empresa:</b> Indústria x <b>Maturidade Atual:</b> 1 - Otimização <b>Maturidade Desejada:</b> 3 - Visibilidade e Transparência		
 <b>Fase 1</b> <b>Ações de curto prazo</b> <b>(primeiros 6 meses)</b>	 <b>Fase 2</b> <b>Ações de médio prazo</b> <b>(mês 6 ao mês 12)</b>	 <b>Fase 3</b> <b>Ações de longo prazo</b> <b>(mês 12 ao mês 18)</b>
<b>Maturidade Priorizada:</b> 1 - Otimização	<b>Maturidade Priorizada:</b> 2 - Sensoriamento e Conectividade	<b>Maturidade Priorizada:</b> 3 - Visibilidade e Transparência
<b>Tecnologias Priorizadas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Simulação do processo produtivo</li> </ul>	<b>Tecnologias Priorizadas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Internet das Coisas</li> <li>● Computação em nuvem</li> </ul>	<b>Tecnologias Priorizadas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Big data</li> </ul>
<b>Contribuições do SENAI:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Cursos de curta duração               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Desvendando a Indústria 4.0</li> </ul> </li> <li>● Cursos Técnicos               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Administração</li> <li>○ Logística</li> </ul> </li> <li>● Consultorias               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Indústria mais Produtiva</li> <li>○ Simulação do processo produtivo (ISI São Leopoldo) IST Logística (SC)</li> </ul> </li> </ul>	<b>Contribuições do SENAI:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Cursos de curta duração               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Desvendando a Indústria 4.0</li> <li>○ Conectando-se à Indústria 4.0</li> <li>○ Programação Móvel para IoT (Internet das coisas)</li> <li>○ Cloud computing: Arquitetura e Aplicações</li> </ul> </li> <li>● Cursos Técnicos               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Eletrônica</li> <li>○ Informática para Internet</li> <li>○ Redes de Computadores</li> <li>○ Automação Industrial</li> </ul> </li> <li>● Pós Graduação               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ MBI Indústria Avançada</li> </ul> </li> <li>● Consultorias               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Indústria mais Avançada</li> </ul> </li> </ul>	<b>Contribuições do SENAI:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Cursos de curta duração               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Explorando o BigDATA</li> <li>○ Integração de Sistemas de Produção Inteligente</li> </ul> </li> <li>● Cursos Técnicos               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mecatrônica</li> </ul> </li> <li>● Inovação               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Projetos de inovação em parceria com os Institutos SENAI de Inovação</li> </ul> </li> </ul>

Fonte: Senai (2019).

No nível de maturidade de Otimização, a melhoria dos processos produtivos precisa percorrer o aprimoramento de seus processos fabris, levando em consideração as ferramentas que podem trazer benefícios na tomada de decisão e na redução de desperdícios inerentes ao processo.

Nesse contexto, as ferramentas de manufatura enxuta, tais como: Mapeamento do Fluxo de Valor, Troca Rápida de Ferramenta, Trabalho Padronizado, Fluxo Contínuo, Produção Puxada, 5 Sensores, entre outras, são efetivas para os resultados e as ações de otimização de processos.

Os métodos voltados ao aumento de produtividade também são importantes para que a empresa passe a conhecer melhor suas deficiências e para a identificação de novas oportunidades de melhorias antes de implantar a digitalização. A capacitação das lideranças (alta e média gestão) para a tomada de decisão sobre o tema Indústria 4.0 é primordial para a evolução da empresa nos próximos estágios (figura 24).

Figura 24. Jornadas tecnológicas para o nível de Otimização na implementação da Indústria 4.0 – Senai–MT

Jornada Otimização 1 - (Dimensão EO $0 \leq 1,9$ )					
Empresa:		[nome da empresa]			
Maturidade Atual:		[estágio atual da maturidade da empresa]			
Maturidade Desejada:		[estágio de maturidade desejado pela empresa]			
Ações de curto prazo (primeiros 6 meses)		Ações de médio prazo (mês 6 ao mês 12)		Ações de longo prazo (mês 12 ao mês 18)	
Maturidade: Otimização		Maturidade: Otimização		Maturidade: Sensoriamento e Conectividade	
Tecnologias Priorizadas: Mapeamento de Processo		Tecnologias Priorizadas: Simulação de Processo Produtivo		Tecnologias Priorizadas: Simulação de Processo Produtivo	
CONTRIBUIÇÃO DO SENAI		CONTRIBUIÇÃO DO SENAI		CONTRIBUIÇÃO DO SENAI	
Soluções em Tecnologia e Inovação	HH	Soluções em Tecnologia e Inovação	HH	Soluções em Tecnologia e Inovação	HH
Indústria mais Avançada – E 01	232	Indústria mais Avançada – E 02	232	Indústria mais Avançada – E 03	232
Indústria mais Eficiente	40	Produtividade integrada	140	Indústria mais Produtiva	120
Otimização de Processo	80	Indústria mais Produtiva	120	Serviço com foco no Segmento	A Def.
Capacitação Profissional		Capacitação Profissional		Capacitação Profissional	
Desvendando a Indústria 4.0 – EAD Conectando-se à Indústria 4.0		Microsoft Word intermediário Microsoft Power Point intermediário Microsoft Excel intermediário		Excel e Power Point aplicado à apresentação de projetos e resultados; Excel aplicado ao planejamento e à análise de informações;	
Microsoft Excel básico; <i>Lean thinking</i> - Introdução à produção enxuta		Liderança e gestão de equipes <i>Lean thinking</i> - mapeamento de fluxo de valor. <i>Lean thinking</i> - Kaizen aplicado à melhoria contínua		Sistemas de Energia Renovável Técnico Administração Técnico Eletrotécnica Planejamento e Controle de Produção - PCP	

Fonte: adaptado de metodologia Senai MT (2019).

No nível de maturidade de Sensoriamento e Conectividade, segundo estágio da estratégia adotada no método, o sensoriamento de linhas de produção potencializa os ganhos de produtividade por conectar sistemas mecatrônicos e de tecnologia da informação. Tais adoções, sejam de tecnologias, sejam de estratégias, nesse estágio, permitem conhecer os gargalos, tomar decisões com dados em tempo real para, então, se posicionar sobre a adoção das novas tecnologias (figura 25).

Figura 25. Jornadas tecnológicas para o nível de Sensoriamento e Conectividade na implementação da Indústria 4.0 – Senai–MT

Jornada Sensoriamento e Conectividade 1 - Dimensão MS $0 \leq 1,9$					
Empresa:		[nome da empresa]			
Maturidade Atual:		[estágio atual da maturidade da empresa]			
Maturidade Desejada:		[estágio de maturidade desejado pela empresa]			
Ações de curto prazo (primeiros 6 meses)		Ações de médio prazo (mês 6 ao mês 12)		Ações de longo prazo (mês 12 ao mês 18)	
Maturidade: Sensoriamento e Conectividade		Maturidade: Sensoriamento e Conectividade		Maturidade: Visibilidade e Transparência	
Tecnologias Priorizadas: Simulação de Processo Produtivo; Internet das Coisas; Computação em nuvem		Tecnologias Priorizadas: Simulação de Processo Produtivo; Internet das Coisas; Computação em nuvem		Tecnologias Priorizadas: Big data	
CONTRIBUIÇÃO DO SENAI		CONTRIBUIÇÃO DO SENAI		CONTRIBUIÇÃO DO SENAI	
Soluções em Tecnologia e Inovação	HH	Soluções em Tecnologia e Inovação	HH	Soluções em Tecnologia e Inovação	HH
Indústria mais Avançada – E 02	240	Indústria mais Avançada – E 03	240	PDCA e Autossuficiência	100
Indústria mais Eficiente	40	Indústria mais Eficiente	140	Indústria mais Produtiva	120
Consultoria em Alta Performance	100	Produção Mais limpa	120	Serviço com foco no Segmento	A Def.
Capacitação Profissional		Capacitação Profissional		Capacitação Profissional	
Desvendando à Indústria 4.0 - EAD Conectando-se à Indústria 4.0 Microsoft Excel intermediário <i>Lean thinking</i> - Introdução à produção enxuta Indústria 4.0 - Internet das Coisas (IoT) <i>Lean thinking</i> - Mapeamento de fluxo de valor <i>Lean thinking</i> - <i>Kaizen</i> aplicado à melhoria contínua;		Microsoft Excel intermediário Excel e Power Point aplicado à apresentação de projetos e resultados  Liderança e gestão de equipes Indústria 4.0 - sistemas de execução da manufatura <b>Cursos Técnicos:</b> Elétrica; Eletrotécnica; Redes, Mecânica de precisão; Internet das Coisas...		Indústria 4.0 - Robótica colaborativa Indústria 4.0 - Realidade virtual e realidade aumentada Indústria 4.0 - Manufatura aditiva Indústria 4.0 - Inteligência artificial Indústria 4.0 - Computação em nuvem Indústria 4.0 - Big Data  Construindo <i>Dashboards</i> com Excel	
		<b>Pós Graduação:</b> MBI Indústria Avançada; MBI Indústria Avançada: Confecção 4.0; Engenharia Aplicada à Indústria 4.0.		<b>Projetos de inovação em parceria com os Institutos SENAI de Inovação</b>	

Fonte: adaptado de metodologia Senai MT (2019).

No nível de maturidade de Visibilidade e Transparência, terceiro estágio da estratégia adotada no método, os dados são registrados em tempo real, mediante sensores por uma nuvem digital, o que, por conseguinte, serve de base para que as tomadas de decisão também se deem em tempo real. As empresas industriais que possuem nível de maturidade para implementação de novas tecnologias, a realização de integrações mais robustas entre suas linhas de produção e a cadeia de valor para trabalhar com a inteligência de dados são os casos tratados nesse estágio (figura 26).

Figura 26. Jornadas tecnológicas para o nível de Visibilidade e Transparência na implementação da Indústria 4.0 – Senai–MT

Jornada Visibilidade e Transparência 1 - Nível de maturidade 3 >3,5			
Empresa:		[nome da empresa]	
Maturidade Atual:		[estágio atual da maturidade da empresa]	
Maturidade Desejada:		[estágio de maturidade desejado pela empresa]	
Ações de curto prazo (primeiros 6 meses)		Ações de médio prazo (mês 6 ao mês 12)	
			
Maturidade: Visibilidade e Transparência		Maturidade: Visibilidade e Transparência	
Tecnologias Priorizadas: Internet das Coisas; Computação em nuvem; Computação cognitiva; Big Data;		Tecnologias Priorizadas: Inteligência artificial para aprendizado de máquina; computação cognitiva; Big Data & Data Analytics;	
Tecnologias Priorizadas: Inteligência artificial para aprendizado de máquina; computação cognitiva; Big Data & Data Analytics;		Tecnologias Priorizadas: Inteligência artificial para aprendizado de máquina; computação cognitiva; Big Data & Data Analytics;	
CONTRIBUIÇÃO DO SENAI		CONTRIBUIÇÃO DO SENAI	
Soluções em Tecnologia e Inovação	HH	Soluções em Tecnologia e Inovação	HH
Indústria mais Avançada – Disseminação	240	PDCA e Autossuficiência	100
Indústria mais eficiente	140	Consultoria em manipulação de dados	A Def.
Programação Móvel para IoT (Internet das Coisas)	A Def.	Capacitação Profissional	
Capacitação Profissional		Desenvolvimento de Aplicações em Realidade Virtual e Aumentada	
Desvendando à Indústria 4.0 - EAD		Integração de Sistemas de Produção Inteligente	
Conectando-se à Indústria 4.0		Cursos Técnicos:	
Lean thinking - Introdução à produção enxuta		Elétrica; Eletrotécnica; Informática para Internet; Automação Industrial; Mecatrônica; Programação de Jogos Digitais...	
Indústria 4.0 - Internet das Coisas (IoT)		Pós-Graduação:	
Lean thinking - Mapeamento de fluxo de valor		MBI Indústria Avançada; MBI Indústria Avançada: Confeccção 4.0; Engenharia Aplicada à Indústria 4.0.	
Lean thinking - Kaizen aplicado a melhoria contínua			
CONTRIBUIÇÃO DO SENAI		CONTRIBUIÇÃO DO SENAI	
Soluções em Tecnologia e Inovação	HH	Soluções em Tecnologia e Inovação	HH
Customizada	A Def.		
Capacitação Profissional			
Indústria 4.0 - Robótica colaborativa			
Indústria 4.0 - Realidade virtual e realidade aumentada			
Indústria 4.0 - Manufatura aditiva			
Indústria 4.0 - Inteligência artificial			
Indústria 4.0 - Computação em nuvem			
Indústria 4.0 - Big Data			
Construindo Dashboards com Excel			
Projetos de inovação em parceria com os Institutos SENAI de Inovação			

Fonte: adaptado de metodologia Senai MT (2019).

O nível de maturidade, na Capacidade Preditiva, viabiliza a utilização de dados e de inteligência artificial para melhorar e aumentar a eficiência e a produtividade da sua linha de produção, o que facilita a simulação de cenários de melhoria e efetiva a produção mais enxuta (figura 27).

Figura 27. Jornadas tecnológicas para o nível de Capacidade Preditiva na implementação da Indústria 4.0 – Senai–MT

Jornada Capacidade Preditiva - Nível de maturidade 4																																																																							
Empresa:		[nome da empresa]																																																																					
Maturidade Atual:		[estágio atual da maturidade da empresa]																																																																					
Maturidade Desejada:		[estágio de maturidade desejado pela empresa]																																																																					
Ações de curto prazo (primeiros 6 meses)		Ações de médio prazo (mês 6 ao mês 12)	Ações de longo prazo (mês 12 ao mês 18)																																																																				
																																																																							
Maturidade: Capacidade Preditiva		Maturidade: Capacidade Preditiva	Maturidade: Capacidade Preditiva																																																																				
Tecnologias Priorizadas: Inteligência artificial para aprendizado de máquina; computação cognitiva; Big Data & Data Analytics;		Tecnologias Priorizadas: Inteligência artificial para aprendizado de máquina; computação cognitiva; Big Data & Data Analytics;	Tecnologias Priorizadas: Inteligência artificial para aprendizado de máquina; computação cognitiva; Big Data & Data Analytics;																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CONTRIBUIÇÃO DO SENAI</th> </tr> <tr> <th>Soluções em Tecnologia e Inovação</th> <th>HH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Indústria mais Avançada – CP</td> <td>240</td> </tr> <tr> <td>Indústria mais eficiente</td> <td>140</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Capacitação Profissional</b></td> </tr> <tr> <td>Desvendando à Indústria 4.0 - EAD</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Conectando-se à Indústria 4.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Microsoft Excel intermediário</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lean thinking - Introdução à produção enxuta</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Indústria 4.0 - Internet das Coisas (IoT)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lean thinking - Mapeamento de fluxo de valor</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lean thinking - Kaizen aplicado à melhoria contínua;</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		CONTRIBUIÇÃO DO SENAI		Soluções em Tecnologia e Inovação	HH	Indústria mais Avançada – CP	240	Indústria mais eficiente	140	<b>Capacitação Profissional</b>		Desvendando à Indústria 4.0 - EAD		Conectando-se à Indústria 4.0		Microsoft Excel intermediário		Lean thinking - Introdução à produção enxuta		Indústria 4.0 - Internet das Coisas (IoT)		Lean thinking - Mapeamento de fluxo de valor		Lean thinking - Kaizen aplicado à melhoria contínua;		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CONTRIBUIÇÃO DO SENAI</th> </tr> <tr> <th>Soluções em Tecnologia e Inovação</th> <th>HH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Customizada</td> <td>A Def.</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Capacitação Profissional</b></td> </tr> <tr> <td>Microsoft Excel intermediário</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Excel e Power Point aplicado à apresentação de projetos e resultados</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Liderança e gestão de equipes</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Indústria 4.0 - sistemas de execução da manufatura</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Cursos Técnicos:</b> Elétrica; Eletrotécnica; Redes, Mecânica de precisão; Internet das Coisas...</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Pós-Graduação:</b> MBI Indústria Avançada; MBI Indústria Avançada: Confecção 4.0; Engenharia Aplicada à Indústria 4.0.</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	CONTRIBUIÇÃO DO SENAI		Soluções em Tecnologia e Inovação	HH	Customizada	A Def.	<b>Capacitação Profissional</b>		Microsoft Excel intermediário		Excel e Power Point aplicado à apresentação de projetos e resultados		Liderança e gestão de equipes		Indústria 4.0 - sistemas de execução da manufatura		<b>Cursos Técnicos:</b> Elétrica; Eletrotécnica; Redes, Mecânica de precisão; Internet das Coisas...		<b>Pós-Graduação:</b> MBI Indústria Avançada; MBI Indústria Avançada: Confecção 4.0; Engenharia Aplicada à Indústria 4.0.		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CONTRIBUIÇÃO DO SENAI</th> </tr> <tr> <th>Soluções em Tecnologia e Inovação</th> <th>HH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Customizada</td> <td>A Def.</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Capacitação Profissional</b></td> </tr> <tr> <td>Indústria 4.0 - Robótica colaborativa</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Indústria 4.0 - Realidade virtual e realidade aumentada</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Indústria 4.0 - Manufatura aditiva</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Indústria 4.0 - Inteligência artificial</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Indústria 4.0 - Computação em nuvem</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Indústria 4.0 - Big Data</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Construindo Dashboards com Excel</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Projetos de inovação em parceria com os Institutos SENAI de Inovação</b></td> </tr> </tbody> </table>	CONTRIBUIÇÃO DO SENAI		Soluções em Tecnologia e Inovação	HH	Customizada	A Def.	<b>Capacitação Profissional</b>		Indústria 4.0 - Robótica colaborativa		Indústria 4.0 - Realidade virtual e realidade aumentada		Indústria 4.0 - Manufatura aditiva		Indústria 4.0 - Inteligência artificial		Indústria 4.0 - Computação em nuvem		Indústria 4.0 - Big Data		Construindo Dashboards com Excel		<b>Projetos de inovação em parceria com os Institutos SENAI de Inovação</b>	
CONTRIBUIÇÃO DO SENAI																																																																							
Soluções em Tecnologia e Inovação	HH																																																																						
Indústria mais Avançada – CP	240																																																																						
Indústria mais eficiente	140																																																																						
<b>Capacitação Profissional</b>																																																																							
Desvendando à Indústria 4.0 - EAD																																																																							
Conectando-se à Indústria 4.0																																																																							
Microsoft Excel intermediário																																																																							
Lean thinking - Introdução à produção enxuta																																																																							
Indústria 4.0 - Internet das Coisas (IoT)																																																																							
Lean thinking - Mapeamento de fluxo de valor																																																																							
Lean thinking - Kaizen aplicado à melhoria contínua;																																																																							
CONTRIBUIÇÃO DO SENAI																																																																							
Soluções em Tecnologia e Inovação	HH																																																																						
Customizada	A Def.																																																																						
<b>Capacitação Profissional</b>																																																																							
Microsoft Excel intermediário																																																																							
Excel e Power Point aplicado à apresentação de projetos e resultados																																																																							
Liderança e gestão de equipes																																																																							
Indústria 4.0 - sistemas de execução da manufatura																																																																							
<b>Cursos Técnicos:</b> Elétrica; Eletrotécnica; Redes, Mecânica de precisão; Internet das Coisas...																																																																							
<b>Pós-Graduação:</b> MBI Indústria Avançada; MBI Indústria Avançada: Confecção 4.0; Engenharia Aplicada à Indústria 4.0.																																																																							
CONTRIBUIÇÃO DO SENAI																																																																							
Soluções em Tecnologia e Inovação	HH																																																																						
Customizada	A Def.																																																																						
<b>Capacitação Profissional</b>																																																																							
Indústria 4.0 - Robótica colaborativa																																																																							
Indústria 4.0 - Realidade virtual e realidade aumentada																																																																							
Indústria 4.0 - Manufatura aditiva																																																																							
Indústria 4.0 - Inteligência artificial																																																																							
Indústria 4.0 - Computação em nuvem																																																																							
Indústria 4.0 - Big Data																																																																							
Construindo Dashboards com Excel																																																																							
<b>Projetos de inovação em parceria com os Institutos SENAI de Inovação</b>																																																																							

Fonte: adaptado de metodologia Senai MT (2019).

Adaptabilidade e Flexibilidade, último estágio mencionado na metodologia, objetiva a independência dos sistemas na tomada de decisão, por meio de parâmetros de aprendizado das inteligências associadas nas tecnologias habilitadoras. Isso contribui para a identificação de causas que limitam o cenário produtivo e a tomada de decisão assertiva.

Nesse caso, é comum a utilização de modelos digitais da fábrica (simulação e virtualização), sendo alimentados com dados em tempo real e com o uso de inteligência artificial para o aprendizado de máquina, da computação cognitiva e do *Big Data & Data Analytics* (figura 28).

Figura 28. Jornadas tecnológicas para o nível de Flexibilidade e Adaptabilidade na implementação da Indústria 4.0 – Senai–MT

Jornada Flexibilidade e Adaptabilidade - Nível de maturidade 5					
Empresa:		[nome da empresa]			
Maturidade Atual:		[estágio atual da maturidade da empresa]			
Maturidade Desejada:		[estágio de maturidade desejado pela empresa]			
Ações de curto prazo (primeiros 6 meses)		Ações de médio prazo (mês 6 ao mês 12)		Ações de longo prazo (mês 12 ao mês 18)	
					
Maturidade Capacidade Preditiva: Flexibilidade e Adaptabilidade		Maturidade Capacidade Preditiva: Flexibilidade e Adaptabilidade		Maturidade Capacidade Preditiva: Flexibilidade e Adaptabilidade	
Tecnologias Priorizadas: Inteligência artificial para aprendizado de máquina; computação cognitiva; Big Data & Data Analytics;		Tecnologias Priorizadas: Inteligência artificial para aprendizado de máquina; computação cognitiva; Big Data & Data Analytics;		Tecnologias Priorizadas: Inteligência artificial para aprendizado de máquina; computação cognitiva; Big Data & Data Analytics;	
CONTRIBUIÇÃO DO SENAI		CONTRIBUIÇÃO DO SENAI		CONTRIBUIÇÃO DO SENAI	
Soluções em Tecnologia e Inovação	HH	Soluções em Tecnologia e Inovação	HH	Soluções em Tecnologia e Inovação	HH
Indústria mais Avançada – FA	240	Customizada	A Def.	Customizada	A Def.
Indústria mais eficiente	140	Capacitação Profissional		Capacitação Profissional	
Capacitação Profissional		Microsoft Excel intermediário; Excel e Power Point aplicado à apresentação de projetos e resultados;		Indústria 4.0 - Robótica colaborativa Indústria 4.0 - Realidade virtual e realidade aumentada	
Desvendando à Indústria 4.0 - EAD Conectando-se à Indústria 4.0 Microsoft Excel intermediário;		Liderança e gestão de equipes;		Indústria 4.0 - Manufatura aditiva Indústria 4.0 - Inteligência artificial Indústria 4.0 - Computação em nuvem Indústria 4.0 - Big Data	
Lean thinking - Introdução à produção enxuta Indústria 4.0 - Internet das Coisas (IoT) Lean thinking - Mapeamento de fluxo de valor Lean thinking - Kaizen aplicado à melhoria contínua;		Indústria 4.0 - sistemas de execução da manufatura		Construindo Dashboards com Excel	
Desvendando à Indústria 4.0 - EAD Conectando-se à Indústria 4.0 Microsoft Excel intermediário;		Cursos Técnicos: Elétrica; Eletrotécnica; Redes, Mecânica de precisão; Internet das Coisas...		Projetos de inovação em parceria com os Institutos SENAI de Inovação	
		Pós-Graduação: MBI Indústria Avançada; MBI Indústria Avançada: Confecção 4.0; Engenharia Aplicada à Indústria 4.0.			

Fonte: adaptado de metodologia Senai MT (2019).

## b) Indicadores da implantação

No contexto das jornadas apresentadas, vários indicadores podem ser idealizados para se construir parâmetros de eficácia das ações adotadas ou, até mesmo, da necessidade de adaptação nas estratégias inicialmente desenhadas para o cenário de maturidade no estado inicial de avaliação.

Considerando também a avaliação dos indicadores globais no processo de implementação, uma das iniciativas nesse modelo adotado são as próprias avaliações de nível de maturidade em uma linha de tempo, que pode ser estabelecida em seis meses a um ano após o início da implementação. Nesse caso, o objetivo é perceber os comportamentos dos índices nas dimensões avaliadas, levando em conta o conjunto de serviços e produtos que precisa ser trabalhado e sua real efetividade para a implementação da jornada 4.0.

Nas figuras 29 e 30, são apresentados dois cenários distintos, considerando o nível de maturidade em empresas industriais de Mato Grosso que fazem parte do grupo de empresas avaliadas. Um dos casos apresenta o nível de maturidade em Otimização, sendo do segmento de madeira e mobiliário. Já o outro caso, em uma empresa industrial no segmento de alimentos e bebidas, o nível de maturidade está em Sensoriamento e Conectividade. Em parte, isso está atribuído às tecnologias do processo produtivo, com base no fato de que a empresa

de alimentos e bebidas, em questão, tem seus processos produtivos mais automatizados e com maior número de tecnologias, que habilitam a mediação dos processos e a gestão no contexto 4.0.

Nesses casos, foram apresentadas as possibilidades de jornadas levando em consideração a Estratégia e Organização bem como o Processo e Produto, em que são contextualizados produtos e serviços em educação, tecnologia e inovação, inerentes à necessidade de desenvolvimento dessas empresas, conforme exemplos demonstrados nas Figuras 22, 24 e 25.

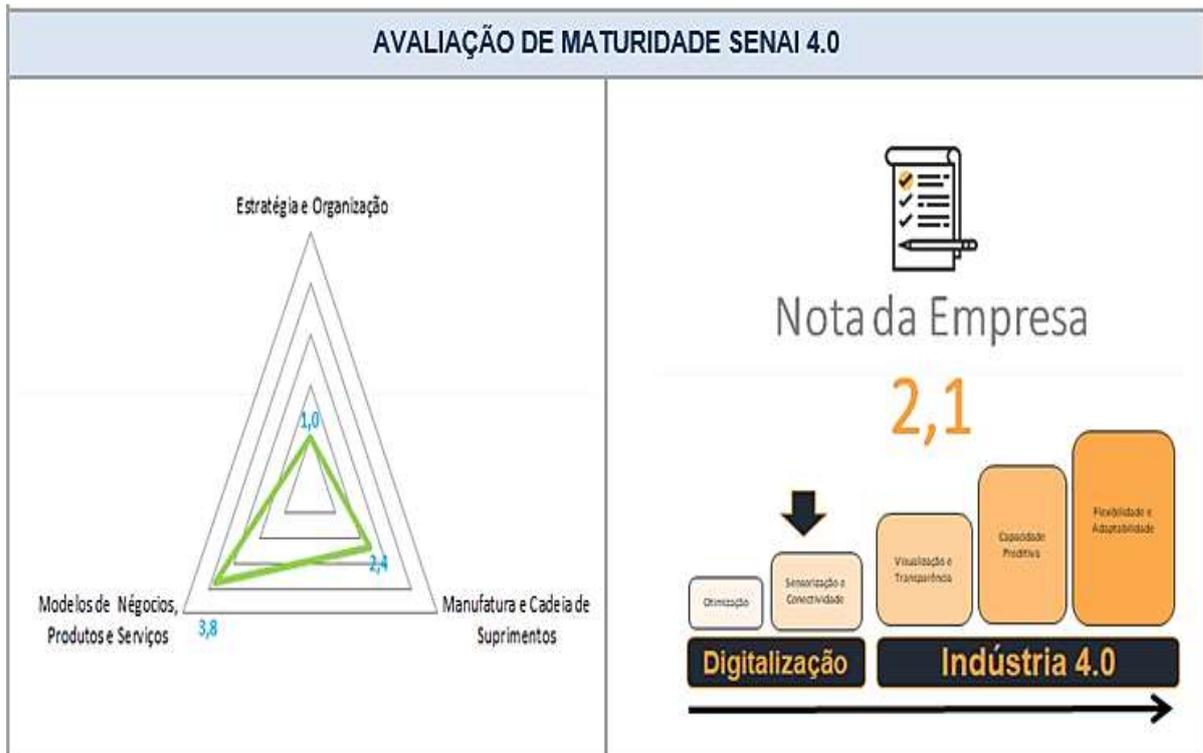
É importante reforçar que a construção de jornadas de implementação pode sofrer ajustes de acordo com a avaliação, que considera a mudança de cenário econômico, social ou/e financeiro, além de questões relacionadas à ineficácia de estratégias adotadas ou ao reposicionamento dos negócios. Quanto mais as estratégias estiverem alinhadas junto à alta gestão, maior a possibilidade de eficácia nos planejamentos e nas ações propostas.

Figura 29. Relatório de nível de maturidade 4.0 conforme metodologia Senai 4.0 – Empresa de madeira e mobiliário no estado de Mato Grosso



Fonte: adaptado de metodologia Senai MT (2019).

Figura 30. Relatório de nível de maturidade 4.0 conforme metodologia Senai 4.0 – Empresa de alimentos e bebidas no estado de Mato Grosso



Fonte: adaptado de metodologia Senai MT (2019).

As jornadas de implementação voltadas à Indústria 4.0 podem contribuir de forma significativa para a superação dos desafios das empresas industriais, sendo este o foco desta pesquisa.

Contudo, somente as jornadas não são suficientes no intento de auxiliar as empresas industriais no caminho rumo a essa grande mudança de cenário para a realidade 4.0 e para a transformação digital dos negócios.

Cabe destacar que muitas outras discussões precisam ser percorridas para que, com a soma de realidades similares, as hipóteses de implementação eficaz sejam validadas.

#### c) Algumas ações estratégicas necessárias

As medidas para auxiliar a implementação bem-sucedida da Indústria 4.0 no cenário de empresas industriais são incontáveis. Dentre muitas delas, foi considerada, neste trabalho, uma dessas medidas ou iniciativas, porém, ao levar em conta um cenário industrial volátil e com severa resposta às mudanças do ambiente em que se está inserido, algumas ações estratégicas precisam ser consideradas para auxiliar as demais estratégias pontuais ou o planejamento estratégico dessas empresas industriais.

Para tanto, articular agentes viabilizadores de cenário para essa realidade se faz necessário e imprescindível no médio e longo prazo.

No centro das discussões, existem muitos desafios e responsabilidades que atingem as esferas diversas da sociedade, considerando uma ótica resumida em que governos, empresas, instituições privadas e pessoas ganham destaque como agentes viabilizadores nesse cenário de transformação.

Vale recomendar, para cada agente viabilizador da transformação à Indústria 4.0, um olhar diferenciado em suas estratégias e atuação. Com isso, indicamos observar os desdobramentos para a formação de macroestratégias que possam favorecer o desenvolvimento de empresas industriais sustentáveis no cenário da Indústria 4.0.

➤ Governos: com papel fundamental na viabilização de recursos, na construção de políticas públicas inclusivas para a transformação digital em dimensões educacionais e tecnológicas ou na construção de leis e normas que garantam a orientação necessária ao acesso correto a todos os recursos disponíveis, é um agente que precisa vencer problemas estruturais nos formatos densos em sua gestão de aplicação de investimentos e na modernização de seus processos internos de articulação junto a outros agentes, podendo, assim, acelerar a transformação 4.0 em frentes regionais e nas cadeias produtivas de desenvolvimento local (WEF, 2020).

Os pontos de atenção para a criação de uma nova cultura que fortaleça o acesso à qualificação profissional e ao desenvolvimento de arranjos produtivos e econômicos locais são um grande desafio para as mais diversas dimensões governamentais.

Considera-se, ainda, que existe um *gap* (lacuna) metodológico e tecnológico a ser vencido para uma educação pública de qualidade frente às necessidades que o cenário apresenta, desde metodologias que favoreçam a interação do aluno com tecnologias complexas até a questão do aprimoramento de competências consideradas do futuro, que tem forte impacto para um desenvolvimento sustentável em empresas industriais.

➤ Empresas: estabelecer uma arquitetura corporativa adequada às mudanças que se apresentam, além de garantir a atuação interna das equipes, é um desafio significativo às empresas industriais.

Para tanto, devem ser considerados: um cenário complexo e denso de investimento, tanto em estrutura física quanto tecnológica, no desenvolvimento de equipes aptas a gerar resultados de desempenho projetado ou uma cultura organizacional inflexível e avessa a mudanças necessárias; a dificuldade de se desprender de modelos implementados em outras fases da trajetória da indústria; as revoluções e as características dos arranjos construídos no decorrer do aprendizado industrial.

Nesse cenário, a compreensão, ao mapear a arquitetura corporativa, com olhar aberto ao aprendizado gerado pela nova revolução que se apresenta, para a construção de um planejamento estratégico corporativo adequado ao contexto da mudança, é um ponto fundamental na geração de resultados sustentáveis para essas empresas (WEF, 2020).

➤ Instituições privadas: fomentar a transformação em curso, criar e promover eventos de fortalecimento para a disseminação dos conceitos 4.0, discutir, viabilizar e implementar jornadas de transformação por meio da experiência prática, desenvolver lideranças 4.0 para a eficácia das estratégias desdobradas são algumas das responsabilidades de instituições que têm, como missão, o desenvolvimento de arranjos produtivos e econômicos locais.

Para tanto, seja na dimensão da educação, seja na tecnológica, essas instituições precisam se organizar e acelerar seu próprio aprendizado frente à revolução que se apresenta.

Entende-se que, quando falamos da esfera educacional, fortes vertentes se apresentam com caminhos a serem percorridos, com base na necessidade de reformulação de matrizes educacionais por meio da inserção de métodos e práticas do universo 4.0.

Em formação técnica ou superior, a abordagem de estratégias, tais como: mentorias, situações de aprendizado e ambientes de pujante desenvolvimento de inovação, acelera a transformação necessária em linha de tempo adequada.

Outro aspecto a se destacar está relacionado à preparação de lideranças estratégicas para o futuro, pois a projeção e a simulação de cenários de futuro demonstram uma forte tendência às lideranças transformadoras, que precisam estar desenvolvidas para atender à crescente transformação em curso.

➤ Pessoas: um recurso em forte transformação, ocasionada pelo momento que vivemos, são as pessoas, seja de forma articulada, seja de modo individual, pois precisam ser inseridas em um contexto novo e complexo no qual não basta apenas trabalhar competências, habilidades e atitudes de forma isolada, devendo, inclusive, os contextos serem revistos de tempo em tempo, pois novas interações surgem completando o que chamamos de habilidades do futuro.

É importante destacar que todos se encontram em um cenário de incerteza e aprendizado, porém, quanto mais rápido o ciclo de aprendizado se inicia, maiores são as chances de compreender a necessidade de adaptação, mudança e reinvenção.

Nessa tônica, o desenvolvimento em diversos níveis, pessoas e/ou grupo, por meio de formações simples e complexas ou pelo aprendizado prático, leva-nos a destacar novamente a necessidade do desenvolvimento de lideranças capazes de auxiliar na identificação da melhor estratégia para a transformação profissional de suas equipes.

Entender quais são os possíveis formatos de interação que geram aprendizado é um desafio real. As imersões tecnológicas, a pilotagem, as formações adaptadas a públicos específicos, as qualificações atuais e de abordagem *Science, Technology, Engineering and Math – STEM*<sup>12</sup>, além da criação de ambientes favoráveis à inovação, são estratégias que

---

<sup>12</sup> Do inglês *Science, Technology, Engineering and Math*, em português, Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática, que se refere a um modelo de ensino com foco na multidisciplinaridade.

auxiliam o desenvolvimento de pessoas para a realidade de empresas industriais 4.0 (WEF, 2020).

## CONCLUSÃO

Este estudo apresentou resultados importantes em como auxiliar indústrias do estado de Mato Grosso, de diferentes portes e segmentos, a tomarem decisões estratégicas a fim de acompanhar as tendências relacionadas à Indústria 4.0. As propostas de ação tiveram, como base, a avaliação do nível de maturidade na Indústria 4.0, aplicada em uma amostra de 200 empresas industriais de Mato Grosso, na dimensão Estratégia e Organização, que, de forma geral, apontou um nível de adesão ainda bastante tímido.

Vários aspectos analisados apontam que a grande maioria das empresas, dentro desse contexto, está atenta às mudanças e já possui iniciativas, em maior ou menor grau, direcionadas à revisão, à adaptação e à modernização de seus modelos de negócios. Áreas como a de P&D, por exemplo, são importantes propulsoras desses avanços, sendo uma das áreas que as empresas apontaram como as que mais pretendem investir nos próximos cinco anos.

Dessa forma, mesmo apresentando uma atuação em estágios iniciais no contexto da Indústria 4.0, esses resultados apontam que as empresas industriais do estado têm uma excelente oportunidade para evoluírem, reposicionando-se de forma bastante competitiva no atual cenário, o que depende fundamentalmente da velocidade com que trilharão esse caminho utilizando experiências vivenciadas por outros estados e/ou nações, pois se entende que, hoje, os modelos que estão atuantes no mercado e mostram-se eficazes devem servir de exemplo para o crescimento e o desenvolvimento das demais indústrias.

A adoção de técnicas e ferramentas mais eficientes proporcionará a evolução dessas empresas em todos os níveis em que atuam, por isso ressalta-se que representa uma grande oportunidade para que elas possam promover um salto evolutivo no desempenho geral.

No entanto, para que essa oportunidade possa se tornar realidade, não se pode negligenciar a Estratégia e Organização das empresas, que necessitam prioritariamente serem repensadas, por se tratar de um pilar fundamental, o qual leva à necessidade premente de que a empresa esteja estruturada e direcionada, uma vez que nenhuma estratégia, por si só, permitirá converter um cenário desorganizado em ganhos reais.

Para que a Indústria 4.0 e todos os benefícios e desafios a ela atrelados possam se consolidar no estado de Mato Grosso, promovendo o desenvolvimento geral dos negócios, é imprescindível que esse tema seja pauta prioritária dos governos, das instituições, das empresas e dos profissionais, de forma que intensifiquem a promoção, a implantação e a disseminação de uma nova cultura orientada para o digital, em que análises de dados atrelados à implementação e ao uso de indicadores estratégicos e integrados devem ser encarados como um recurso-chave nas empresas.

Portanto, um dos primeiros e, talvez, maior desafio está ligado à cultura das organizações, pois ela é a grande responsável por alavancar a estratégia dos negócios e dos modelos de operação, impactando fortemente na capacidade de execução, nos resultados

financeiros e, por consequência, no posicionamento e na competitividade dos negócios, em um cenário que exige, cada dia mais, maior agilidade e capacidade de adaptação, dentre outros fatores. Nesse sentido, dar celeridade, de forma assertiva, a esse processo é um desafio relevante.

Podemos afirmar também que existem desafios e responsabilidades que atingem esferas diversas da sociedade, considerando uma ótica resumida em que governos, empresas, instituições privadas e pessoas ganham destaque como agentes viabilizadores nesse cenário de transformação.

Vale recomendar, para cada agente viabilizador da transformação à Indústria 4.0, um olhar diferenciado em suas estratégias e atuação. Com isso, indicamos observar os desdobramentos para a formação de macroestratégias que possam favorecer o desenvolvimento de empresas industriais sustentáveis no cenário da Indústria 4.0.

Por fim, é importante comentar algumas limitações do estudo. Por mais que esta pesquisa tenha sido realizada com uma amostra grande, não foi possível alcançar a maioria das empresas do estado de Mato Grosso. Além disso, seus resultados foram obtidos com base no relato dos participantes.

Diante disso, recomenda-se que novos estudos ampliem a amostra, buscando obter uma representatividade maior de empresas dos diferentes portes do estado de Mato Grosso. Sugere-se, também, incluir outros indicadores de avaliação juntamente com a análise do nível de maturidade tecnológica, como produtividade, desempenho de equipes e lideranças (uma relação direta com lucro e receita).

A implementação das jornadas ou *Roadmaps* nas empresas e a verificação da sua efetividade para o desenvolvimento da Indústria 4.0 também são sugestões para futuros estudos. A análise da efetividade dessas jornadas tanto em indicadores de desempenho das equipes e da liderança quanto do operacional e estratégico traria subsídios importantes para a compreensão da mudança de cultura das empresas e do acompanhamento às tendências relacionadas à Indústria 4.0.

## REFERÊNCIAS

- ABDI. **Parques Tecnológicos no Brasil: estudo, análise e proposições. Estudo, Análise e Proposições.** 2020. Disponível em: [https://anprotec.org.br/site/wp-content/uploads/2020/06/estudo-parques\\_pdf\\_16.pdf](https://anprotec.org.br/site/wp-content/uploads/2020/06/estudo-parques_pdf_16.pdf). Último acesso em: 10 out. 2020.
- ANPEI. **NOTA DA ANPEI SOBRE OS RESULTADOS DA PINTEC 2015-2017.** 2020. Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras. Disponível em: <https://anpei.org.br/nota-da-anpei-sobre-os-resultados-da-pintec-2015-2017/>. Último acesso em: 18 ago. 2020.
- ALLGÖWER, Frank; SOUSA, João Borges de; KAPINSKI, James; MOSTERMAN, Pieter, OEHLERKING, Jens; PANCIATICI, Patrick; PRANDINI, Maria; RAJHANS, Akshay, TABUADA, Paulo, WENZELBURGER, Philipp. **Position paper on the challenges posed by modern applications to cyber-physical systems theory, Nonlinear Analysis: Hybrid Systems.** A Journal Of Ifac, The International Federation Of Automatic Control, Luxemburg Austria, v. 34, 2009. p. 147-165.
- BASSETO, Ana Laura Canassa. **MODELO DE MATURIDADE PARA A ANÁLISE DAS INDÚSTRIAS NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0.** 2019. 185 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa - PR, 2019. Disponível em: [http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4335/1/PG\\_PPGEP\\_M\\_Basseto%2c%20Ana%20Laura%20Canassa\\_2019.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4335/1/PG_PPGEP_M_Basseto%2c%20Ana%20Laura%20Canassa_2019.pdf). Último acesso em: 9 set. 2020.
- BEATE METTEN (Germany). *Vdma German Engineering Federation* (ed.). **Guideline Industrie 4.0: Frankfurt Am Main: Vdma Verlag Gmbh, 2016.** (ISBN 978-3-8163-0687-0). Editor in Chief: Dr. Beate Metten (VDMA Industrie 4.0 Forum). Disponível em: [industrie40.vdma.org](http://industrie40.vdma.org). Último acesso em: 5 mai. 2020.
- BEIER, Grischa; ULLRICH, André, NIEHOFF, Silke; REIßIG, Malte; HABICH, Matthias. **Industry 4.0: How it is defined from a sociotechnical perspective and how much sustainability it includes: A literature review.** *Journal Of Cleaner Production.* Potsdam, Germany, v. 259, p. 1-13. jan./2020.
- BERNARDES, Danila. **MT foi responsável por quase 34% das exportações do agro brasileiro em 2020: foi um ano em que mato grosso ganhou mais com a venda de produtos agropecuários para outros países. O aumento foi de 6,3% em relação a 2019.** G1 - O Globo, Rio de Janeiro, p. 1-1. 14 jan. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/mt/mato-grosso/noticia/2021/01/14/mt-foi-responsavel-por-quase-34percent-das-exportacoes-do-agro-brasileiro-em-2020.ghtml>. Último acesso em: 22 mar. 2021.
- BIANCO, Débora. **Competências da liderança no lean manufacturing e na indústria 4.0: identificação e relacionamentos.** 2020. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos, Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2020.
- BIAZZINA, Cristiane; SACOMANO NETO, Mario; CÂNDIDO, Silvio Eduardo Alvarez. **Diffusion of operational capabilities knowledge: The social skills perspective.** (A) Northern Kentucky

University, Kentucky, United States; (B) Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil. 2020. p. 1-20. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/prod/v30/0103-6513-prod-30-e20200015.pdf>. Último acesso em: 10 mar. 2021.

BROWN, Tim. **Design Thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias**. Tradução Cristina Yamagami. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

CAVALCANTE, Caroline G. S.; ALMEIDA, Tatiana D. **Os benefícios da Indústria 4.0 no gerenciamento das empresas**. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, SC; *Journal of Lean Systems*, v. 3, n. 1, p. 125-152, 2018. Disponível em: <http://www.nexos.ufsc.br/index.php/lean/article/download/2064/pdf>. Último acesso em: 6 out. 2020.

CNI. **Desafios para Indústria 4.0 no Brasil**. 2016. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2016/8/desafios-para-industria-40-no-brasil/>. Último acesso em: 10 mar. 2019.

CNI. **Avaliação de Maturidade: Indústria 4.0**. 2019. Disponível em: <https://senai40.com.br>. Último acesso em: 1º nov. 2019.

CNI. **Perfil Industrial. Portal da Indústria. Estado de MT**. 2020. Disponível em: <https://perfildaindustria.portaldaindustria.com.br/estado/mt>. Último acesso em: 7 dez. 2020.

ČOLAKOVIĆ, Alem; HADŽIALIĆ, Musud. **Internet of Things (IoT): A review of enabling technologies, challenges, and open research issues**. *Computer Networks*, Sarajevo, [s.l.], v. 144, p. 17-39, out. 2018. Elsevier BV. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1389128618305243>. Último acesso em: 30 jun. 2020.

DAVIES, Robert; COOLE, Tim; SMITH, Alistair. **Review of socio-technical considerations to ensure successful implementation of Industry 4.0**. *Procedia Manufacturing*, Modena, Italy, v. 11, n. 1, p. 1288-1295, jul./2017.

DUARTE, Jefferson. **Modelos de Maturidade - 6 modelos utilizados na gestão de projetos**. 2017. Disponível em: <https://www.gp4us.com.br/modelos-de-maturidade/>. Último acesso em: 18 ago. 2020.

EROL, Selim; JÄGER, Andreas; HOLD, Philipp; SIHN, Wilfried; OTT, Karl. **Tangible Industry 4.0: uma abordagem baseada em cenários para a aprendizagem para o futuro da produção**. Universidade de Tecnologia de Viena. Viena, Áustria, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116301500>. Último acesso em: 13 nov. 2020.

FILATRO, A.; CAVALCANTI C. C. **Metodologias Inovativas na educação presencial, a distância e corporativa**. São Paulo: Editora Saraiva, 2018.

- FRANCISCHINI, Andresa S. N.; FRANCISCHINI, Paulino G. **Indicadores de desempenho: Dos objetivos à ação - Métodos para elaborar KPI's e obter resultados**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2017. 437 p.
- FUKUDA, Danilo O.; MARIZ, Fernanda B. A. R.; MESQUITA, Marco A. **Impactos da Indústria 4.0 na Gestão de Operações**. ENEGEP, 2017. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_238\\_384\\_34715.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_238_384_34715.pdf). Último acesso em: 7 set. 2020.
- GLOBAL INNOVATION INDEX. **The Global Innovation Index 2020: Who will Finance Innovation?** 13. ed. Cornell University, INSEAD, and WIPO, ? Ithaca, Fontainebleau, and Geneva. Disponível em: <https://www.globalinnovationindex.org/gii-2020-report>. Último acesso em: 22 fev. 2021.
- GOMIDE, Fernando A. C.; GUDWIN, Ricardo R.; TANSCHKEIT, Ricardo. **Conceitos fundamentais da Teoria de Conjuntos Fuzzy, Lógica Fuzzy e Aplicações**. Disponível em: <ftp://calhau.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/gudwin/publications/ifsa95.pdf>. Último acesso em: 19 ago. 2020.
- GÖKALP, Ebru; SENER, Umut; EREN, Erhan. **Development of an Assessment Model for Industry 4.0: Industry 4.0-MM**. Informatics Institute, Middle East Technical University, p. 128–142, 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/319640255\\_Development\\_of\\_an\\_Assessment\\_Model\\_for\\_Industry\\_40\\_Industry\\_40-MM/link/5a0c6895a6fdcc39e9bf7cca/download](https://www.researchgate.net/publication/319640255_Development_of_an_Assessment_Model_for_Industry_40_Industry_40-MM/link/5a0c6895a6fdcc39e9bf7cca/download). Último acesso em: 18 ago. 2020.
- HECKLAU, Fabian; GALEITZKE, Mila; BOURGEOIS, Sebastian; KOHL, Holger. **Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0**. Procedia CIRP. n. 54. p. 1-6. 10.1016/j.procir.2016.05.102. Disponível em: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>. Último acesso em: 29 out. 2019.
- HOFER-SCHMITZ, Katharina; STOJANOVIC, Branka. **Towards Formal Verification of IoT Protocols: A Review**. Computer Networks. Graz, Austria, p. 1-76. mar./2020.
- HSM (Brasil). **Guia estratégico para a Indústria 4.0 em Tecnologia e Inovação**. 2020. Disponível em: <https://experience.hsm.com.br/posts/guia-estrategico-para-a-industria-40#:~:text=Desenhar%20uma%20estrat%C3%A9gia%20de%20ind%C3%BAria,alinhada%20com%20a%20estrat%C3%A9gia%20global>. Último acesso em: 11 set. 2020.
- INOVAÇÃO INDUSTRIAL. **O profissional da indústria 4.0. Como se tornar um?** Portal Petronas, 2020. Disponível em: <https://materiais.inovacaoindustrial.com.br/profissional-da-industria-4-0>. Último acesso em: 28 jul. 2020.
- JAZDI, Nasser. **Cyber physical systems in the context of Industry 4.0**. In: IEEE International Conference on automation, quality and testing, robotics, 2014. Stuttgart, Germany; Cluj- napoca, Romania, 2014. p. 1-4. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6857843/authors#authors>. Último acesso em: 20 mai. 2020.

- KINCHESCKI, Geovana Fritzen; ALVES, Rosangela; FERNANDES, Tânia Regina Tavares. **Tipos de metodologias adotadas nas dissertações do Programa de Pós-Graduação em Administração Universitária da Universidade Federal de Santa Catarina, no período de 2012 a 2014.** 2015. XV Colóquio Internacional de Gestão Universitária – CIGU – Desafios da Gestão Universitária no Século XXI, Mar del Plata, Argentina. 2, 3 e 4 de dezembro de 2015. Disponível em: [https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/136196/102\\_00127.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=%C3%89%20uma%20pesquis a%20de%20natur.](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/136196/102_00127.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=%C3%89%20uma%20pesquis a%20de%20natur.) Último acesso em: 20 mai. 2020.
- KPMG. **Industry 4.0: It's all about the people: The adoption of i4.0 will have a profound impact on the manufacturing workforce. Organizations should start planning the transition today.** 2017. Disponível em: <https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2017/05/industry-4-0-its-all-about-the-people.html>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- KREINSEN, Hartmut Hirsch; KUBACH, Uwe; STARK, Rainer; WICHERT, Georg von; HORNUNG, Simone; HUBRECHT, Lisa; SEDLMEIR, Joachim; STEGLICH, Steffen. **Key themes of Industrie 4.0. Research and development needs for successful implementation of Industrie 4.0.** Research Council of the Plattform Industrie 4.0. Acatech – National Academy of Science and Engineering, 2019. Disponível em: [https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2019/09/Forschungsbeirat\\_Key-Themes-to-Industrie-4.0.pdf](https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2019/09/Forschungsbeirat_Key-Themes-to-Industrie-4.0.pdf). Último acesso em: 28 jul. 2020.
- LEINEWEBER, Stefan; WIENBRUCH, Thom; LINS, Dominik; DIETER, Kreimeier; BERND, Kuhlenkötter. **Concept for an evolutionary maturity based Industrie 4.0 migration model.** In: CIRP Conference on Manufacturing Systems, Bochum, Germany, v. 1, p. 404-409, 2018. Procedia CIRP 72. 10.1016/j.procir.2018.03.155.
- LINDBERG, Carl-Fredrik; SAN, Tie Ting; YAN, Jin Yue; STARFELT, Fredrik. **Key performance indicators improve industrial performance.** 2015. Energy Procedia, n. 75, p. 1785-1790, aug./2015. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1876610215012424?token=F5D7BFDEF9FA671D36A0DD7A8F8FBF3BCB030DDEA74915076A40127EB52999F17435F7A44DC831FC3079CEDB574C72EB>. Último acesso em: 6 dez. 2020.
- LOZANO, Carolina Villarreal; VIJAYAN, Kavin Kathires. **Literature review on Cyber Physical Systems Design.** *Procedia Manufacturing*, Frankfurt, Germany, v. 45, n. 45, p. 295-300, 20 abr. 2020. 10th Conference on Learning Factories, CLF2020.
- LUNELLI, Felipe Butelli; CECCONELLO, Ivandro. **Definição e Aplicação de um Modelo de Maturidade para Manufatura Inteligente, sob a ótica da Indústria 4.0.** *Scientia Cum Industria*, v. 7, n. 2, p. 126- 134. 2019.
- MUHURI, Pranab K.; SHUKLA, Amit K.; ABRAHAM, Ajith. **Industry 4.0: A bibliometric analysis and detailed overview.** *Engineering Applications Of Artificial Intelligence*, India, p. 218-235. jan./2019.

- NAPOLEONE, Alessia; MACCHI, Marco; POZZETTI, Alessandro. **A review on the characteristics of cyber-physical systems for the future smart factories**. Journal Of Manufacturing Systems. Milano, Italy, p. 305-335. jan./2020.
- NASI JUNIOR, Walter; SILVA, Leonardo Breno Pessoa; TREINTA, Fernanda Tavares; PONTES, Joseane. **A Quarta Revolução Industrial e os impactos na gestão de pessoas: A percepção de gestores de uma empresa na região dos Campos Gerais**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, PR, 2019.
- NBR-ISO 10015. **Gestão da qualidade - Diretrizes para treinamento**. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-ISO-10.015-Gest%C3%A3o-da-qualidade-diretrizes-para-treinamento.pdf>. Último acesso em: 21 nov. 2020.
- NÓBREGA, José Aderivaldo Silva da. **Estudo sobre as inter-relações entre formalidade e informalidade do trabalho no segmento de minerais não metálicos no seridó da Paraíba**. 2019. 244 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Ciências Sociais - Doutorado em Ciências Sociais., Ciências Sociais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/10274>. Último acesso em: 22 mar. 2021.
- OSTERRIEDER, Philipp; BUDDE, Lukas; FRIEDLI, Thomas. **The smart factory as a key construct of industry 4.0: A systematic literature review**. International Journal Of Production Economics. Switzerland, ago./2019. Accepted 26 aug./ 2019, p. 1-16.
- PAVARINA, Adriana; CÔNSOLO, Angeles T. G.; DALLA, Célia B.; MIGLIORI, Ecila A. O.; CAVALCANTE, Elizabeth N.; GORNI NETO, Fernando; ESPUNY, Herbert. G.; ÁRTICO, Jair. A.; CALASANS Rricardo; GARCIA, Solimar; PÓLVORA, Valdice N. **Gestão 4.0 em tempos de disrupção**. GARCIA. Solimar (org.). São Paulo: Blucher, 2020.
- PEDERNEIRAS, Gabriela. **Investimentos e recursos do governo para Indústria 4.0: saiba quais fundos estão à disposição do empresariado para serem usados a fim de transformar o cenário fabril do país. Saiba quais fundos estão à disposição do empresariado para serem usados a fim de transformar o cenário fabril do país**. 2019. IND4.0 - MANUFATURA AVANÇADA. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/18416-investimentos-e-recursos-do-governo-para-industria-40>. Último acesso em: 12 nov. 2020.
- PEDERNEIRAS, Gabriela. **O que muda na gestão das indústrias 4.0?** 2020. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/19575-o-que-muda-na-gestao-das-industrias-40>. Último acesso em: 10 nov. 2020.
- PWC. **Industry 4.0: Building the digital enterprise**. 2016. 2016 Global Industry 4.0 Survey What we mean by Industry 4.0 / Survey key findings / Blueprint for digital success. Disponível em: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>. Último acesso em: 20 out. 2020.
- PWC. **O Impacto da Cultura Organizacional no Futuro dos Negócios: pesquisa de cultura organizacional 2019**. Pesquisa de Cultura Organizacional 2019. Disponível em:

<https://www.pwc.com.br/pt/estudos/preocupacoes-ceos/mais-temas/2019/pesquisa-cultura-organizacional->. Último acesso em: 10 out. 2020.

PORTER, Michael E. **Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. Rio de Janeiro: Campus, 2005.

PORTER, Michael E.; HEPP, James E. **How Smart, Connected Products Are Transforming Competition**. Harvard Business Review, [s. l.], v. 1, n. 3, p. 1-23, nov./2014. Disponível em: [https://www.gospi.fr/IMG/pdf/porter-2014-hbr\\_how-smart-connected-products-are-transforming-competitionhbr-2014.pdf](https://www.gospi.fr/IMG/pdf/porter-2014-hbr_how-smart-connected-products-are-transforming-competitionhbr-2014.pdf). Último acesso em: 22 fev. 2021.

RAUCH, Erwin; LINDER, Christian; DALLASEGA, Patrick. **Anthropocentric Perspective of Production before and within Industry 4.0 (2019)**. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.018>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

REBOUÇAS JÚNIOR, Luiz Augusto. **Mercado da construção civil segue com perspectiva positiva para 2021**. Olhar Direto. Cuiabá, p. 1-1. 14 jan. 2021. Disponível em: <https://www.olhardireto.com.br/artigos/exibir.asp?id=12949&artigo=8203mercado-da-construcao-civil-segue-com-perspectiva-positiva-para-2021>. Último acesso em: 22 mar. 2021.

RODRIGUES, Leticia Francischini; JESUS, Rodrigo Aguiar de; SCHÜTZER, Klaus. **Industrie 4.0 – Uma Revisão da Literatura: industrie 4.0 ? a literature review. : Industrie 4.0 – A Literature Review. Revista de Ciência & Tecnologia**, Piracicaba - Sp, v. 38, n. 19, p. 33-45, jun. 2016. ISSN Eletrônico: ISSN: 2238-1252/ ISSN Impresso: 0103-8575. Disponível em: <file:///C:/Users/anderson.domingos/Desktop/Mestrado%20Dir.%20L%C3%A9lia/Artigos/Ind%204.0%20Reviews/Reviwe%20em%20portugues.pdf>. Acesso em: 20 maio 2020.

RÜßMANN, Michael; LORENZ, Markus; GERBERT, Philipp; WALDNER, Manuela; JUSTUS, Jan; ENGEL, Pascal; HARNISCH, Michael. **Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries**. Boston Consulting Group – 2015

SALVIANO, Gabrielli. **TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL: COMO TRAZER INOVAÇÕES AO SETOR**. 2018. Disponível em: <https://layerup.com.br/transformacao-digital-na-construcao-civil/>. Último acesso em: 22 fev. 2021.

SANTOS, Christiane Bischof; OLIVEIRA, Elisandraia. **Production Engineering Competencies in the Industry 4.0 context: perspectives on the brazilian labor market**. aFAE Centro Universitário, Curitiba, PR, Brasil. 2019 Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/prod/v30/0103-6513-prod-30-e20190145.pdf>. Último acesso em: 10 mar. 2021.

SCHUH, Günter; ANDERL, Reiner; GAUSEMEIER, Jürgen; HOMPEL, Michael ten; WAHISTER, Wolfgang. **Industrie 4.0 Maturity Index (acatech STUDY): managing the digital transformation of companies**. Munich: Acatech, 2017. 60 p. (ISSN 2192-6174). Disponível em: [www.acatech.de/publikationen](http://www.acatech.de/publikationen). Último acesso em: 5 mai. 2020.

SCHUMACHER, Andreas; EROL, Selim; SIHN, Wilfried. **A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises**. Vienna, Austria, 2016.

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116307909>.  
Último acesso em: 1º set. 2020.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução: Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016.

SENAI40. **Avaliação de Maturidade: Indústria 4.0**. 2019. Disponível em: <https://senai40.com.br>. Último acesso em: 1º nov. 2019.

SCHNEIDER, Jaime. **Medição do nível de maturidade do uso de tecnologia em um ambiente da indústria 4.0**. 116f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, RS, 2018.

SETIAWAN, Indra; PURBA, Humiras Hardi. **A Systematic Literature Review of Key Performance Indicators (KPIs) Implementation**. Journal Of Industrial Engineering & Management Research, Jakarta 11650, Indonesia, p. 200-208. out./2020. Disponível em: <https://jiemar.org/index.php/jiemar/article/view/79/62>. Último acesso em: 6 dez. 2020.

SILVA, Denise Aliny Gomes. **Indústria 4.0 com foco nos sistemas cyber físicos**. Ponta Grossa, PR, p. 29, jun. 2018. Disponível em: [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10544/1/PG\\_COELE\\_2018\\_2\\_01.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10544/1/PG_COELE_2018_2_01.pdf). Último acesso em: 30 jun. 2020.

TSCHANDL, Martin; MAYER, Barbara; SORKO, Sabrina Romina. **An interdisciplinary digital learning and research factory: The Smart Production Lab**. Procedia Manufacturing, Kapfenberg, Austria, v. 45, n. 45, p. 491-496, fev. 2020. 10th Conference on Learning Factories, CLF2020.

VDMA. **Guideline Industrie 4.0: guiding principles for the implementation of industrie 4.0 in small and medium sized businesses**. Frankfurt Am Main: Vdma Verlag GmbH, Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt Am Main, 2016. 30 p. (978-3-8163-0687-0). Editor in Chief VDMA Industrie 4.0 Forum Dr. Beate Metten. Disponível em: [industrie40.vdma.org](http://industrie40.vdma.org). Último acesso em: 9 mai. 2020.

VIEIRA, Pedro Antônio; OURIQUES, Helton Ricardo; AREND, Marcelo. **A posição do Brasil frente à Indústria 4.0: mais uma evidência de rebaixamento para a periferia?** Revista Oikos, Rio de Janeiro, v. 19, n. 3, p. 12-14, dez. 2020. Disponível em: <http://revista.oikos.org/seer/index.php/oikos/article/view/668/342>. Último acesso em: 23 fev. 2021.

WANG, Qin; ZHU, Xinqi; NI, Yiyang; GU, Li; ZHU, Hongbo. **Blockchain for the IoT and industrial IoT: A review**. Internet Of Things. Nanjing, China, p. 6-14. mar. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.iot.2019.100081>. Último acesso em: 20 maio 2020.

WILLCOX, Luiz Daniel; DAUDT, Gabriel; MIGUEZ, Thiago. **Indústria 4.0**. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/18140/1/PRCapLiv214752\\_Ind%C3%BAstria%204.0\\_compl\\_P\\_BD.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/18140/1/PRCapLiv214752_Ind%C3%BAstria%204.0_compl_P_BD.pdf). Último acesso em: 10 set. 2020.

WEF. WORLD ECONOMIC FORUM. **Readiness for the Future of Production Report 2018**. The Readiness for the Future of Production Report 2018 is published by the World Economic

Forum's System Initiative on Shaping the Future of Production. Disponível em: [http://www3.weforum.org/docs/FOP\\_Readiness\\_Report\\_2018.pdf](http://www3.weforum.org/docs/FOP_Readiness_Report_2018.pdf). Último acesso em: 18 set. 2020.

WEF. WORLD ECONOMIC FORUM. ***The Future of Jobs Report 2020***. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020>. Último acesso em: 05 agos. 2021.

ZAWADZKI, Przemyslaw; ZYWICKI, Krzysztof. **Smart product design and production control for effective mass customization in the industry 4.0 concept**. Management and Production Engineering Review, v. 7, n. 3, p. 105–112, 2016. Disponível em: <https://cyberleninka.org/article/n/729392/viewer>. Último acesso em: 18 nov. 2020.

ZHONG, Ray Y.; XU, Xun; KLOTZ, Eberhard. **Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review: Intelligent Manufacturing—Review**. Engineering: The official journal of the Chinese Academy of Engineering and Higher Education Press. China, p. 616-630, out./2017.

## APÊNDICE A

### Avaliação de Maturidade: Indústria 4.0

I. Como você descreve o status da implementação da sua estratégia de indústria 4.0?

- Sem Estratégia definida;*
- Iniciativas Piloto em Planejamento*
- Estratégia em Desenvolvimento*
- Estratégia Definida*
- Estratégia em implementação*
- Estratégia escalonada*

II. Indicadores de Implantação da sua estratégia de indústria 4.0?

- Não há um sistema de indicadores definidos*
- Há indicadores para os projetos piloto, que são gerenciados pelo gerente do projeto*
  - Cada área da empresa avalia seus próprios indicadores*
  - Os indicadores de implantação são analisados apenas pela área responsável e pelo planejamento estratégico*
  - Os indicadores são analisados estrategicamente na empresa de forma integrada entre áreas*

III. Qual é o nível de envolvimento, apoio e conhecimento das lideranças da empresa (Direção executiva e gerentes sênior) com relação ao tema Indústria 4.0?

- Baixo envolvimento, as lideranças não reconhecem as oportunidades e desafios da Indústria 4.0 e não possuem conhecimento sobre questões digitais*
- Médio – Baixo, as lideranças reconhecem a importância do tema e estão em busca de maiores informações para a tomada de decisão*

- *Médio – Alto, as lideranças reconhecem a importância e entendem as oportunidades de desafios para a empresa e estão definindo sua estratégia de transformação digital*
- *Alto envolvimento das lideranças, todos conhecem plenamente sobre o tema Indústria 4.0 e reconhecem sua importância, oportunidades e desafios, bem como já possuem uma visão e planejamento estratégico para transformação digital da empresa.*

IV. Quais áreas da empresa receberam investimentos na implantação de Indústria 4.0 nos últimos dois anos?

*Tabela 3. Possíveis respostas à pergunta IV de avaliação de maturidade*

<b>Itens avaliados</b>	<b>Possíveis respostas</b>
○ <i>Pesquisa &amp; Desenvolvimento</i>	○ <i>Sem investimentos</i>
○ <i>Produção/ Manufatura</i>	○ <i>Pouco investimento</i>
○ <i>Compras</i>	○ <i>Médio investimento</i>
○ <i>Logística</i>	○ <i>Alto investimento</i>
○ <i>Vendas</i>	

V. Quais áreas da empresa receberão investimentos na implantação de Indústria 4.0 nos próximos 5 anos?

*Tabela 4. Possíveis respostas à pergunta V de avaliação de maturidade*

<b>Itens avaliados</b>	<b>Possíveis respostas</b>
○ <i>Pesquisa &amp; Desenvolvimento</i>	○ <i>Sem investimentos planejados</i>
○ <i>Produção/ Manufatura</i>	○ <i>Pouco investimento</i>
○ <i>Compras</i>	○ <i>Médio investimento</i>
○ <i>Logística</i>	○ <i>Alto investimento</i>
○ <i>Vendas</i>	

VI. Como os dados apoiam o processo de tomada de decisões estratégicas?

- *Utilizam-se dados da empresa, que são coletados manualmente e disponibilizados em planilhas eletrônicas*

- *Os dados da empresa podem ser acessados diretamente dos sistemas de informação corporativos*
- *Dados da empresa são capturados em tempo real por sensores, acessados no sistema integrado (única fonte de informação) criando uma nuvem digital que auxilia o processo de tomada de decisão, pelo entendimento sobre o que está ocorrendo na empresa.*
- *Os sistemas analisam os dados em tempo real e avaliam as possíveis causas que algo está ocorrendo na forma de "causa-efeito"*
- *Por meio de uso de sistemas de inteligência artificial, a nuvem digital gerada é projetada e testada para cenários futuros possíveis, fornecendo previsões ao tomador de decisão.*
- *Os sistemas estão aptos para identificar o que está acontecendo, entender a causa, avaliar cenários possíveis e sugerir quais ações devem ser feitas.*

## PRODUÇÃO TÉCNICA E CIENTÍFICA

BRUN, Lélia Rocha Abadio; PEREIRA-GUIZZO, Camila de Sousa. ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF INDUSTRY 4.0 STRATEGY IN COMPANIES IN THE STATE OF MATO GROSSO. In: **Anais do VI Simpósio Internacional de Inovação e Tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2020. p. 334-341. ISSN 2357-7592, ISBN: 2357-7592. DOI 10.5151/siintec2020-ANALYSISOFIMPLEMENTATION. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/analysis-of-the-implementation-of-industry-40-strategy-in-companies-in-the-state-of-mato-grosso-35630>.

MOLIN, Denise Torres; TEIXEIRA, Layla Leão Lima; BRUN, Lélia Rocha Abadio; PEREIRA-GUIZZO, Camila de Sousa. CAMPAIGN MASK FACTORY TO COMBAT THE COVID-19 PANDEMIC AND THE SEWERS' WORK: CONTEXT AND CHALLENGES FOR ACTION OF SENAI MATO GROSSO. In: **Anais do VI Simpósio Internacional de Inovação e Tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2020, p. 350-357. ISSN 2357-7592, ISBN: 2357-7592. DOI 10.5151/siintec2020-CAMPAIGNMASK. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/campaign-mask-factory-to-combat-the-covid-19-pandemic-and-the-sewers-work-context-and-challenges-for-action-of-senai-mato-grosso-35632>.