



**Tiago Vinicius Scholze**

**PROCESSO DECISÓRIO NA INDÚSTRIA 4.0: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Horizontina - RS

2022

**Tiago Vinicius Scholze**

**PROCESSO DECISÓRIO NA INDÚSTRIA 4.0: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção na Faculdade Horizontina, sob a orientação Prof. Ivete Linn Ruppenthal.

Horizontina - RS

2022

FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA  
**CURSO DE ENGENHARIA DA PRODUÇÃO**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso**

**“PROCESSO DECISÓRIO NA INDÚSTRIA 4.0: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA”**

**Elaborada por:  
Tiago Vinicius Scholze**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia de Produção

Aprovado em: 30/11/2022  
Pela Comissão Examinadora

---

Mestre. Ivete Linn Ruppenthal  
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador

---

Mestre. Rodrigo Bastos  
FAHOR – Faculdade Horizontina

---

Mestre. Fabrício Desbessel  
FAHOR – Faculdade Horizontina

**Horizontina - RS  
2022**

## RESUMO

As empresas estão cada vez mais se modernizando para se tornarem mais competitivas. Portanto, adotar uma manufatura e processos digitais, principais características da Quarta Revolução Industrial, também chamada de Indústria 4.0, se torna imprescindível a médio e longo prazo. Há uma escassez de trabalhos relacionados à tomada de decisão na Indústria 4.0, e, portanto, uma grande necessidade de trabalhos que explorem este tema. Desta forma o objetivo geral deste estudo é realizar uma análise crítica a respeito da tomada de decisão baseada na Indústria 4.0, buscando informações existentes na literatura sobre a relação das tecnologias e ferramentas da Indústria 4.0 com o processo de decisão. Por fim, a partir dos artigos estudados foram buscadas informações a respeito das principais tecnologias da Indústria 4.0 e atuações no processo de tomada de decisão das empresas. Chegou-se em um compilado de informações relevantes a cerca de quais ferramentas utilizar para quem busca decisões mais assertivas, rápidas e com menos envolvimento humano. O resultado é que os colaboradores podem focar mais nas decisões estratégicas e menos no trabalho manual.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0. Processo Decisório. Tecnologia.

## **ABSTRACT**

Companies are increasingly modernizing to become more competitive. Therefore, adopting digital manufacturing and processes, main characteristics of the Fourth Industrial Revolution, also called Industry 4.0, becomes essential in the medium and long term. There is a scarcity of works related to decision making in Industry 4.0, and therefore, a great need for works that explore this topic. Thus, the general objective of this study is to carry out a critical analysis regarding decision-making based on Industry 4.0, seeking existing information in the literature on the relationship of Industry 4.0 technologies and tools with the decision process. Finally, from the articles studied, information was sought about the main technologies of Industry 4.0 and actions in the decision-making process of companies. A compilation of relevant information was reached about which tools to use for those looking for more assertive, faster decisions and with less human involvement. The result is that employees can focus more on strategic decisions and less on manual work.

**Keywords:** Industry 4.0. Decision-Making. Technology.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cinco fases do processo decisório.....	13
Figura 2 - As quatro revoluções industriais .....	15
Figura 3 - Nove pilares da indústria 4.0.....	17
Figura 4 - Fluxograma para condução do EMS.....	20
Figura 5 – Processo de definição dos estudos.....	22
Figura 6 – Estrutura Indústria 4.0 e suas principais tecnologias .....	27
Figura 7– Contribuições das tecnologias da Indústria 4.0 na tomada de decisão.....	28
Figura 8 - Estrutura conceitual para Sistemas Industriais de Inteligência Artificial....	31
Figura 9 – Mapa de tecnologias e protocolos que facilitam a conectividade .....	35

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quadro de Artigos .....	24
------------------------------------	----

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
1.1. TEMA .....	10
1.2. DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	10
1.3. PROBLEMA DE PESQUISA .....	10
1.4. OBJETIVOS .....	10
1.4.1. <b>Objetivo geral</b> .....	<b>10</b>
1.1.1. <b>Objetivos específicos</b> .....	<b>10</b>
1.5. JUSTIFICATIVA .....	11
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>12</b>
2.1. TOMADA DE DECISÃO .....	12
2.1.1. <b>Passos da tomada de decisão</b> .....	<b>12</b>
2.1.2. <b>Importância do processo de tomada de decisão nas organizações</b> .....	<b>14</b>
2.2. INDÚSTRIA 4.0 .....	14
2.2.1. <b>Revoluções Industriais</b> .....	<b>15</b>
2.2.2. <b>Pilares tecnológicos da Indústria 4.0</b> .....	<b>16</b>
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>20</b>
3.1. MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS .....	20
3.1.1. <b>Estudo de Mapeamento Sistemático (EMS)</b> .....	<b>20</b>
3.1.2. <b>Identificação de pesquisa</b> .....	<b>21</b>
3.1.3. <b>Seleção de estudos</b> .....	<b>21</b>
3.1.4. <b>Avaliação da qualidade do estudo</b> .....	<b>21</b>
3.1.5. <b>Extração de dados e monitoramento do progresso</b> .....	<b>22</b>
3.1.6. <b>Síntese de dados</b> .....	<b>22</b>
3.1.7. <b>Revisão Sistemática de Literatura (RSL)</b> .....	<b>22</b>
<b>4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>25</b>
4.1. <b>TOMADA DE DECISÃO TRADICIONAL NAS EMPRESAS</b> .....	<b>25</b>
4.2. <b>A TOMADA DE DECISÃO NA INDÚSTRIA 4.0</b> .....	<b>26</b>
4.3. <b>RELAÇÃO DE TÉCNICAS E FERRAMENTAS DA INDÚSTRIA 4.0</b> .....	<b>30</b>
4.3.1 <b>Internet Das Coisas</b> .....	<b>30</b>
4.3.2 <b>Inteligência Artificial</b> .....	<b>31</b>
4.3.3 <b>Nuvem</b> .....	<b>32</b>
4.3.4 <b>Big Data</b> .....	<b>33</b>
4.3.5 <b>Sistemas Ciberfísicos</b> .....	<b>34</b>
<b>5. CONSIDERAÇÃO FINAL</b> .....	<b>38</b>
<b>6. RÉFERENCIAIS</b> .....	<b>39</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As empresas estão cada vez mais se modernizando com o intuito de tornarem-se mais competitivas. Portanto, adotar uma manufatura e processos digitais, principais características da Quarta Revolução Industrial, também chamada de Indústria 4.0, se torna imprescindível a médio e longo prazo. O modo de fabricação é alterado devido às novas tecnologias que são aplicadas no chão de fábrica, o que acaba mudando de forma significativa o que era entendido por indústria. Segundo Barz *et al.* (2019) grandes passos foram dados na fabricação industrial totalmente automatizada, onde é possível integrar a cadeia de valor desde o desenvolvimento do produto até a logística e o envolvimento do cliente no desenvolvimento de novos produtos.

O processo decisório na Indústria 4.0 se torna totalmente diferente de como era feito antes, onde as decisões eram baseadas apenas em informações empíricas e conhecimentos operacionais. Enquanto que na Indústria 4.0, as análises são feitas através de soluções digitais, onde o grande volume de dados brutos é transformado em informações relevantes que embasam a tomada de decisão. De acordo com Marques *et al.* (2017) é possível analisar um conjunto de oportunidades e relacioná-las com alguns dos desenvolvimentos tecnológicos mais promissores, que são considerados os maiores contribuintes para tornar a Indústria 4.0 uma realidade.

Destacando a dificuldade das empresas de manufatura em estabelecer uma estratégia para a implantação de tecnologias da Indústria 4.0, Osterrieder *et al.* (2020) propuseram um modelo de "*smart factory*" estruturado em oito perspectivas temáticas distintas, uma das quais diz respeito ao processo decisório. Os autores também observaram que os desafios associados à tomada de decisão são comuns a muitas dessas perspectivas.

Diante do contexto, foi escolhido este tema devido ao crescimento da Indústria 4.0, bem como uma maior geração de dados que podem auxiliar na tomada de decisão das empresas, porém não tendo muitos trabalhos que explorem este segmento. Desta forma, ter conhecimento de grande parte das tecnologias existentes que são possíveis a partir da Indústria 4.0, bem como onde cada uma pode ser aplicada para melhorar a tomada de decisão, é algo extremamente útil para as empresas.

## 1.1. TEMA

O tema deste estudo consiste na análise crítica relacionada à tomada de decisão na Indústria 4.0.

## 1.2. DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho delimita-se na análise crítica relacionada à tomada de decisão na indústria 4.0, ou seja, da manufatura e processo digital, por meio de estudos consagrados realizados nesta área.

## 1.3. PROBLEMA DE PESQUISA

Há uma escassez de trabalhos relacionados à tomada de decisão na Indústria 4.0, e, portanto, uma grande necessidade de trabalhos que explorem este tema. Desta forma, para criação do problema de pesquisa, baseou-se na seguinte pergunta: Como será feita a tomada de decisão na Indústria 4.0?

## 1.4. OBJETIVOS

### 1.4.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste estudo é realizar uma análise crítica a respeito da tomada de decisão baseada na Indústria 4.0.

### 1.1.1. Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral deste estudo, elaborou-se os seguintes objetivos específicos:

- Conceituar Indústria 4.0;
- Realizar um levantamento de como ocorre atualmente a tomada de decisão nas indústrias;
- Buscar informações existentes na literatura sobre a tomada de decisão na indústria 4.0;
- Relacionar tecnologias e ferramentas da Indústria 4.0 com o processo de decisão.

## 1.5. JUSTIFICATIVA

Há uma escassez de trabalhos relacionados à tomada de decisão na Indústria 4.0 em português, e, portanto, gera uma necessidade de trabalhos que explorem este tema. Conforme Marques *et al.* (2017), algumas empresas ainda estão esperando vantagens mais claras para se juntar à Indústria 4.0, enquanto o número de outras empresas que estão se modernizando continua crescendo. Essa diferença de atitudes pode ser crítica para o sucesso, no médio a longo prazo, de empresas que não acompanharem essa tendência.

De acordo com Carvalho (2018), ao olhar para a indústria 4.0, deve-se contemplar uma nova gestão de empresas em que pessoas e tecnologias se complementam em suas ações e resultados gerado para pessoas. E neste cenário, os sistemas convencionais de produção acabam tornando-se obsoletos ao longo do tempo. Para ficar no topo é importante entender o que a revolução industrial envolve e compreender suas soluções em diferentes formas e formatos.

Um maior conhecimento sobre o processo decisório na Indústria 4.0 pode ajudar as empresas a entender melhor sua produção e cadeia de suprimentos, assim melhorando o planejamento e o seu controle produtivo. E dessa forma, auxiliar os tomadores de decisões das empresas a focar e direcionar as tecnologias a serem consideradas prioridade de acordo com a etapa do processo decisório que se deseja melhorar. Em vista disso, este trabalho poderá servir de base para empresas que desejam conhecer as tecnologias da Indústria 4.0 e como elas podem ser utilizadas nos processos de tomadas de decisão.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com Lakatos e Marconi (2003) o referencial teórico permite verificar o estado do problema a ser pesquisado, sob o aspecto teórico e de outros estudos e pesquisas já realizados.

### 2.1. TOMADA DE DECISÃO

Uma decisão é tomada, dentre uma ou mais alternativas ou possibilidades, para resolver problemas, bem como aproveitar oportunidades. Quando uma decisão é colocada em prática, uma outra situação é criada, podendo gerar outras decisões ou processos de resolver problemas (MAXIMIANO, 2012).

Separar o que é trivial do que é importante em função de sua complexidade – quanto às variáveis internas ou às externas ao problema, assim como quanto ao grau de consequências da decisão – e estabelecer um eixo de priorização do trivial ao crítico são providências que proporcionarão ao decisor alocar seu tempo e atenção na medida certa para sua decisão (YU, 2011, p. 3).

Como não há como tratar de todas as decisões com o mesmo grau de importância, despendendo tempo e recursos nas decisões mais críticas pode acabar representando entre o sucesso e fracasso de uma decisão, complementa Yu (2011).

A qualidade de uma decisão é fundamentalmente dependente da qualidade das informações disponíveis à pessoa que irá realizar a decisão, da sua capacidade de interpretá-la corretamente e combiná-la de forma adequada, incluindo a seleção de ferramentas analíticas, da natureza da situação que requer a decisão e circunstâncias em que ocasionará efeitos (SANCHES, 1997).

#### 2.1.1. Passos da tomada de decisão

Diferentes modelos e formas de tomar decisões, variando de acordo com a situação enfrentada, podem ser atribuídos ao processo decisório. De acordo com Uris (1989), o processo decisório possui seis etapas, são elas:

1 - Análise e identificação da situação, onde a situação e o ambiente onde o problema está inserido devem ser claramente identificados, por meio do levantamento de informações, para que se possa chegar a uma decisão segura e precisa;

2 - Desenvolvimento de alternativas, que a partir de experiências e de dados coletados, deve-se identificar as possíveis alternativas para a resolução do problema;

3 - Comparação entre alternativas, onde as vantagens e desvantagens das alternativas são levantadas, bem como o custo envolvido;

4 - Classificação dos riscos de cada alternativa, onde mensura-se o grau de incerteza, imprecisão e ambiguidade das alternativas;

5 - Escolha da melhor alternativa, que a partir do conhecimento das vantagens, desvantagens e riscos envolvidos em cada alternativa, o decisor deve ser capaz de identificar a alternativa que melhor solucione o problema;

6 - Execução e avaliação, onde a alternativa escolhida deve ser implementada e assim obter resultados que deverão ser comparados e avaliados com as previsões anteriores, com o objetivo de validar ou não o processo utilizado, evitando que os erros detectados não sejam repetidos em outras decisões.

Maximiano (2012) afirma que há cinco fases principais no processo de tomada de decisão, conforme Figura 1.

Figura 1 - Cinco fases do processo decisório



Fonte: Maximiano, 2012, p. 88

As cinco fases são:

1. Identificação do problema ou oportunidade;
2. Diagnóstico;
3. Geração de alternativas;
4. Escolha de uma alternativa;
5. Avaliação da decisão.

O processo de tomar decisões é uma atividade passível de erros, dessa forma ao estruturar o processo de tomada de decisões, acaba auxiliando os tomadores de decisões a eliminar as improvisações, assegurar a decisão lógica e assim aumentar o grau de assertividade das decisões (MAXIMIANO, 2012).

### **2.1.2. Importância do processo de tomada de decisão nas organizações**

A tomada de decisões é uma das atividades mais importantes que as pessoas realizam diariamente. Mesmo que essas atividades se limitem a não tomar uma decisão sobre um fato ou questão, essas atividades são importantes porque não tomar uma decisão é em si uma forma de decisão. Nas áreas do administrativo, operacional e resultados, a maior parte das decisões acabam sendo não-programadas, tendo um caráter estratégico, ou seja, explorando as condições favoráveis com o fim de alcançar objetivos específicos, visto que nessas áreas uma decisão equivocada tende a ocasionar grandes prejuízos ou consequências danosas à realização dos objetivos da empresa ou organização (SANCHES, 1997).

O futuro da organização é afetado diretamente pelo processo decisório, tornando a qualidade da decisão algo fundamental. Tendo isso considerado, Maximiano (1995) comenta que em uma tomada de decisão, a racionalidade do gestor é necessária. Entretanto deve estar em consenso com as informações provenientes do diagnóstico do problema, bem como da análise a avaliação das alternativas, com o intuito de evitar complicações maiores às que deram origem ao processo decisório.

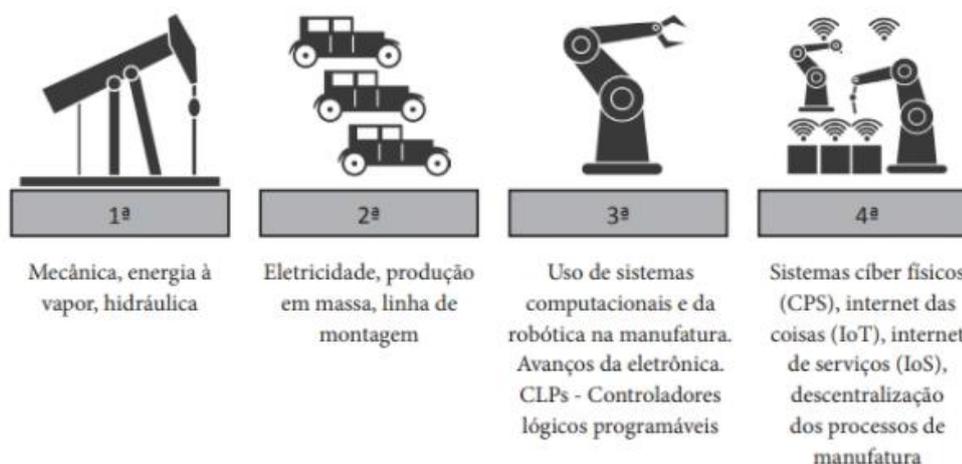
Conforme Bispo e Cazarini (1998), devemos aprender muito bem como trabalhar com a imensa quantidade de informações disponíveis atualmente, que nos traz grandes benefícios e responsabilidades. É de extrema importância ter o conhecimento sobre como obter acesso rápido e fácil, fazer sua integração e monitoração, e mesmo assim se preocupar com a segurança e privacidade. O processo decisório está intimamente ligado com o tempo e com a capacidade humana e computacional de processar as informações em um tempo hábil.

## **2.2. INDÚSTRIA 4.0**

Conforme Almeida (2019), a Quarta Revolução Industrial, também conhecida como Indústria 4.0, iniciou-se na Alemanha em meados de 2012 como um programa institucional envolvendo empresas, universidades e governo para atualização

tecnológica com o objetivo de aumentar a competitividade da indústria alemã e modernizar a já desenvolvida indústria local. Consequentemente, o perfil da força de trabalho deve mudar radicalmente, tornando os profissionais da Indústria 4.0 cada vez mais versáteis e com conhecimento interdisciplinar.

Figura 2 - As quatro revoluções industriais



Fonte: Sacomano, Gonçalves e Bonilla, 2018, p. 29

A seguir são apresentadas as revoluções industriais e seus impactos até chegar na Quarta Revolução Industrial.

### 2.2.1. Revoluções Industriais

No início da vida em sociedade, os artesãos fabricavam produtos manualmente para serem comercializados e utilizados no dia a dia. Estas pessoas possuíam muito conhecimento técnico e prático, porém não tinham noção de produção e venda em larga escala. Tendo isso em vista, empresários com visão de produção construíram galpões e passaram a contratar estes artesãos em troca de remuneração mensal. Entretanto, estes trabalhadores eram forçados a produzir por longos turnos, chegando a 16 horas diárias, e sem nenhum direito trabalhista (ALMEIRA, 2019).

De acordo com Lima e Oliveira Neto (2017), o modo de produção fabril foi originado por uma sequência de invenções no século XVIII, onde uma série de melhorias no processo produtivo contribuíram para o início da Revolução Industrial. Esta Revolução transformou a Inglaterra e o continente europeu em relação a sua capacidade produtiva, com consequência profundas nas relações sociais, indo além do aparecimento de novas máquinas e fábricas, aumento de produtividade e de nível de renda. Para Trew (2014) a Primeira Revolução Industrial foi baseada nos motores

a vapores, com a inserção de processos que até então eram feitos de forma artesanal, levando as pessoas que procuravam melhores condições de vida a praticarem o êxodo rural.

Almeira (2019) cita que a Primeira Revolução Industrial durou 201 anos, de 1712 a 1913, cedendo lugar para a então Segunda Revolução Industrial, que veio a ocorrer a partir da linha de produção em massa originada por Henry Ford. Foi criado o conceito da produção em escala e empurrada, reduzindo os custos e popularizando os produtos para que os trabalhadores pudessem adquiri-los, criando assim um ciclo virtuoso na indústria e na economia. Como não houve uma interrupção e reinício da Revolução Industrial, a Segunda Revolução Industrial é uma fase do processo de industrialização, impulsionada pela ótica capitalista, tendo um aumento da concorrência nos diversos mercados, com um grande estímulo na fabricação e produção de bens nas indústrias e expansão das ferrovias e navios a vapor (CUOGO, 2012).

A segunda revolução industrial durou de 1913 a 1969, desta vez cedendo o lugar para a Terceira Revolução Industrial, também conhecida como a era da automação, trazendo consigo a implantação de computadores nos chãos de fábrica, controles eletrônicos, sensores e dispositivos capazes de gerenciar uma grande quantidade de variáveis de produção. Desta forma, o impacto disso foi a melhora da qualidade dos produtos, um aumento da produção e a elevação da segurança de produção (ALMEIRA, 2019). Para que a transição para a Indústria 4.0 seja tranquila, é necessário que uma indústria tenha um nível tecnológico bem desenvolvido dentro dos parâmetros da terceira revolução industrial (VENÂNCIO; BREZINSKI, 2017).

### **2.2.2. Pilares tecnológicos da Indústria 4.0**

A indústria 4.0 é uma transformação impulsionada por nove tecnologias fundamentais, conforme Figura 3. Nessa transformação, sensores, máquinas, peças e sistemas de TI estarão conectados ao longo da cadeia de valor além de uma única empresa. Esses sistemas conectados (também chamados de sistemas ciberfísicos) podem interagir uns com os outros usando protocolos padrão baseados na Internet e analisar dados para prever falhas, configurar-se e adaptar-se às mudanças. (RÜßMANN *et al.*, 2015).

Figura 3 - Nove pilares da indústria 4.0



Fonte: Boston Consulting Group, 2015.

Atualmente, com o rápido desenvolvimento da Internet, uma quantidade tão grande de informações é produzida e coletada diariamente que seu processamento e análise estão além das capacidades das ferramentas tradicionais. No entanto, existe uma tecnologia pela qual podemos realizar análises que é a *Big Data*, um dos nove pilares tecnológicos da Indústria 4.0. *Big Data* nos permite de forma rápida e eficiente gerenciar e usar esse banco de dados graças à coleta de informações de muitas fontes diferentes. Essa tecnologia permite a análise e separação do importante do menos importante – ajudando a desenhar conclusões e apoiar a transferência efetiva de conhecimento para realizar os objetivos de negócios (WITKOWSKI, 2017).

Os fabricantes de muitas indústrias há muito tempo usam robôs para lidar com tarefas complexas, mas os robôs estão evoluindo para uma utilidade ainda maior. Eles estão se tornando mais autônomos, flexíveis e cooperativos, dessa forma um dos pilares é o de *Autonomous Robots* (Robôs Autônomos). Eventualmente, estes robôs irão interagir uns com os outros e trabalhar com segurança lado a lado com os humanos e aprender com eles. Esses robôs custarão menos e terão uma gama maior de recursos do que os usados na manufatura hoje (RÜßMANN *et al.*, 2015).

O pilar de *Simulation* (Simulação) consiste em um ambiente virtual onde serão testadas possíveis etapas tomadas pelo administrador ou pelo sistema automatizado

considerando o parâmetro de ambiente igual ao da planta para verificar se as etapas são estáveis e seguras para execução (KRISHNAMURTI; KUMAR, 2020).

A maioria dos sistemas de TI atuais não está totalmente integrada. Empresas, fornecedores e clientes raramente estão intimamente ligados, nem mesmo departamentos como engenharia, produção e serviço. As funções da empresa ao nível de chão de fábrica não estão totalmente integradas. Mesmo a própria engenharia, de produtos a plantas e automação, carece de integração completa. Dessa forma, o pilar de *Horizontal and Vertical System Integration* (Integração de sistemas horizontais e verticais) possibilita que as empresas, departamentos, funções e capacidades se tornem muito mais coesos, à medida que as redes de integração de dados universais e entre empresas evoluem e permitem cadeias de valor verdadeiramente automatizadas (RÜßMANN *et al.*, 2015).

A melhor definição para *Internet of Things* (Internet das Coisas), outro pilar da Indústria 4.0, seria: uma rede aberta e abrangente de objetos inteligentes que têm a capacidade de se auto-organizar, compartilhar informações, dados e recursos, reagindo e agindo diante de situações e mudanças no ambiente. (MADAKAM; RAMASWAMY; TRIPATHI, 2015).

Muitas empresas ainda contam com sistemas de gestão e produção desconectados ou fechados. Com o aumento da conectividade e o uso de protocolos de comunicação padrão que acompanham a Indústria 4.0, a necessidade de proteger sistemas industriais críticos e linhas de fabricação contra ameaças de segurança cibernética aumenta drasticamente. Como resultado, comunicações seguras e confiáveis, bem como gerenciamento sofisticado de identidade e acesso de máquinas e usuários, são essenciais (RÜßMANN *et al.*, 2015). Sendo assim a *Cybersecurity* (Cibersegurança) um dos pilares da Indústria 4.0.

Outro pilar é o de “*cloud computing*”, ou computação em nuvem, que foi nomeado após o fato de as informações que são recuperadas geralmente serem encontradas remotamente na nuvem ou em um espaço virtual. Com a nuvem, os dados, o trabalho e os aplicativos são acessíveis a partir de qualquer dispositivo que possa ser conectado à Internet, independentemente da localização geográfica (MAHAPATRA, 2020).

As empresas já estão utilizando a manufatura aditiva, como a impressão 3D, que usam principalmente para prototipar e produzir componentes individuais. Com a Indústria 4.0, e o pilar de *Additive Manufacturing*, ou Manufatura Aditiva, esses

métodos de fabricação aditiva serão amplamente utilizados para produzir pequenos lotes de produtos personalizados que oferecem vantagens de construção, como projetos complexos e leves. Os sistemas de manufatura aditiva descentralizados e de alto desempenho reduzirão as distâncias de transporte e o estoque disponível (RÜßMANN *et al.*, 2015).

Por fim, o último pilar é o de *Augmented Reality*, ou Realidade aumentada, a qual permite aos clientes a chance de experimentar um mundo aumentado, adicionando as informações virtuais à realidade. Desta maneira o cliente pode estar em contato com o mundo real e virtual e obter dados ou estimativas de progresso em tempo real (LAVINGIA; TANWAR, 2020).

### 3. METODOLOGIA

A metodologia é percebida como uma disciplina baseada em estudar, entender e avaliar os métodos que estão disponíveis para a execução de uma pesquisa acadêmica. Portanto, com a finalidade de legitimar sua eficácia e aplicação em diversas áreas da sociedade, a metodologia é a aplicação de procedimentos e técnicas que devem ser consideradas para construção do conhecimento (PRODANOV; FREITAS, 2013).

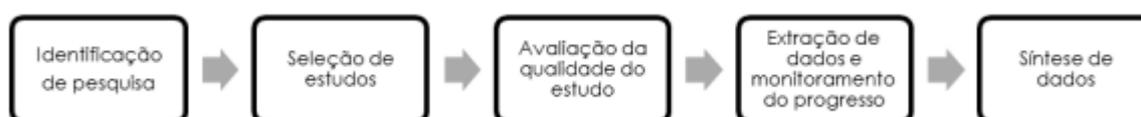
#### 3.1. MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS

O método de abordagem que foi utilizado nesta pesquisa é a qualitativa, a qual tem o ambiente como fonte direta de dados, dessa forma o assunto é estudado no ambiente em que é apresentado, sem nenhuma manipulação do pesquisador (PRODANOV; FREITAS, 2013). Antes da abordagem qualitativa, realizou-se um mapeamento, a partir do Estudo de Mapeamento Sistemático (EMS) a fim de selecionar os melhores resultados para a realização da pesquisa e revisão.

##### 3.1.1. Estudo de Mapeamento Sistemático (EMS)

Foi utilizada a abordagem *Systematic Mapping Study* (SMS), ou Estudo de Mapeamento Sistemático (EMS), que segundo Petersen *et al.* (2008) tem como principal objetivo fornecer uma visão geral de uma área de pesquisa, e identificar a quantidade e tipo de pesquisa e resultados disponíveis nela, bem como sendo o primeiro passo para uma revisão sistemática para assim investigar a área específica em questão. O EMS foi realizado de acordo com o modelo proposto por Dalpino, Kowaltowski e Granja (2019), conforme Figura 4:

Figura 4 - Fluxograma para condução do EMS



Fonte: Dalpino, Kowaltowski e Granja (2019)

### 3.1.2. Identificação de pesquisa

De acordo com Kitchenham e Charters (2007), a atividade mais importante de uma revisão sistemática é a de definição do tema de pesquisa e definir as etapas a serem seguidas.

Tendo isso em vista, o tema da pesquisa que direcionou este EMS é “Como será feita a tomada de decisão na Indústria 4.0?”, as palavras-chave selecionadas para direcionar os resultados da busca para estudos relevantes que abordem o tema geral da pesquisa, foram utilizando os termos em inglês “*Industry 4.0*” e “*Decision-Making*”, visto a probabilidade de a maior parte dos estudos relacionados ao tema estarem nesta língua.

### 3.1.3. Seleção de estudos

A estratégia que foi usada para pesquisar os estudos primários inclui termos de pesquisa e recursos pesquisados, através de bibliotecas digitais, periódicos específicos, e arquivos da conferência (KITCHENHAM; CARTERS, 2007), os quais podem ser buscados através de *strings* em bases de dados.

Considerando isso, foi escolhida a base de dados disponibilizada no Portal de Periódicos Capes®, utilizando as *strings* de busca, que segundo Dalpino, Kowaltowski e Granja (2019), consideram resultados de palavras localizados no resumo, no título ou em outras partes, além da opção de utilização de filtros, como o de restrição de datas.

### 3.1.4. Avaliação da qualidade do estudo

Foram utilizadas as *strings* de pesquisa populadas pelas palavras-chave “*Industry 4.0*”, “*Decision-Making*” juntamente com a utilização do operador booleano “AND” (KITCHENHAM; CARTERS, 2007), ou “E” para construir uma pesquisa mais sofisticada e buscar os resultados que englobam os dois assuntos.

Como restrição dos dados de saída foram selecionados apenas os artigos que continham a palavra-chave “*Industry 4.0*” no Título, bem como “*Decision-Making*” no Assunto dos artigos, e apenas artigos de acesso aberto.

### 3.1.5. Extração de dados e monitoramento do progresso

A extração de dados deve ser elaborada para coletar todas as informações necessárias para abordar o tema da pesquisa e os critérios de qualidade do estudo (KITCHENHAM; CARTERS, 2007). A partir da utilização da linguagem de programação Python, foi construído um “*Web Scraping*”, que conforme Glez-Peña *et al.* (2013) pode ser definido como o processo de extrair e combinar conteúdos de interesse da Web de maneira sistemática, utilizando um robô que imita a interação de navegação para encontrar e extrair os dados de interesse. Desta forma, todas as informações importantes dos artigos, como o ano, autor, resumo e título foram salvos em um arquivo de Excel.

### 3.1.6. Síntese de dados

Após extraídos da base de dados, e exportadas para o Excel, os dados foram organizados e analisados, considerando os títulos e resumos dos artigos selecionados, excluindo aqueles que não se relacionavam e/ou não tinham relevância com o tema do estudo, conforme Figura 5.

Figura 5 – Processo de definição dos estudos



Fonte: O autor (2022)

### 3.1.7. Revisão Sistemática de Literatura (RSL)

Após a realização do EMS, e com os artigos e estudos selecionados, foi feita a pesquisa qualitativa, onde os dados coletados são descritivos, representando o maior número possível de constituintes presentes na realidade estudada. Essa pesquisa se

preocupa muito mais com o processo do que com o produto em si, não tendo uma preocupação em comprovar hipóteses previamente estabelecidas.

Desta forma, a pesquisa qualitativa refere-se a uma modalidade de pesquisa fundamentalmente interpretativa, em que os pesquisadores estudam um assunto no seu ambiente e contexto natural, com o intuito de interpretar os eventos a respeito do significado que as pessoas os atribuem e descobrir conceitos e relações entre as informações e organizá-las de forma explicativa (DENZIN; LINCOLN, 2018).

Foi utilizada a abordagem de Revisão Sistemática de Literatura (RSL), que segundo Kitchenham (2004) é utilizada para identificar, avaliar e interpretar todas as pesquisas disponíveis que sejam pertinentes para uma questão ou área de pesquisa específica. Também é comentado por Petersen *et al.* (2008) que a RSL utiliza-se de relatórios existentes, que podem ser gerados a partir do EMS, revisa-os e descreve sua metodologia e resultado. No Quadro 1 foram listados os 21 artigos escolhidos para a realização do estudo.

Quadro 1 – Quadro de Artigos

#	Título	Autores	Data
1	The Role and Impact of Industry 4.0 and the Internet of Things on the Business Strategy of the Value Chain—The Case of Hungary	Nagy, Judit ; Oláh, Judit ; Erdei, Edina ; Máté, Domicián ; Popp, József	2018
2	Analysis of the Difficulties of SMEs in Industry 4.0 Applications by Analytical Hierarchy Process and Analytical Network Process	Sevinç, Ali ; Gür, Seyda ; Eren, Tamer	2018
3	Industrial Artificial Intelligence in Industry 4.0 - Systematic Review, Challenges and Outlook	Peres, Ricardo Silva ; Jia, Xiaodong ; Lee, Jay ; Sun, Keyi ; Colombo, Armando Walter ; Barata, Jose	2020
4	Concept of Socio-Cyber-Physical Work Systems for Industry 4.0	Hozdic, Elvis ; Butala, Peter	2020
5	Decision-making trends in quality management: a literature review about Industry 4.0	Goecks, Lucas Schmidt ; Santos, Alex Almeida dos ; Korzenowski, André Luis	2020
6	Connectivity as a Design Feature for Industry 4.0 Production Equipment: Application for the Development of an In-Line Metrology System	Castro-Martin, Ana Pamela ; Ahuett-Garza, Horacio ; Guamán-Lozada, Darío ; Márquez-Alderete, Maria F. ; Urbina Coronado, Pedro D. ; Orta Castañon, Pedro A. ; Kurfess, Thomas R. ; González de Castilla, Emilio	2021
7	Business Intelligence: Business Evolution after Industry 4.0	Tavera Romero, Carlos Andrés ; Ortiz, Jesús Hamilton ; Khalaf, Osamah Ibrahim ; Ríos Prado, Andrea	2021
8	Industry 4.0 and Smart Production	Gerekli, Isa ; Ziyad Çelik, Tarik ; Bozkurt, Ibrahim	2021
9	A Review of Data-Driven Decision-Making Methods for Industry 4.0 Maintenance Applications	Bousdekis, Alexandros ; Lepenioti, Katerina ; Apostolou, Dimitris ; Mentzas, Gregoris	2021
10	Industry 4.0 and Smart Data as Enablers of the Circular Economy in Manufacturing: Product Re-Engineering with Circular Eco-Design	Vacchi, Marco ; Siligardi, Cristina ; Cedillo-González, Erika Iveth ; Ferrari, Anna Maria ; Settembre-Blundo, Davide	2021
11	Evaluating Industry 4.0 Technology Application in SMEs: Using a Hybrid MCDM Approach	Chang, Shih-Chia ; Chang, Hsu-Hwa ; Lu, Ming-Tsang	2021
12	Advancing Logistics 4.0 with the Implementation of a Big Data Warehouse: A Demonstration Case for the Automotive Industry	Silva, Nuno ; Barros, Júlio ; Santos, Maribel Y. ; Costa, Carlos ; Cortez, Paulo ; Carvalho, M. Sameiro ; Gonçalves, João N. C.	2021
13	Enhancing the Decision-Making Process through Industry 4.0 Technologies	Rosin, Frédéric ; Forget, Pascal ; Lamouri, Samir ; Pellerin, Robert	2022
14	Related Theories and Practical Applications of Soft Computing in the Manufacturing Process of Industry 4.0 2021	Chang, Kuei-Hu ; Chiu, Anthony Shun Fung ; Tan, Kim-Hua	2022
15	Implementation of Industry 4.0 Principles and Tools: Simulation and Case Study in a Manufacturing SME	Abdulnour, Samir ; Baril, Chantal ; Abdulnour, Georges ; Gamache, Sébastien	2022
16	Digital Twins and Industry 4.0 Technologies for Agricultural Greenhouses	Naftali Slob ; William Hurst	2022
17	Development of a Data-Driven Decision-Making System Using Lean and Smart Manufacturing Concept in Industry 4.0: A Case Study	Tripathi, Varun ; Chattopadhyaya, Somnath ; Mukhopadhyay, A. K. ; Saraswat, Suvandan ; Sharma, Shubham ; Li, Changhe ; Rajkumar, S.	2022
18	Big Data and AI for Process Innovation in the Industry 4.0 Era	Park, Jaehun ; Bae, Hyerim	2022
19	Comprehensive Decision Analysis of Industry 4.0 Virtual Enterprises considering the Personalized Customization Model of Product Life Cycle	Ma, Dongjun	2022
20	Development of a Sustainable Industry 4.0 Approach for Increasing the Performance of SMEs	Dossou, Paul-Eric ; Laouénan, Gaspard ; Didier, Jean-Yves	2022
21	Exploring Key Decisive Factors in Manufacturing Strategies in the Adoption of Industry 4.0 by Using the Fuzzy DEMATEL Method	Abdullah, Fawaz M. ; Al-Ahmari, Abdulrahman M. ; Anwar, Saqib	2022

Fonte: O Autor (2022)

Foram escolhidos, portanto, 21 artigos, todos na língua inglesa, que atenderam à metodologia de pesquisa utilizada, onde todos tinham a Indústria 4.0 como ponto principal, bem como o processo decisório como um assunto secundário, a fim de atender os objetivos deste estudo.

## 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo estão apresentados os resultados obtidos através da leitura dos artigos selecionados, onde os autores forneceram informações que são relevantes ao tema de pesquisa. O capítulo foi dividido em três seções, onde a primeira fala de como é feita a tomada de decisão tradicional nas empresas nos dias atuais, a segunda aborda como é a tomada de decisão com a Indústria 4.0, e a terceira comenta sobre as ferramentas e técnicas utilizadas para realizar a tomada de decisão nesta nova era industrial.

### 4.1. TOMADA DE DECISÃO TRADICIONAL NAS EMPRESAS

Nesta subseção foi abordada brevemente a forma tradicional que as decisões são tomadas, ou seja, antes da Indústria 4.0.

Decisões são tomadas desde os primórdios antes da tecnologia, e eram baseadas sempre em experiências vividas visto que não tinham o suporte das técnicas e ferramentas modernas que têm-se atualmente. Tendo isso considerado, Yu (2011) comenta que as pessoas não têm a capacidade de buscar informações sem desenvolver alternativas ao mesmo tempo. Eles não podem impedir uma avaliação imediata dessas alternativas, então são forçados a tomar uma decisão. Este é um conjunto de operações cuja sucessão ao longo do tempo constitui o processo geral de tomada de decisão.

Bateman e Snell (1998) citam os fatores predominantes que dificultam na tomada de decisão tradicional, como a incerteza, falta de estrutura e conflitos. Ressaltam, também, que é de extrema importância entender porque tomadas de decisão podem ser tão difíceis. As decisões tradicionalmente são mais centralizadas na gerência e totalmente dependentes de fatores humanos, o que pode causar uma menor agilidade no processo. Portanto, Mañas (2002) comenta que o ato de decidir pode ser um trabalho instigante, desde que haja uma equipe participativa e disposta a auxiliar nas tomadas de decisão, pelo menos em forma de sugestões.

Dessa forma, com o intuito de gerar mais lucro e aumentar a produtividade, bem como fazer decisões mais assertivas, novas tecnologias podem ser utilizadas na tomada de decisão nas empresas, as quais são apresentadas na próxima subseção.

## 4.2. A TOMADA DE DECISÃO NA INDÚSTRIA 4.0

A partir dos 21 artigos selecionados, foi feito um estudo buscando informações relevantes acerca de como é feita a tomada de decisão na Indústria 4.0, bem como quais tecnologias podem impactá-la.

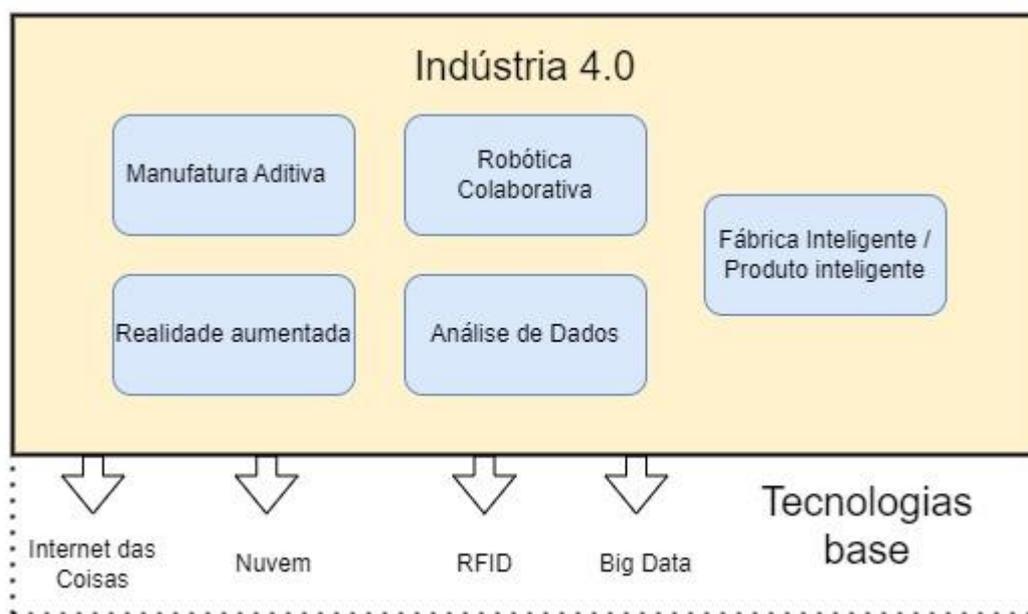
Park e Bae (2022) no Artigo 18 comentam que a Indústria 4.0 revolucionou a inovação de processos e facilitou e encorajou muitas novas possibilidades. O objetivo da Indústria 4.0 é o aumento radical da produtividade, cujo objetivo depende, em última análise, dos processos da empresa. No que diz respeito aos problemas inerentes à inovação de processos, “*Big Data*” e Inteligência Artificial têm sido considerados soluções-chave.

Gerekli, Ziyad e Bozkurt (2021) no Artigo 8 falam que a quarta revolução industrial torna a linha entre o humano e a tecnologia menos visível, aumentando a interação dos mundos físico e digital. Tecnologias como sistemas físicos cibernéticos, internet das coisas, inteligência artificial, tecnologias da Indústria 4.0 proporcionam vantagem para as organizações entenderem as necessidades no futuro.

Abdullah, Al-Ahmari e Anwar (2022) no Artigo 21 destacam que os fabricantes estão cada vez mais procurando uma tomada de decisão eficaz à medida que a fabricação se torna mais complexa. Uma solução eficaz deve ser baseada na compreensão da relação causal do problema, inferindo a abordagem mais eficaz e garantindo um plano de ação eficaz. Complementa que as principais decisões em uma estratégia de manufatura são conhecidas como capacidades competitivas de uma empresa; uma vez que desempenham um papel crucial em ajudar toda a organização a obter vantagem sobre seus concorrentes.

Já Romero *et al.* (2021) no Artigo 7 comentam que tecnologias como “*Big Data*”, BI e a Internet das Coisas são verdadeiros pilares de desenvolvimento para as empresas porque apoiam as empresas em termos de tomada de decisão, previsão e economia corporativa. Se essas tecnologias, por sua vez, forem apoiadas por uma liderança e treinamento eficazes, o desenvolvimento será ainda maior. A implementação dessas tecnologias promove o sucesso da empresa quando aliada ao uso adequado de seu ativo principal, que é a informação. Na sequência a Figura 6 apresenta as principais tecnologias da Indústria 4.0.

Figura 6 – Estrutura Indústria 4.0 e suas principais tecnologias



Fonte: Adaptado de Romero et al. (2021)

A Figura 6 identifica que a partir das tecnologias base como Internet das Coisas, Nuvem, RFID (Identificação por Radiofrequência) e “*Big Data*”, muitas outras ferramentas e técnicas da Indústria 4.0 podem ser utilizadas, como a Robótica Colaborativa, Análise de Dados, Realidade aumentada, Manufatura Aditiva e Fábrica/Produto inteligente.

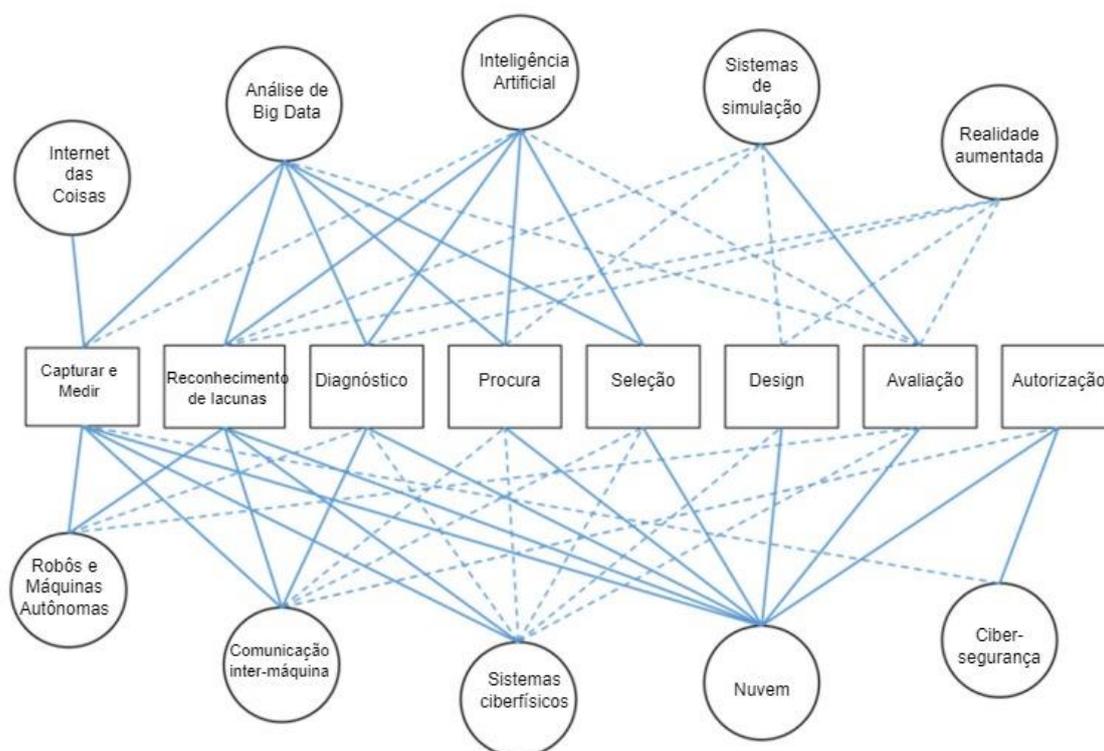
Park e Bae (2022) no Artigo 18 salientam que esforços continuam a ser feitos no desenvolvimento de novos algoritmos, sistemas e tecnologias que podem permitir processos autônomos de tomada de decisão e avaliações em tempo real. Constando que ao olhar para os estudos relacionados a Internet das Coisas, e “*Big Data*”, ainda são relativamente poucos os casos de aplicação bem-sucedida dessas tecnologias nos diversos campos da Indústria 4.0.

Rosin *et al.* (2022) no Artigo 13 explicam que a pesquisa sobre o processo de tomada de decisão é principalmente focada ou inspirada na tomada de decisão humana. Por outro lado, a literatura associada à Indústria 4.0 oferece inúmeros artigos descrevendo exemplos ou propostas para aprimorar o processo de tomada de decisão por uma determinada tecnologia ou grupos de tecnologias. Estas limitam-se, no entanto, ao aprimoramento de apenas etapas parciais do processo de tomada de decisão. Referem-se a processos decisórios específicos e não generalizáveis, e/ou não consideram a possível contribuição de todos os grupos de tecnologia para o fortalecimento das diferentes etapas ou partes do processo decisório.

Ma (2022) no Artigo 19 fala que a tomada de decisão é para atingir um determinado objetivo. Os tomadores de decisão usam métodos e meios científicos para selecionar um plano mais satisfatório dentre os muitos planos de tomada de decisão que eles projetaram. “Gestão é tomada de decisão”, o que significa que as atividades diárias de gestão das empresas estão realmente no processo de tomada de decisões. As empresas inovadoras precisam analisar e medir as oportunidades potenciais de inovação para avaliar se vale a pena aproveitar as oportunidades potenciais. A construção e operação normal de fábricas inteligentes deve aumentar a utilização de dados, usar métodos ou ferramentas de “*big data*” para alcançar a criação de valor e aumentar a competitividade corporativa.

Rosin *et al.* (2022) no Artigo 13 impõem que a análise de “*big data*” e a inteligência artificial são as tecnologias que provavelmente evoluirão significativamente ou aprimorarão o maior número de etapas do processo de tomada de decisão. A Figura 7 exibe as contribuições das tecnologias da Indústria 4.0 nos processos de tomada de decisão.

Figura 7– Contribuições das tecnologias da Indústria 4.0 na tomada de decisão



Fonte: Adaptado de Rosin et al. (2022)

Conforme Rosin *et al.* (2022), a Figura 7 resume as contribuições das tecnologias da Indústria 4.0 para o aprimoramento do processo de decisão que estão em consenso (linha sólida) e as contribuições que ainda estão em debate (linhas tracejadas). As linhas tracejadas precisam ser mais estudadas e esclarecidas no futuro à medida que o nível de integração dos princípios da Indústria 4.0 aumenta dentro das empresas e à medida que os recursos oferecidos pelas tecnologias da Indústria 4.0 evoluem ou se tornam mais precisos.

Os mesmos autores também comentam que um grupo de tecnologia sozinho raramente pode contribuir para aprimorar uma etapa de decisão. Por outro lado, um determinado grupo de tecnologias pode ser útil para aprimorar uma ou mais etapas do processo decisório para um determinado tipo de decisão, mas ser inadequado em outro caso. A complexidade do problema, a natureza dos dados necessários para identificar e analisar a situação, o número de soluções conhecidas e suas caracterizações, a avaliação da implementação de uma solução e o circuito de tomada de decisão que conduz à implementação da solução escolhida podem ser muito diferentes de um tipo de decisão para outro e de uma empresa para outra.

Nagy *et al.* (2018) no Artigo 1 falam que a informação gerada como resultado da análise de dados deve ser utilizada na tomada de decisão, sendo uma grande tarefa decidir quais dados devem ser analisados que serão úteis em uma certa situação, e isso impacta não só decisões feitas por humanos como também por robôs autônomos.

Rosin *et al.* (2022) no Artigo 13 também salientam que é necessário distinguir as etapas do processo de tomada de decisão que permanecerão confiadas às pessoas daquelas em que se espera que as tecnologias da Indústria 4.0 ajudem as pessoas a alcançá-las melhor ou a automatizá-las totalmente. Essa escolha deve considerar o risco de rejeição dessas tecnologias pelos colaboradores, o grau de maturidade e qualidade de cada tecnologia da Indústria 4.0, que pode ser mais ou menos avançada, e o nível de domínio e integração dessas tecnologias dentro de cada empresa. Alguns especialistas afirmaram que o uso de tecnologias da Indústria 4.0 para aprimorar a tomada de decisões pode levar a uma forte dependência de operadores e gerentes dessas tecnologias. Isso pode levar a uma redução da margem de decisão deixada às equipes operacionais e à incapacidade dos gestores de tomar boas decisões diante do desconhecido, ou quando confrontados com problemas imprevistos, não medidos ou difíceis de identificar por essas tecnologias. A

automatização de determinadas tarefas e decisões repetíveis e menos complexas aliviará as equipes operacionais às quais será então possível confiar decisões mais complexas, induzindo a um maior nível de responsabilidade e autonomia.

### 4.3. RELAÇÃO DE TÉCNICAS E FERRAMENTAS DA INDÚSTRIA 4.0

Nessa seção apresenta-se as tecnologias que são utilizadas na Indústria 4.0 para a tomada de decisão, foram dispostas as principais técnicas e ferramentas encontradas nos artigos estudados, que são a Internet das Coisas, Inteligência Artificial, Nuvem, “*Big Data*” e Sistemas Ciberfísicos. Todos eles são abordados na sequência.

#### 4.3.1 Internet Das Coisas

Segundo Park e Bae (2022) no Artigo 18, a Internet das Coisas representa um sistema ou rede de objetos físicos ou “coisas” que podem ser usados para entregar e trocar informações e dados com outros sistemas pela internet. O termo foi introduzido pela primeira vez por Kevin Ashton em 1991 em uma tentativa de criar um sistema pelo qual o mundo físico e a Internet são interconectados por meio de sensores, instrumentos e outros dispositivos onipresentes. O rápido desenvolvimento e progresso da Internet das Coisas permitiu que empresas e indústrias utilizassem dispositivos de comunicação, como sensores, aplicativos de rede inteligente, atuadores e dispositivos móveis.

De acordo com o estudo do Artigo 1, Nagy *et al.* (2018) mencionam que as empresas de logística que aplicavam ferramentas de Internet das Coisas são mais eficientes e têm um melhor desempenho. Ao utilizar sistemas ciberfísicos, as empresas parecem ter um maior nível de serviço logístico, processos mais eficientes com seus parceiros, uma melhor cooperação entre certas funções logísticas e uma melhor performance e competitividade no mercado.

A partir do Artigo 13, Rosin *et al.* (2022) comentam que a Internet das Coisas aparece como a tecnologia preferida para “capturar” os dados em tempo real que voltam do campo, mesmo que possam ser auxiliados por sistemas ciberfísicos, comunicação entre máquinas e dados de robôs/máquinas autônomos.

Nagy *et al.* (2018) no Artigo 1 complementam que a primeira fase que uma empresa passa para realmente explorar o potencial da Indústria 4.0 é a coleta de dados a partir da instalação de ferramentas ou softwares que capturam as observações desejadas, podendo ter ótimos ganhos de performance só de começar a observar o processo a partir de câmeras e sensores.

### 4.3.2 Inteligência Artificial

A inteligência artificial é uma tecnologia que está sendo cada vez mais estudada e explorada, segundo Peres *et al.* (2020) no Artigo 3, atualmente os operadores humanos e engenheiros na maioria das vezes desempenham um papel central na maioria das aplicações de Inteligência Artificial industrial encontrados em ambientes de fabricação. Embora o nível de adoção para esse envolvimento humano seja bastante alto, ainda se está longe de uma relação totalmente simbiótica entre o humano e a Inteligência Artificial, com o primeiro assumindo total responsabilidade pela ação, e o último atuando apenas como um sistema de suporte à decisão com autonomia limitada dentro de limites claramente definidos. A Figura 8 a seguir apresenta uma estrutura dos sistemas industriais de Inteligência Artificial.

Figura 8 - Estrutura conceitual para Sistemas Industriais de Inteligência Artificial

Estrutura conceitual para Sistemas Industriais de Inteligência Artificial						
<b>Tecnologias de apoio</b>	Tecnologia de dados	Tecnologias de Análise	Tecnologia de plataforma	Tecnologia de Operações	Tecnologia Homem-Máquina	
<b>Desafios</b>	Reprodutibilidade	Disponibilidade	Qualidade dos dados	Governança	Cibersegurança	Privacidade
<b>Atributos e Capacidades</b>	Autoconsciente	Auto-otimização	Auto-previsão	Confiável	Resiliente	Colaborativo
<b>Princípios de Design</b>	Tempo real	Robustez	Descentralização	Modularidade	Escalabilidade	Interpretabilidade
	Humano no Loop	Interoperabilidade	Orientação de serviço	Conscientização do contexto	Engenharia Contínua	Cibersegurança
<b>Áreas de Aplicação</b>	Processo otimizado	Manutenção preditiva	Controle de qualidade	Robótica Colaborativa	Ergonomia	Treinamento da Força de Trabalho

Fonte: Adaptado de Peres et al apud Lee (2020)

A Figura 8 destaca as capacidades e atributos que os sistemas industriais de Inteligência Artificial devem abranger para atender requisitos comuns de ambientes

de fabricação da Indústria 4.0. São incluídos diversos atributos e capacidades como a autoconsciência e auto-otimização, onde tais características garantem que o sistema seja capaz de lidar com falhas de equipamentos ou outros problemas inesperados restaurando rapidamente seu estado de operação normal. A figura 7 também expõe as diversas áreas de aplicação da Inteligência Artificial, bem como seus princípios de design e suas tecnologias de apoio.

De acordo com Rosin *et al.* (2022) no Artigo 13, a análise de “*big data*” e inteligência artificial são dois grupos tecnológicos cujas contribuições parecem estar intimamente ligadas. Seu papel parece particularmente promissor no aprimoramento das três primeiras etapas do processo de tomada de decisão e na busca e seleção de soluções conhecidas. Seu interesse parece menos óbvio hoje no caso de soluções sob medida, mas isso pode evoluir no longo prazo, dependendo do progresso futuro no desenvolvimento dessas tecnologias e do nível de integração dos princípios da Indústria 4.0 nas empresas.

Peres *et al.* (2020) no Artigo 3 complementam que é necessária uma melhor compreensão do raciocínio e dos mecanismos por trás das decisões baseadas em Inteligência Artificial do lado das partes interessadas. É consideravelmente mais fácil convencer as partes interessadas de que uma determinada solução deve ser adotada para melhorar o resultado final, se puder ser facilmente quebrada e seus processos validados por especialistas. Para tanto, a Inteligência Artificial que seja explicável surge como uma das principais direções de pesquisa para impulsionar a adoção industrial da Inteligência Artificial com ferramentas de interpretabilidade como principal catalisador. O emprego da Inteligência Artificial industrial para a otimização de processos na fabricação está ganhando força rapidamente, permitindo uma tomada de decisão baseada em dados mais inteligente e eficiente, aproveitando dados históricos e em tempo real.

### **4.3.3 Nuvem**

De acordo com Rosin *et al.* (2022) no Artigo 13, a computação em nuvem ocupa um lugar especial por contribuir potencialmente para o aprimoramento de todas as etapas do processo de tomada de decisão. Essa tecnologia parece atuar como a espinha dorsal de qualquer sistema de aprimoramento global do processo decisório.

Segundo Castro-Martin *et al.* (2021) no Artigo 6, na Nuvem, grandes volumes de dados são usados para prever o comportamento de um sistema. Nesse nível, há uma capacidade de armazenamento virtualmente infinita, e a análise, bem como as ações que são desencadeadas abrangem tempos e espaços maiores. A tendência é que essas tecnologias se tornem onipresentes.

Bousdekis *et al.* (2021) no Artigo 9, destacam que os serviços que implementam funcionalidades de tomada de decisão orientadas por dados devem permitir comunicação integrada e modular por meio de plataformas baseadas em nuvem. Essa direção precisa ser desenvolvida em alinhamento com o conceito de fabricação em nuvem. Além da perspectiva tecnológica, isso levará a algoritmos de tomada de decisão facilitando sua implementação em um ambiente computacional baseado em nuvem, mas também a protocolos e padrões de comunicação específicos de domínio para orientar o desenvolvimento de futuros algoritmos que exigem alto poder computacional. Há a necessidade de algoritmos robustos que possam apoiar com precisão a tomada de decisão na presença de incerteza, bem como métodos para quantificar sua confiança em um ambiente computacionalmente exigente e em tempo real.

Rosin *et al.* (2022) no Artigo 13 também complementam que a Nuvem contribui para a evolução e/ou melhoria de todas as etapas do processo de tomada de decisão, promovendo a partilha de informação e lógica de colaboração.

#### **4.3.4 Big Data**

De acordo com Peres *et al.* (2021) no Artigo 12, a implementação do “*Big Data Warehouse*” é o ponto de partida para impulsionar o conceito de Logística 4.0 em uma instalação, melhorando as capacidades analíticas e apoiando o processo de tomada de decisão no departamento de logística. Os dados do “*Big Data Warehouse*” são um elemento-chave para obter informações sobre o estado atual da organização e apoiar as decisões dos planejadores de logística de forma eficiente.

Rosin *et al.* (2022) no Artigo 13 comentam que vários especialistas especificam que a análise de “*big data*” não só contribui para uma simples “medição” de indicadores que refletem o estado e desempenho do sistema de produção, mas também permite a identificação de ligações entre as variáveis medidas e uma abordagem preditiva. Os especialistas apontam que a análise de “*big data*” muitas

vezes funciona em conjunto com a inteligência artificial, embora alguns especialistas acreditem que esta intervém em vez de fortalecer as próximas etapas do processo de tomada de decisão.

Park e Bae (2022) no Artigo 18 complementam que a análise de “*big data*” é um processo de exame de dados para descobrir conhecimento, como padrões e correlações desconhecidos, “*insights*” de mercado e preferências do cliente, que podem ser úteis na tomada de várias decisões de negócios. Avanços significativos em aprendizado profundo, aprendizado de máquina e mineração de dados melhoraram a ponto de poderem ser aplicados à análise de “*Big Data*” em qualquer tipo de setor. De fato, o “*Big Data*”, com seus algoritmos sofisticados e poder computacional avançado, também é reconhecido como uma tecnologia fundamental para afetar os avanços da Inteligência Artificial, com ambos se tornando ativos centrais da Indústria 4.0 e da inovação de processos.

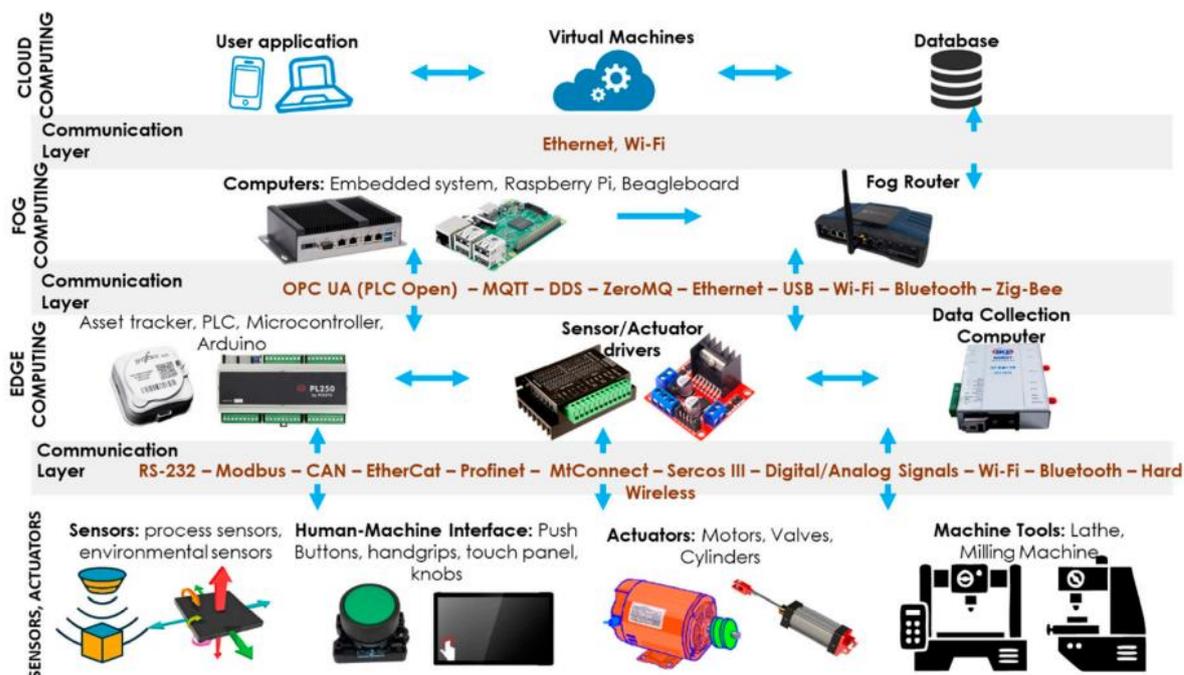
Chang, Chiu e Tan (2022) no Artigo 14 apresentam que ao combinar algoritmos com técnicas de tomada de decisão relacionadas do “*big data*” para fazer a automação de equipamentos é possível extrair informações úteis e obter uma fabricação mais inteligente e eficaz. Além disso, essa combinação é capaz de detectar falhas potenciais sob certas circunstâncias nos equipamentos, bem como diagnosticar defeitos, controlar equipamentos e processos avançados, diminuir o tempo e os custos do ciclo e aumentar a taxa de produtividade.

#### **4.3.5 Sistemas Ciberfísicos**

Castro-Martin *et al.* (2021) no artigo 6 expõem que diferentes tipos de análise e decisões são tomadas em diferentes níveis, e uma compreensão das capacidades e requisitos em cada camada é crítica para uma operação coordenada que garante segurança e confiabilidade. Tendo isso em vista, comenta que os dados são gerados a partir de máquinas e sensores, onde a resposta em tempo real é necessária e, portanto, a tomada de decisão consiste principalmente em respostas automáticas predefinidas, porém a capacidade de armazenamento é relativamente baixa. Também fala que a conectividade permite que poderosos recursos computacionais interajam com o controle das máquinas para melhorar a capacidade de monitoramento e adaptação às mudanças do ambiente, melhorando essencialmente a inteligência do processo. A Figura 9 mapeia um exemplo das tecnologias e protocolos de

comunicação que constituem a infraestrutura da conectividade em que as máquinas inteligentes podem operar.

Figura 9 – Mapa de tecnologias e protocolos que facilitam a conectividade



Fonte: Castro-Martin et al (2021)

Castro-Martin *et al.* (2021) na Figura 9 mostram que as tecnologias são selecionadas de acordo com a aplicação, com o objetivo de integrar a inteligência ao chão de fábrica. A inteligência da máquina é a entidade construída pelo hardware que coleta dados e executa instruções, pelas conexões que transferem dados e sinais, pelos computadores que armazenam e analisam dados e pelos programas e aplicativos executados dentro dos computadores, processadores e dispositivos que realizam a análise real e fornecem instruções. Diferentes tipos de análises e decisões são tomadas em diferentes níveis, e o entendimento das capacidades e requisitos em cada camada é fundamental para uma operação coordenada que garanta segurança e confiabilidade.

Bousdekis *et al.* (2021) no Artigo 9 expõem que a crescente disponibilidade de sensores e atuadores resultará na necessidade de algoritmos de tomada de decisão capazes de suportar a autonomia dos sistemas de manufatura em rede. Por outro lado, a incerteza existente nos algoritmos de tomada de decisão para manutenção aumenta o risco de implementação de ações de manutenção autônoma inadequadas. Para este fim, métodos e técnicas para eliminar a incerteza e para aprender

rapidamente com o chão de fábrica são de extrema importância. Complementam que os algoritmos de tomada de decisão precisam ser integrados horizontal e verticalmente de acordo com os princípios da Indústria 4.0.

Ainda conforme os mesmos autores, os algoritmos poderão levar em conta todo o contexto do ambiente (por exemplo, plano de produção, cadeia de suprimentos, estoque) comunicando-se de forma eficaz e trocando dados e informações com outras operações de fabricação. Também argumentam que robôs autônomos constituem recursos adicionais que precisam ser gerenciados junto com o equipamento de fabricação e o pessoal. Portanto, algoritmos de tomada de decisão de manutenção precisam levar em consideração o fato de que determinadas ações de manutenção podem ser implementadas por robôs autônomos, o que afeta o agendamento das tarefas de manutenção a serem executadas. Esses algoritmos atribuirão as tarefas de manutenção apropriadas a humanos ou robôs de acordo com a natureza da tarefa, o conhecimento de humanos e robôs, a troca entre a eficiência dos humanos e a eficiência dos robôs para essa tarefa específica, a troca entre o custo de execução da tarefa por um robô ou por um humano.

Os mesmos autores complementam argumentando que outro fator importante é a incerteza das informações prognósticas e, portanto, a adequação das ações de manutenção preditiva recomendadas. Recomendações sobre ações de manutenção com alta incerteza de adequação podem ser difíceis de serem abordadas automaticamente por robôs que não possuem inteligência para entender todo o contexto e as possíveis consequências da aplicação de uma ação inadequada. Por outro lado, o humano pode ignorar as recomendações ou reagir durante sua execução se perceber que as ações não são adequadas.

Rosin *et al.* (2022) no Artigo 13 realçam que os grupos de robôs/máquinas autônomos e tecnologias de comunicação entre máquinas têm um potencial marcante para aprimorar as etapas iniciais do processo de tomada de decisão. A contribuição dos sistemas ciberfísicos parece particularmente interessante para aprimorar os primeiros passos do processo decisório. Ainda assim, este grupo tecnológico também parece poder contribuir indiretamente para o aprimoramento de todas as etapas do processo decisório. Os sistemas de simulação oferecem o potencial de aprimoramentos focados principalmente na etapa “Avaliação”. A longo prazo, este grupo tecnológico poderá também desempenhar um papel mais marcante na seleção

de soluções conhecidas, no desenho de soluções à medida, ou mesmo na etapa de “Diagnóstico”.

Abdulnour *et al.* (2022) no Artigo 15 complementam que a simulação aliada a um plano experimental, é uma ferramenta de tomada de decisão relevante para as empresas. Com um modelo de simulação, as empresas podem, por exemplo, avaliar quais tarefas devem ser automatizadas e medir o impacto das ferramentas tecnológicas na produtividade e na variabilidade sem prejudicar as atividades diárias de produção.

Dessa forma, existem muitas tecnologias habilitadas pela Indústria 4.0 ainda a serem exploradas que podem ser utilizadas para o processo decisório, onde podem ser aplicadas nas diferentes fases da tomada de decisão, bastando os responsáveis buscarem conhecimento e decidirem qual a melhor opção para sua empresa.

## 5. CONSIDERAÇÃO FINAL

Este trabalho teve como objetivo realizar uma análise crítica a respeito da tomada de decisão na Indústria 4.0. Para atingir este objetivo primeiramente, conceituou-se a Indústria 4.0, apresentando suas características de descentralização dos processos de manufatura, bem como seus nove pilares de tecnologias.

Também realizou-se um levantamento de como ocorre atualmente a tomada de decisão nas indústrias, citando que as decisões são tradicionalmente mais centralizadas na gerência e totalmente dependente de fatores humanos, o que pode causar uma menor agilidade do processo.

Após isso, buscou-se informações na literatura a partir dos 21 artigos selecionados, a fim de entender como funciona o processo decisório na Indústria 4.0, bem como quais tecnologias e ferramentas podem ser utilizadas. Ao analisar todos os trabalhos citados, percebe-se que todas as empresas se beneficiariam de muitos desenvolvimentos tecnológicos e inovações trazidas pelo conceito de Indústria 4.0. É necessário acompanhar esses processos tecnológicos para ter poder competitivo no mercado, em relação à importância dos conceitos e dos benefícios que essas tecnologias podem trazer. Dessa forma, ao decidir adotar alguma das tecnologias da Indústria 4.0, as empresas devem analisar quais processos trarão mais resultados com menos investimentos.

Por fim, a partir dos artigos estudados buscou-se informações a respeito das principais tecnologias da Indústria 4.0 e onde atuam no processo de tomada de decisão das empresas, revelando informações muito relevantes de quais ferramentas utilizar para quem busca decisões mais assertivas, rápidas e com menos envolvimento humano, onde os colaboradores poderão focar mais nas decisões estratégicas e menos no trabalho manual e decisões repetitivas.

Este trabalho limitou-se aos poucos artigos e relatos de aplicação real destas ferramentas e tecnologias em empresas, dessa forma sugere-se trabalhos futuros onde algumas dessas tecnologias fossem aplicadas e analisadas as mudanças percebidas.

## 6. RÉFERENCIAIS

ABDULNOUR, S.; Baril, C.; Abdunour, G.; Gamache, S. Implementation of Industry 4.0 Principles and Tools: Simulation and Case Study in a Manufacturing SME. *Sustainability* 2022, 14, 6336. <https://doi.org/10.3390/su14106336>

ALMEIRA, P. S. D. **Indústria 4.0 - Princípios Básicos, Aplicabilidade e Implantação na Área Industrial**. [São Paulo]: Editora Saraiva, 2019. 9788536530451. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536530451/>. Acesso em: 23 mar. 2022.

BARZ, Cristian *et al.* Approaches for the planning and implementation of Industry 4.0. **Periodicals of Engineering and Natural Sciences**, v. 7, ed. 1, p. 375-380, 2019.

BATEMAN, T. S.; SNELL, S. A. Administração: construindo vantagem competitiva. São Paulo: Atlas, 1998.

BISPO, C. A. F.; CAZARINI, E. W. A evolução do processo decisório. **ENCONTRO NACIONAL DA ENGENHARIA DA PRODUÇÃO**, v. 18, 1998.

BOUSDEKIS, A.; Lepenioti, K.; Apostolou, D.; Mentzas, G. A Review of Data-Driven Decision-Making Methods for Industry 4.0 Maintenance Applications. *Electronics* 2021, 10, 828. <https://doi.org/10.3390/electronics10070828>

CARVALHO, A. R. S. Abordagem sociotécnica da indústria 4.0. Associação Educacional Dom Bosco. SEGeT - Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. FAAP e DCTA, 2018. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos18/9026112.pdf>. Acesso em: 15 set. 2022.

CASTRO-MARTIN, A.P.; Ahuett-Garza, H.; Guamán-Lozada, D.; Márquez-Alderete, M.F.; Urbina Coronado, P.D.; Orta Castañón, P.A.; Kurfess, T.R.; González de Castilla, E. Connectivity as a Design Feature for Industry 4.0 Production Equipment: Application for the Development of an In-Line Metrology System. *Appl. Sci.* 2021, 11, 1312. <https://doi.org/10.3390/app11031312>

CHANG, S.-C.; Chang, H.-H.; Lu, M.-T. Evaluating Industry 4.0 Technology Application in SMEs: Using a Hybrid MCDM Approach. *Mathematics* 2021, 9, 414. <https://doi.org/10.3390/math9040414>

CUOGO, F. C. Reflexo da Terceira Revolução Industrial na sociedade informacional e sua relação com a educação à distância. **Trabalho de Conclusão de curso**, Licenciatura em História, Universidade Regional do Noroeste de Estado do Rio Grande do Sul, UNIJUI, 2012. Disponível em: [http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2832/Monografia\\_UNIJUI\\_Francisco.pdf?sequence=1](http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2832/Monografia_UNIJUI_Francisco.pdf?sequence=1). Acesso em: 24 mar. 2022.

DALPINO, L. B.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; GRANJA, A. D. Um Mapeamento Sistemático da Literatura: Stakeholders no Upgrading de Habitações. In: Simpósio Brasileiro De Qualidade Do Projeto No Ambiente Construído, 6., 2019, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: PPGAU/FAUeD/UFU, 2019. p. 239-247. DOI <https://doi.org/10.14393/sbqp19024>. Disponível em: [https://eventos.ufu.br/sites/eventos.ufu.br/files/documentos/024\\_f\\_um\\_mapeamento\\_sistematico\\_57\\_.pdf](https://eventos.ufu.br/sites/eventos.ufu.br/files/documentos/024_f_um_mapeamento_sistematico_57_.pdf). Acesso em: 30 mar. 2022.

DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yvonna S. (eds). *The Sage handbook of qualitative research*. 5 ed. Thousand Oaks: Sage, 2018. In: KITCHENAM, Barbara. **Procedures for Performing Systematic Reviews**. Joint Technical Report , 2004. Disponível em: <https://www.inf.ufsc.br/~aldo.vw/kitchenham.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2022.

DONGJUN MA, "Comprehensive Decision Analysis of Industry 4.0 Virtual Enterprises considering the Personalized Customization Model of Product Life Cycle", *Journal of Sensors*, vol. 2022, Article ID 1175565, 11 pages, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/1175565>

DOSSOU, P.-E.; Laouénan, G.; Didier, J.-Y. Development of a Sustainable Industry 4.0 Approach for Increasing the Performance of SMEs. *Processes* 2022, 10, 1092. <https://doi.org/10.3390/pr10061092>

GEREKLI, Isa; ÇELIK, Tarik; BOZKURT, Ibrahim. *TEM Journal*. Industry 4.0 and Smart Production, [s. l.], v. 10, p. 799-805, 2021. DOI <https://doi.org/10.18421/TEM102-37>. Disponível em:

[https://www.temjournal.com/content/102/TEMJournalMay2021\\_799\\_805.html](https://www.temjournal.com/content/102/TEMJournalMay2021_799_805.html).

Acesso em: 12 nov. 2022.

GLEZ-PEÑA, Daniel et al. Web scraping technologies in an API world. **Briefings in Bioinformatics**, [S. l.], v. 15, p. 788-797, 30 set. 2013. DOI <https://doi.org/10.1093/bib/bbt026>. Disponível em: <https://academic.oup.com/bib/article/15/5/788/2422275>. Acesso em: 27 set. 2022.

GOECKS, L. S., Santos, A. A., & Korzenowski, A. L. (2020). Decision-making trends in quality management: a literature review about Industry 4.0. *Production*, 30, e20190086. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20190086>

HOZDIC, E. i Butala, P. (2020). Concept of Socio-Cyber-Physical Work Systems for Industry 4.0. *Tehnički vjesnik*, 27 (2), 399-410. <https://doi.org/10.17559/TV-20170803142215>

KITCHENHAM, B; CHARTERS, Stuart. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in software engineering**. EBSE Technical Report EBSE. 2007.

KRISHNAMURTHI, R., KUMAR, A. (2020). Modeling and Simulation for Industry 4.0. *In: Nayyar, A., Kumar, A. (eds) A Roadmap to Industry 4.0: Smart Production, Sharp Business and Sustainable Development*. Advances in Science, Technology & Innovation. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-14544-6\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-14544-6_7). Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Sudeep-Tanwar/publication/334836077\\_Additive\\_Manufacturing-\\_Concepts\\_and\\_Technologies/links/5e834ee44585150839b1334a/Additive-Manufacturing-Concepts-and-Technologies.pdf#page=138](https://www.researchgate.net/profile/Sudeep-Tanwar/publication/334836077_Additive_Manufacturing-_Concepts_and_Technologies/links/5e834ee44585150839b1334a/Additive-Manufacturing-Concepts-and-Technologies.pdf#page=138). Acesso em 28 mar. 2022.

CHANG, Kuei-Hu; Chiu, Anthony Shun Fung; TAN, Kim-Hua, "Related Theories and Practical Applications of Soft Computing in the Manufacturing Process of Industry 4.0 2021", *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2022, Article ID 9802892, 2 pages, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/9802892>

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Fundamentos da Metodologia Científica*. São Paulo, SP: Atlas 2003.

LAVINGIA, K., TANWAR, S. (2020). Augmented Reality and Industry 4.0. *In*: Nayyar, A., Kumar, A. (eds) **A Roadmap to Industry 4.0: Smart Production, Sharp Business and Sustainable Development**. Advances in Science, Technology & Innovation. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-14544-6\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-14544-6_8). Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Sudeep-Tanwar/publication/334836077\\_Additive\\_Manufacturing-\\_Concepts\\_and\\_Technologies/links/5e834ee44585150839b1334a/Additive-Manufacturing-Concepts-and-Technologies.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Sudeep-Tanwar/publication/334836077_Additive_Manufacturing-_Concepts_and_Technologies/links/5e834ee44585150839b1334a/Additive-Manufacturing-Concepts-and-Technologies.pdf). Acesso em 28 mar. 2022.

LEE, Jay. Industrial AI: Applications with Sustainable Performance. Singapore: Springer, 2020.

LIMA, E. C. DE; OLIVEIRA NETO, C. R. DE. Revolução Industrial: considerações sobre o pioneirismo industrial inglês. **Revista Espaço Acadêmico**, v. 17, n. 194, p. 102-113, 6 jul. 2017.

MADAKAM, S., RAMASWAMY, R. and TRIPATHI, S. Internet of Things (IoT): A Literature Review. **Journal of Computer and Communications**, v. 3, p. 164-173, 2015. DOI: 10.4236/jcc.2015.35021. Disponível em: [https://www.scirp.org/html/56616\\_56616.htm](https://www.scirp.org/html/56616_56616.htm). Acesso em 28 mar. 2022.

MAHAPATRA, B. (2020). si3-Industry: Cloud Computing in Industry 4.0. *In*: Nayyar, A., Kumar, A. (eds) **A Roadmap to Industry 4.0: Smart Production, Sharp Business and Sustainable Development**. Advances in Science, Technology & Innovation. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-14544-6\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-14544-6_6). Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Sudeep-Tanwar/publication/334836077\\_Additive\\_Manufacturing-\\_Concepts\\_and\\_Technologies/links/5e834ee44585150839b1334a/Additive-Manufacturing-Concepts-and-Technologies.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Sudeep-Tanwar/publication/334836077_Additive_Manufacturing-_Concepts_and_Technologies/links/5e834ee44585150839b1334a/Additive-Manufacturing-Concepts-and-Technologies.pdf). Acesso em 28 mar. 2022.

MAÑAS, Antônio Vico. Administração de sistemas de informação: como otimizar a empresa por meio de sistemas de informação. 3. ed. São Paulo: Érica, 2002.

MARQUES, Maria *et al.* Decentralized decision support for intelligent manufacturing in Industry. **JAISE - Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments**, [s. l.], v. 9, ed. 3, p. 299-313, 2017.

MAXIMIANO, Antonio Cesar A. **Introdução à Administração**, 8ª edição. [São Paulo]: Grupo GEN, 2012. 9788522475872. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522475872/>. Acesso em: 20 mar. 2022.

MAXIMIANO, Antônio César A. **Introdução à Administração**. 4ª edição. São Paulo, Atlas, 1995.

NAGY, J.; Oláh, J.; Erdei, E.; Máté, D.; Popp, J. The Role and Impact of Industry 4.0 and the Internet of Things on the Business Strategy of the Value Chain—The Case of Hungary. *Sustainability* 2018, 10, 3491. <https://doi.org/10.3390/su10103491>

OSTERRIEDER, Philipp *et al.* The smart factory as a key construct of industry 4.0: A systematic literature review. **International Journal of Production Economics**, [s. l.], v. 221, 2020.

PARK, J.; Bae, H. Big Data and AI for Process Innovation in the Industry 4.0 Era. *Appl. Sci.* 2022, 12, 6346. <https://doi.org/10.3390/app12136346>

PETERSEN, Kai *et al.* Systematic Mapping Studies in Software Engineering. **Proceedings of the 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering**. 17. 2008. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/228350426\\_Systematic\\_Mapping\\_Studies\\_in\\_Software\\_Engineering](https://www.researchgate.net/publication/228350426_Systematic_Mapping_Studies_in_Software_Engineering). Acesso em: 30 mar. 2022.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. [S. l.: s. n.], 2013. Disponível em: <https://www.feevale.br/institucional/editora-feevale/metodologia-do-trabalho-cientifico---2-edicao>. Acesso em: 29 mar. 2022.

PERES, R. S.; X. Jia, J. Lee, K. Sun, A. W. Colombo and J. Barata, "Industrial Artificial Intelligence in Industry 4.0 - Systematic Review, Challenges and Outlook," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 220121-220139, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3042874.

ROSIN, F.; Forget, P.; Lamouri, S.; Pellerin, R. Enhancing the Decision-Making Process through Industry 4.0 Technologies. *Sustainability* 2022, 14, 461. <https://doi.org/10.3390/su14010461>

RÜßMANN, Michael et al. **Digital transformation, industry 4.0, technology industry Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries.** The Boston Consulting Group, 2015. Disponível em: [https://www.bcg.com/publications/2015/engineered\\_products\\_project\\_business\\_industry\\_4\\_future\\_productivity\\_growth\\_manufacturing\\_industries](https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries). Acesso em: 28 mar. 2022.

SACOMANO, José B.; GONÇALVES, Rodrigo F.; BONILLA, Sílvia H. **Indústria 4.0: conceitos e fundamentos.** São Paulo: Editora Blucher, 2018. ISBN: 9788521213710. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521213710/>. Acesso em: 28 mar. 2022.

SANCHES, Osvaldo Maldonado. Planejamento Estratégico De Sistemas De Informação Gerencial. **Revista de Administração Pública (RAP)**, 1997. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/orcamento-da-uniao/estudos/artigos/antes-de-2005/Artigo240.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2022.

SEVINÇ, A.; Gür, Ş.; Eren, T. Analysis of the Difficulties of SMEs in Industry 4.0 Applications by Analytical Hierarchy Process and Analytical Network Process. *Processes* 2018, 6, 264. <https://doi.org/10.3390/pr6120264>

SILVA, N.; Barros, J.; Santos, M.Y.; Costa, C.; Cortez, P.; Carvalho, M.S.; Gonçalves, J.N.C. Advancing Logistics 4.0 with the Implementation of a Big Data Warehouse: A Demonstration Case for the Automotive Industry. *Electronics* 2021, 10, 2221. <https://doi.org/10.3390/electronics10182221>

SLOB, N.; Hurst, W. Digital Twins and Industry 4.0 Technologies for Agricultural Greenhouses. *Smart Cities* 2022, 5, 1179-1192. <https://doi.org/10.3390/smartcities5030059>

ROMERO Tavera, C.A.; Ortiz, J.H.; Khalaf, O.I.; Ríos Prado, A. Business Intelligence: Business Evolution after Industry 4.0. *Sustainability* 2021, 13, 10026. <https://doi.org/10.3390/su131810026>

TREW, A. (2014). Spatial takeoff in the first industrial revolution. **Review of Economic Dynamics**, 17(4), 707–725. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.red.2014.01.002>.

URIS, Auren. **O Livro de Mesa do Executivo**. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1989.

VACCHI, M.; Siligardi, C.; Cedillo-González, E.I.; Ferrari, A.M.; Settembre-Blundo, D. Industry 4.0 and Smart Data as Enablers of the Circular Economy in Manufacturing: Product Re-Engineering with Circular Eco-Design. *Sustainability* 2021, 13, 10366. <https://doi.org/10.3390/su131810366>

TRIPATHI Varun, Somnath Chattopadhyaya, A. K. Mukhopadhyay, Suvandan Saraswat, Shubham Sharma, Changhe Li, S. Rajkumar, "Development of a Data-Driven Decision-Making System Using Lean and Smart Manufacturing Concept in Industry 4.0: A Case Study", *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2022, Article ID 3012215, 20 pages, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/3012215>

VENANCIO A.L.A.C & BREZINSKI G.L. Sistema de avaliação de maturidade Industrial baseando-se nos conceitos da indústria 4.0. **Trabalho de Conclusão de Curso**, Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), 2017. Disponível em: [https://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2016\\_1\\_08/2016\\_1\\_08\\_final.pdf](https://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2016_1_08/2016_1_08_final.pdf). Acesso em: 24 mar. 2022.

WITKOWSKI, Krzysztof. Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management. **Procedia Engineering**, v. 182, p. 763-769, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.197>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817313346>. Acesso em: 28 mar. 2022.

YU, Abraham Sin O. **Tomada de decisão nas organizações**. São Paulo: Editora Saraiva, 2011. ISBN: 978852126237. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978852126237/>. Acesso em: 20 mar. 2022.