



ConBRepro

XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



ESG nas Engenharias

30 a 02
de dezembro **2022**

Maturidade da Indústria 4.0: estudo de caso de um fabricante de eletroeletrônicos no Polo Industrial de Manaus

Camila Nascimento dos Santos

Departamento – Administração

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Sandro Breval Santiago

Departamento - Administração

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Manoel Carlos de Oliveira Júnior

Departamento - Administração

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Resumo: O presente artigo tem como objetivo apresentar a análise do nível de maturidade da Indústria 4.0 nos processos de um fabricante de eletroeletrônicos, estabelecido no Polo Industrial de Manaus, em duas dimensões específicas: Modelo de Negócios e Estratégia e Organização. A pesquisa foi conduzida através de um estudo de caso quantitativo, com base na coleta de dados extraída a partir do PIMM4.0. Ainda quanto ao método, participantes chave da empresa responderam ao questionário que embasa as análises do PIMM4.0. Os resultados mostram que há um baixo nível de implementação de indústria 4.0, considerando apenas as dimensões analisadas.

Palavras-chave: Indústria 4.0, Polo Industrial de Manaus, PIMM4.0.

Industry 4.0: case study of an electronics manufacturer in the Industrial Pole of Manaus

Abstract: This article aims to present the analysis of the maturity level of Industry 4.0 in the processes of an electronics manufacturer, established in the Industrial Pole of Manaus, in two specific dimensions: Business Model and Strategy and Organization. The research was conducted through a quantitative case study, based on data collection extracted from PIMM4.0. Still regarding the method, key company participants answered the questionnaire that supports the PIMM4.0 analyses. The results show that there is a low level of implementation of industry 4.0, considering only the analyzed dimensions.

Keywords: Industry 4.0, Industrial Pole of Manaus, PIMM4.0.

1. Introdução

O final do século XVIII foi marcado pela transição dos métodos de produção artesanal para produções mecanizadas. A partir disso, a primeira revolução industrial foi iniciada. Essas mudanças revolucionaram não só a economia com o aumento da produtividade, mas também o cotidiano de toda sociedade. Desde então, a indústria tem passado por transformações tanto nos seus sistemas de produção, quanto de gestão (SANTOS, *et al.*, 2018).

A indústria tem vivenciado nos últimos anos uma grande evolução que vem sendo intensificada pelo constante desenvolvimento tecnológico e dos meios de comunicação. A partir do desenvolvimento da Internet das Coisas (IoT), iniciativas foram criadas para levar a inovação para dentro das indústrias, o que deu origem a Quarta Revolução Industrial, a chamada Indústria 4.0 (I4.0). A proposta desta recente revolução traz grandes desafios e oportunidades, pois integra diversos setores envolvidos em um processo de produção (STEVAN JR, *et al.*, 2019).

A partir do desenvolvimento tecnológico e de um cenário em que há uma procura cada vez maior por produtos de maior qualidade, maior complexidade e custos reduzidos, este novo modelo de indústria vem sendo discutido em todo o mundo (HERMANN, *et al.*, 2016). A indústria 4.0 está inserida em um conjunto de tecnologias de ponta ligadas à internet com objetivo de tornar os sistemas de produção ainda mais colaborativos. Dessa forma, os maquinários utilizam-se de auto-otimização e até mesmo de inteligência artificial para completar tarefas complexas, a fim de proporcionar bens ou serviços de melhor qualidade e eficiência de custo superior (BAHRIN, *et al.*, 2016).

O Polo Industrial de Manaus é um dos principais parques industriais do país. O PIM abriga mais de 600 indústrias concentradas nos setores de televisão, informática, bebidas e motocicletas. Cerca de 95% da produção do PIM é destinada a abastecer o mercado nacional. De acordo com Krugman (1989), a política industrial pode ser entendida como um empenho governamental em fomentar setores avaliados como significativos para o crescimento econômico do país. Ao estimular certos setores, o governo está encaminhando suas ações em busca de uma estratégia de desenvolvimento. Portanto, a principal função da política industrial é promover o desenvolvimento de setores econômicos fundamentais para a geração e difusão de tecnologias. Dessa forma, é estimulado também o aumento da competitividade industrial.

A partir da evolução do processo de inovação empresarial, influenciada pela globalização, o compartilhamento de informações quebrou as barreiras tecnológicas existentes, subsidiárias industriais mantidas por matrizes estrangeiras passaram a ter mais possibilidades de garantir suas vantagens competitivas, através da sua própria geração de conhecimento e inovação. Logo, para que uma empresa obtenha sucesso em seu processo de inovação tecnológica, deve, obrigatoriamente, desdobrar-se pela associação desta a algum sistema de inovação, seja nacional, regional ou local (OLIMPIO, *et al.*, 2022; ALBUQUERQUE, 2001, p. 57).

Como o Polo Industrial de Manaus (PIM) representa um dos parques tecnológicos mais avançados da América Latina, que conseqüentemente contribui de forma significativa para o Produto Interno Bruto brasileiro, este artigo busca analisar, através de estudo de caso, o nível de maturidade da Indústria 4.0 em uma organização situada no PIM.

2. Referencial Teórico

O desenvolvimento tecnológico favorece as indústrias a se tornarem mais competitivas ao oferecer mudanças na fabricação do produto. Com custos reduzidos e maior qualidade, a

maneira como os bens são produzidos vêm sofrendo alterações, influenciados pelos avanços tecnológicos e por pressões que são exercidas com o mercado cada vez mais competitivo, esta revolução que está sendo promovida é denominada Indústria 4.0 (SANTOS, *et al.*, 2018).

A indústria 4.0 é impulsionada pelas tendências de conectividade, no qual promove a interação entre o real e o virtual de forma integrada, permitindo a coleta, a análise de dados e fornecimento de informações em tempo real. Todavia, essa transformação é um desafio para as organizações pois é necessário ajustar as plantas e formas de produção para incorporar novas capacidades de TI no ambiente de fabricação, visando facilitar melhorias nos processos industriais. Nesta quarta revolução industrial, a Internet das Coisas (IoT) é incorporada ao ambiente de fabricação, possibilitando que as empresas estabeleçam sistemas integrados que contenham tanto uma parte física quanto virtual. Em razão disso, toda a cadeia deve estar preparada para integrar de forma completa, mas para que aconteça essa integração organizada é necessário a elaboração de modelos de referência que possam conduzir toda a indústria (STEVAN JR, *et al.*, 2019).

Em países mais desenvolvidos já iniciaram a corrida para adotar elementos dessa quarta revolução industrial, que enfrenta o desafio de ser altamente automatizada e rentável, além de ser capaz fornecer produtos de maior qualidade em um ambiente de fabril. Com grande potencial, a revolução I4.0 promete maior eficácia operacional, competitividade, aprimorar a produtividade, maior crescimento, bem como o desenvolvimento de novos modelos de negócios, serviços e produtos (KAGERMANN, *et al.*, 2013).

2.1 Maturidade da Indústria 4.0

As organizações têm apresentado dificuldades em estabelecer uma metodologia para implementação das tecnologias da quarta revolução industrial, e conseqüentemente obter melhorias em seus processos organizacionais e no seu desenvolvimento industrial. Os modelos de maturidade aplicados à Indústria 4.0 têm se apresentado de forma generalista, dificultando a introdução de novas tecnologias nas instituições (SONNTAG, 2022).

No cenário atual, as indústrias são desafiadas a se adaptarem constantemente às novas necessidades e práticas de mercado em um ambiente cada vez mais competitivo, com o objetivo de manter o crescimento sustentável de seus negócios (CHANG; CHENG, 2019).

Com o surgimento da Indústria 4.0 surge uma forma favorável de lidar com desafios futuros no ambiente de produção (KAGERMANN, *et al.*, 2013). A partir do surgimento de novos modelos de gestão e novas tecnologias atreladas à Indústria 4.0, é necessário trabalhar na evolução das metodologias aplicadas atualmente, buscando o desenvolvimento industrial e a sustentabilidade dos negócios. Modelos de maturidade normalmente são utilizados como meio para avaliar o nível de desenvolvimento de uma empresa ou de um processo. (SCHUMACHER, *et al.*, 2016).

A Indústria 4.0 possibilita novas formas de desenvolvimento de produtos inteligentes, introduzindo ferramentas tecnológicas. A combinação entre as ferramentas tradicionais e as tecnologias da Indústria 4.0 pode permitir a obtenção de maiores níveis de desempenho através da redução de retrabalho, decisões baseadas em dados, agilidade no descobrimento da causa raiz, redução de custos e aumento da produtividade (KOLBERG, *et al.*, 2017).

O estabelecimento de tecnologias vinculadas ao contexto da indústria 4.0 tem sido vista por empresários e governo como forma de manter a competitividade da produção nacional ou local (ITIKAWA; SANTIAGO, 2021). A indústria 4.0 é uma solução para lidar com a escassez de recursos, visando o aumento de produção com menor desperdício. Além disso,

é indispensável compreender as características demográficas de onde a organização está situada e levar em conta os fatores sociais de cada microrregião (STEVAN JR, *et al.*, 2019).

Maturidade na indústria é a capacidade de integração completa da empresa às novas tecnologias. Ao analisar o nível de maturidade de uma organização inserida na Revolução 4.0, viabiliza a formulação do planejamento estratégico voltado para os resultados, integrando a cadeia de produção em todos os processos organizacionais (ITIKAWA; SANTIAGO, 2021).

2.2 Polo Industrial de Manaus (PIM)

O Polo Industrial de Manaus (PIM) é considerado um dos maiores polos da América Latina. Responsável por um dos maiores PIBs da indústria do país. Segundo o Relatório de Gestão da Suframa do exercício de 2020, o PIM registrou o faturamento de R\$ 119,68 bilhões, o que representa crescimento de 14,39% em relação ao ano de 2019 (R\$ 104,62 bilhões). Um dos principais segmentos empregadores de mão de obra do PIM é o Eletroeletrônico, representando 36.375 (38,68%), seguido pelo de Duas Rodas com 16.380 (17,42%).

De acordo com o Relatório de Gestão da Suframa do exercício de 2021, o PIM obteve um faturamento recorde de R\$ 158,62 bilhões, o que representa um aumento de 31,89% em comparação ao valor registrado entre janeiro e novembro de 2020. O PIM também manteve 100.747 trabalhadores empregados, o que representa cerca de dez mil empregos a mais do que no ano de 2020.

O Polo Industrial de Manaus também está inserido no contexto de Pesquisa, Desenvolvimento, Inovação e Indústria 4.0, inicialmente, por meio da Lei de Informática da Amazônia Ocidental e Amapá (Lei nº 8.387/1991). Em 2020 foi publicada a Resolução Nº 2, de 31 de março de 2020, no qual dispõe sobre os procedimentos para a aplicação de recursos na execução dos programas prioritários para investimento em pesquisa, desenvolvimento e inovação, na área de atuação da Suframa.

3. Metodologia

Este artigo consiste em um estudo de caso, tendo como objeto de investigação uma empresa industrial fabricante de eletroeletrônicos do polo industrial da cidade de Manaus, Amazonas, analisando através de dados primários, obtidos no banco de dados produzido pelo sistema PIMM4.0, o nível de maturidade e prontidão da Indústria 4.0.

Para a análise dos resultados obtidos, foi utilizada a metodologia quantitativa – descritiva, que tem por objetivo a coleta sistemática de dados sobre programas, utilizando gráficos (método estatístico) para a partir deles produzir informações avaliativas dos conjuntos analíticos abordados (LAKATOS; MARCONI, 2003).

O PIMM4.0 é uma plataforma com coleta de evidências e visão multinível. A metodologia do PIMM4.0 contempla os requisitos do portfólio, operações, estratégia, negócios, logística, interoperabilidade, pessoas-cultura e sustentabilidade. A plataforma apresenta 4 níveis de medição que demonstram a relação entre a Tecnologia da Informação (TI) e a Tecnologia da Automação (TA), suas integrações, alcance organizacional, e evidências de características da indústria 4.0.

Os níveis são assim representados: nível 1 – Digital: baixo alcance organizacional na integração da cadeia produtiva com sistemas tecnológicos e interligação de processos verticais e horizontais digitais; nível 2 – Tecnológico: presença de sistemas integrando parte das linhas organizacionais, presença de automação na produção, mas ainda sem integração total e apresentando baixa visibilidade do modelo 4.0; nível 3 – Transição: neste nível é possível perceber elevada integração entre sistemas permitindo visibilidade, além

de importantes iniciativas de automação com ganhos de capacidade, níveis de transparência e capacidade

O PIMM 4.0 avalia sete (07) dimensões e quarenta e seis (46) subdimensões e para cada variável foi atribuída um valor de um (1) a quatro (4) que representam o nível de maturidade. Os dados foram coletados durante o período de fevereiro de 2022. O sistema, para obtenção de tais dados, utiliza as notas avaliativas de colaboradores de áreas de liderança da empresa e da equipe técnica especialista que opera o PIMM4.0. Portanto, a análise e os resultados são baseados em uma amostra de avaliações, que representa as impressões de líderes e demais colaboradores que compõem a planta fabril.

4. Resultados

O objetivo do estudo de caso é uma empresa industrial de eletroeletrônicos situada na cidade de Manaus, Amazonas. A organização está estabelecida no Polo Industrial de Manaus (PIM) e é responsável por abastecer o segmento eletroeletrônico no PIM há mais de duas (2) décadas.

No presente artigo apresentam-se os resultados de análise de apenas duas (2) dimensões do PIMM4.0: Estratégia e Organização e Modelo de Negócio.

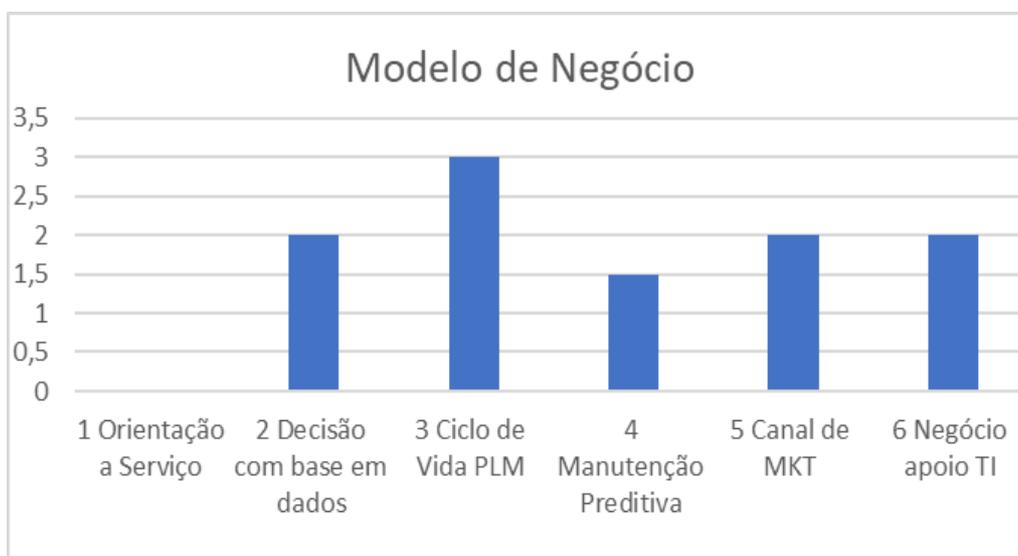
Os resultados obtidos estão representados nos quadros e figuras abaixo:

Quadro 1 – Modelo de Negócio

Dimensão Modelo de Negócio	
Subdimensões	Descrição
1- Orientação a Serviço	Orientação a serviços no âmbito de seu ecossistema de negócios, com possível transição processo-produto serviço.
2- Decisão com base em dados	Descreve até que ponto os dados são usados para fornecer serviços e instruções para decisões de negócios.
3 - Ciclo de Vida PLM	Descreve até que ponto os produtos podem ser rastreados durante todo o seu ciclo de vida em sua cadeia de valor.
4- Manutenção Preditiva	Indica o nível de automação das paradas de manutenção, visualizando os aspectos de autodiagnóstico, predição e tecnologias envolvidas.
5 - Canal de MKT	Descreve as relações como ecossistema comercial e sua estrutura de canais para o mercado.
6- Apoio TI	Descreve as atividades de tecnologia da informação, e suas respectivas ações, no âmbito da empresa.

Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 1 – Modelo de Negócio



Fonte: Elaborado pelos autores

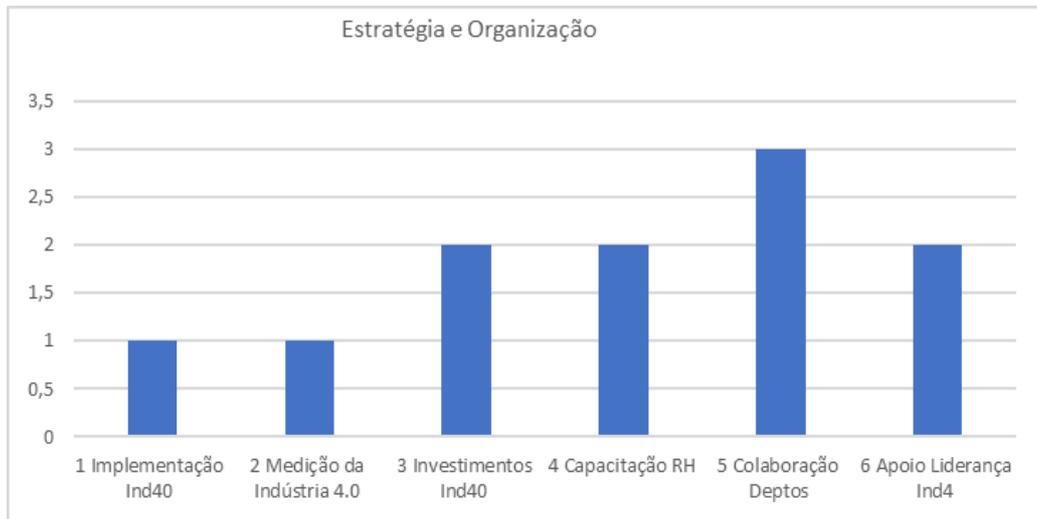
Na dimensão Modelo de Negócio observa-se a sua subdimensão 1 – Orientação a Serviço que é praticamente nulo, ou seja, continua estático e sem tendência a maturidade. Em contrapartida, a subdimensão 3 – Ciclo de Vida PLM alcança o nível, sendo assim a subdimensão com maior tendência à maturidade no contexto Modelo de Negócio. As subdimensões 5 e 6, Canal de Marketing e Apoio TI, estão elencadas na mesma margem, o nível 2. A subdimensão 4 – Manutenção Preditiva apresenta baixa maturidade ao permanecer no nível 1.

Quadro 2 – Estratégia e Organização

Dimensão Estratégia e Organização	
Subdimensões	Descrição
1- Indústria na estratégia	Indica a implementação da Indústria 4.0 na estratégia da empresa
2 - Medição da Indústria 4.0	Indica a existência de KPI, relativamente à indústria 4.0, na organização
3 - Investimentos na Indústria 4.0	Indica o grau de investimentos, e sua respectiva abrangência, relativos indústria 4.0 e seus requisitos
4- Capacitação de RH	Indica o grau de capacitação dos colaboradores quanto à indústria 4.0, verificando aquisição de habilidades inerentes
5 - Colaboração departamental	Indica o grau de colaboração e integração entre os departamentos e a interoperação
6- Apoio liderança Indústria 4.0	Indica de que forma a liderança apoia a indústria 4.0 no processo de diagnóstico e transformação digital

Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 2 – Estratégia e Organização



Fonte: Elaborado pelos autores

A dimensão Estratégia e Organização apresenta 3 subdimensões no nível 2, são elas: 3- Investimentos em Indústria 4.0, 4- Capacitação de RH e 6- Apoio liderança Indústria 4.0. A subdimensão 1- Implementação Indústria 4.0 e a 2- Medição da Indústria 4.0 foram avaliadas em nível 1. É notório que os níveis das demais subdimensões são influenciados pela subdimensão 1 no que tange a implementação da Indústria 4.0.

5. Conclusões

O desenvolvimento tecnológico ajudou as organizações industriais a lidarem com a necessidade de maior competitividade. As mudanças que ocorrem nos processos de fabricação são impulsionadas pelos avanços tecnológicos e pelas pressões exercidas pelo mercado mundial. Sabe-se que Indústria 4.0 já é uma realidade, mas resta saber se as indústrias, principalmente as instaladas no Polo Industrial de Manaus, estão preparadas para fazer essa transformação digital. Com auxílio da plataforma PIMM4.0, foi possível realizar uma rápida e enxuta análise de algumas dimensões da empresa fabril, no qual pode-se notar que o nível de maturidade e prontidão da organização ainda é baixo. Paraphrasing Santos, et al.,(2018), apesar da quantidade considerável de material que descreve o potencial das soluções tecnológicas advindas da Indústria 4.0, muitas organizações não têm uma compreensão clara sobre a sua implementação, conforme apresentado no quadro 2 onde é possível verificar o baixo nível de implementação de indústria 4.0, e diante dos desafios que ainda precisam ser vencidos, não estão preparadas para embarcar nessa nova revolução industrial.

Referências

ALBUQUERQUE, E. M. Sistema Estadual de Inovação de Minas Gerais: um balanço introdutório e uma discussão do papel (real e potencial) da FAPEMIG para a sua construção. Belo Horizonte, UFMG, 2001.

AZEVEDO, Americo; SANTIAGO, Sandro Breval. Design of an Assessment Industry 4.0 Maturity Model: An application to a manufacturing company. In: **Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Toronto, ON, Canada**. 2019. p. 23-25.

BAHRIN, M.; OTHMAN, F.; AZLI, N.; TALIB, M. Industry 4.0: **A review on industrial automation and robotic**. Journal Teknologi, [s.l.], v. 78, n.6-13, p.137–143, 2016.

CHANG, A.Y., & CHENG, Y.T. Analysis model of the sustainability development of manufacturing small and medium-sized enterprises in Taiwan. Journal of Cleaner Production, 207(10), 458–473. 2019.

CHEN-LUNG, Y.; SHU-PING, L.; YA-HUI, C.; CHWEN, S. Mediated Effect Of Environmental Management On Manufacturing Competitiveness: An Empirical Study. International Journal of Production Economics, v. 123, n. 1, p. 210-220, 2010.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design principles for industrie 4.0 scenarios: a literature review. In: ANNUAL HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES, 49., 2016, Estados Unidos. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2016. p. 3928–3937.

ITIKAWA, Mauricio; SANTIAGO, Sandro Breval. A Systematic Review on Industry 4.0 Maturity Metrics In the Manaus Free Trade Zone. International journal of advanced engineering research and science, v. 8, p. 1, 2021.

Indústria: Um pouco sobre o setor industrial da Zona Franca de Manaus. Disponível em: <<https://www.gov.br/suframa/pt-br/zfm/industria>> Acesso em: 20/08/2022.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0: final report of the industrie 4.0**. Frankfurt, Alemanha, 2013.

KOLBERG, D.; KNOBLOCH, J.; ZÜHLKE, D. Towards a lean automation interface for workstations. International Journal of Production Research, v. 55, n. 10, p. 2845-2856, 2017.

KRUGMAN, P.R. (1989). Industrial organization and international trade. In: SCHMALENSEE, R.; WILLIG, R. (Eds.). Handbook of industrial organization. New York: Elsevier.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Maria de Andrade. Fundamentos de metodologia científica. 5ed São Paulo: Atlas S.A, 2003.

Santos, BP, Alberto, A., Lima, TDFM, & Charrua-Santos, FMB (2018). INDÚSTRIA 4.0: DESAFIOS E OPORTUNIDADES. Revista Produção E Desenvolvimento , 4 (1), 111-124.

SCHUMACHER, A.; EROL, S.; SIHN, W. A maturity model for assessing industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. Procedia CIRP, v. 52, p. 161-166, 2016.

SONNTAG, Udo Hans. **Desenvolvimento de modelo de maturidade da indústria 4.0 fundamentado no lean manufacturing**. Universidade Federal do Paraná. Setor de Tecnologia. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Curitiba, 2022.

STEVAN JR, Sérgio Luiz; LEME, Murilo Oliveira; SANTOS, Max Mauro Dias. **Indústria 4.0: Fundamentos, perspectivas e aplicações**. 1º Ed, São Paulo: Érica, 2019.