

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CAMPUS DE TRÊS LAGOAS**

**VIVIAN DELMUTE RODRIGUES**

**ESTUDO DA APLICABILIDADE DAS INTELIGÊNCIAS ARTIFICIAIS EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO NO CENÁRIO BRASILEIRO: UMA REVISÃO  
BIBLIOGRÁFICA SISTÊMICA**

Três Lagoas - MS  
2023

**VIVIAN DELMUTE RODRIGUES**

**ESTUDO DA APLICABILIDADE DAS INTELIGÊNCIAS ARTIFICIAIS EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO NO CENÁRIO BRASILEIRO: UMA REVISÃO  
BIBLIOGRÁFICA SISTÊMICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
como parte dos requisitos para conclusão do  
curso de Engenharia de Produção, da  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul –  
UFMS.

Prof. Dra. Sandra Cristina Marchiori de Brito  
**Orientadora**

Três Lagoas - MS  
2023

## RESUMO

RODRIGUES, V. D. (2023) *Estudo da aplicabilidade das inteligências artificiais em engenharia de produção no cenário brasileiro: Uma revisão bibliográfica sistêmica*. 23 f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Três Lagoas, 2023.

Atualmente, as empresas e indústrias que desejam atuar no mercado global necessitam empregar recursos tecnológicos cada vez mais modernos em seus processos produtivos. Diante disso, exige-se que os engenheiros de produção estejam preparados para as mudanças que vem ocorrendo no cenário da Indústria 4.0 e que tenham conhecimentos básicos a respeito das diferentes tecnologias emergentes, tais como as inteligências artificiais (IA) mais utilizadas. Este trabalho tem por objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sistêmica (RBS) a fim de identificar quais as IA mais empregadas no cenário industrial brasileiro e as principais vantagens e desvantagens encontradas nestas pesquisas acadêmicas. Os resultados apontaram que as áreas de destaque na utilização das IA's são a engenharia de operações e processos de produção e a cadeia de suprimentos, totalizando 82,60% dos artigos analisados, sendo as redes neurais e a aprendizagem de máquinas os tipos de IA's mais utilizados, constituindo 69,55% das preferências em pesquisas. Como principais vantagens foi observado que as IA's podem oferecer auxílio na tomada de decisão para os gestores, melhoria e diagnóstico de processos, métodos mais hábeis para a detecção de falhas, além da integração e compartilhamento de informações. Já as desvantagens apontaram que ainda existem limitações nas pesquisas sobre IA's, sendo as mudanças de métricas, a necessidade de grandes volumes de dados históricos reais e precisos para validarem o modelo os principais problemas enfrentados pelos pesquisadores.

**Palavras-chave:** Inteligência Artificial. Engenharia de Produção. Indústria 4.0.

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história da civilização humana observa-se que fomos moldados por mudanças significativas nas formas do ser humano se relacionar, gerar riquezas e transformar o ambiente em que vive, mas isso devido ao surgimento de novas tecnologias e novas formas de perceber o mundo (SCHWAB, 2016).

Dessa forma, no contexto da Indústria 4.0, as empresas e indústrias que desejam atuar no mercado global e que queiram se tornar referências em seus processos produtivos necessitam empregar recursos tecnológicos cada vez mais modernos, de modo a garantir sua fatia do mercado (ZHONG *et al.*, 2017). Isso exige que os profissionais da área de engenharia de produção estejam preparados para estas mudanças, o que implica, em conhecimentos básicos nas diferentes tecnologias emergentes. Essas tecnologias emergentes são diversas, porém nos últimos anos se observa o uso crescente das chamadas inteligências artificiais (IA) em diversos setores produtivos (TELLES *et al.*, 2020; ZHONG *et al.*, 2017).

Pode-se considerar que a “Inteligência Artificial envolve utilizar métodos baseados no comportamento inteligente de humanos e outros animais para solucionar problemas complexos” (COPPIN, 2013, p.4).

Neste cenário, se torna extremamente importante que os engenheiros de produção compreendam “o porquê” da inserção das IA no meio industrial; “quais”, “onde” e “como” essas tecnologias estão sendo empregadas, assim como, suas principais vantagens e desvantagens para as indústrias que as empregam. Portanto, é necessário que os engenheiros e gestores da área de engenharia de produção obtenham conhecimentos sobre as diversas pesquisas acadêmicas que vem sendo realizadas sobre IA no cenário industrial.

Nesse sentido, apresenta-se este trabalho que trata de uma Revisão Bibliográfica Sistêmica (RBS) que tem por objetivo identificar quais as IA mais empregadas visando o cenário industrial brasileiro, e as principais vantagens e desvantagens encontradas nestas pesquisas acadêmicas.

Espera-se que esse artigo contribua com a área da engenharia de produção, de modo, a propiciar uma síntese de informações relevantes a respeito deste assunto, para que desse modo, os profissionais desta área possam ampliar seus conhecimentos e facilitar a tomada de decisões referentes a implantação de IA nas variadas empresas e indústrias das quais fazem parte.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Segundo Schwab (2016, p.15-22), desde o início do século XXI vivemos uma quarta revolução industrial, uma revolução digital ocasionada pelas tecnologias digitais que estão se tornando cada vez mais sofisticadas e integradas, e que estão criando um mundo onde os sistemas físicos e virtuais de fabricação cooperam de forma global e flexível. Isso vem permitindo a total personalização de produtos e a criação de novos modelos operacionais, além de ondas de novas descobertas que ocorrem simultaneamente em diversas áreas levando a fusão de tecnologias e a interação entre os domínios digitais e biológicos, na qual as tecnologias emergentes e as inovações são difundidas muito rapidamente (SCHWAB, 2016).

A quarta revolução industrial gira em torno de tecnologias emergentes tais como: robótica avançada, impressão 3D, veículos autônomos, análise e obtenção de dados, internet das coisas (IoT), sistemas ciber-físicos (CPSs), computação em nuvem, aprendizagem de máquina (*machine learning*), entre outras, sendo elas utilizadas em processos de manufatura inteligentes com o fim de minimizar a interação homem-máquina, ampliar a interconexão entre máquina e a tomada de decisões automatizadas e alcançar processos de fabricação flexíveis, inteligentes e reconfiguráveis a fim de atender o mercado atual, dinâmico e global (DURAN, 2020; ZHONG *et al.*, 2017; SCHWAB, 2016).

Nesse sentido, a quarta revolução industrial vem a causar mudanças profundas em um dos setores que mais influência na economia de um país. É importante salientar, que a indústria manufatureira é a base da economia de uma nação e influencia poderosamente na vida das pessoas, por meio da geração de empregos, proporcionando renda aos estados e municípios etc. (ZHONG *et al.*, 2017, p.617).

Diante disso, existe uma enorme preocupação econômica e social que o emprego destas tecnologias emergentes gere uma onda ascendente de desemprego, visto que, tais tecnologias tendem a substituir categorias de trabalho que são altamente repetitivas e rotineiras por processos automatizados, diminuindo o número de postos de trabalho, além de futuramente poder substituir profissionais que atuam em algumas áreas de forma parcial ou total, como por exemplo: advogados, jornalistas, operadores de telemarketing, dentre outras (SCHWAB, 2016, p.43).

Em contrapartida, espera-se que o ser humano se adapte a tais transformações, gerando novas formas de trabalho e novas profissões, de modo que isso influenciará como as empresas serão lideradas, organizadas e administradas (SCHWAB, 2016, p.56).

## 2.2. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

O termo Inteligência Artificial foi cunhado por John McCarthy em 1956 (COPPIN, 2013). A Inteligência Artificial está presente em uma grande variedade de máquinas e sistemas que fazem uso delas e outras tecnologias para operarem, isso só é possível devido a capacidade de digitalização e da tecnologia de informação, além da disponibilidade de *hardwares*, *softwares*, processadores, *chips*, sensores e vários meios de conectar as coisas cada vez menores, baratos e inteligentes (SCHWAB, 2016, p.27).

De acordo com Lima et al. (2014, p.01), “o termo Inteligência Artificial (IA) constitui vários procedimentos computacionais cujas funções realizadas, caso um ser humano as executasse, seriam consideradas inteligentes”. Diante disso, um sistema inteligente teria a capacidade de aquisição de conhecimentos, planejamento de eventos, resolução de problemas, representações de informações, armazenamento de conhecimento, comunicação por meio de linguagens coloquiais e aprendizado (LIMA et al., 2014, p.01).

De acordo com Coppin (2013), existem variadas formas de classificar as IA, mas podemos classificá-las diante das suas capacidades como: Inteligência artificial limitada (ANI), Inteligência artificial geral (AGI) e Superinteligência (ASI). As ANI são aquelas que armazenam uma grande quantidade de dados e realizam tarefas complexas a partir de programações existentes, enquanto as AGI são capazes de resolver tarefas semelhantes as realizadas pelo ser humano e aprendem por meio de técnicas de aprendizado de máquina, e por fim, as ASI são ainda um conceito em desenvolvimento, essas IA's poderiam executar qualquer tarefa melhor que o ser humano, sendo capaz de tomar decisões e armazenar um grande volume de dados (JAVATPOINT, 2022; COPPIN, 2013).

Com relação as principais áreas de pesquisa, podemos citar o aprendizado de máquina (*machine learning*), os sistemas multiagentes, o desenvolvimento de vida artificial, os sistemas especialistas, a visão por computador, o planejamento, a robótica, e o processamento de linguagem natural, sendo o aprendizado de máquina um segmento de extrema importância para o desenvolvimento da Inteligência Artificial (COPPIN, 2013, p.233). O quadro 1 apresenta algumas informações a respeito de cada uma delas.

**Quadro 1:** Áreas de pesquisa em IA e suas características

Áreas de Pesquisas	Características
<b>Aprendizado de Máquinas</b> ( <i>Machine Learning</i> )	O Machine Learning é baseado na ideia de que as máquinas podem aprender com dados passados, identificar padrões e tomar decisões usando algoritmos.
<b>Sistemas Multiagentes</b>	Sistemas Multiagentes usam diversos agentes que geralmente colaboram entre si para alcançar um objetivo comum. De acordo com Coppin (2013, p.480) cada agente de um sistema multiagente possui informações incompletas e é incapaz de resolver o problema inteiro por conta própria.
<b>Desenvolvimento de Vida Artificial</b>	Visa buscar técnicas de vida artificial usam métodos modelados a partir do comportamento de sistemas vivos.
<b>Sistemas Especialistas</b>	Um sistema especialista é projetado para modelar o comportamento de um especialista em alguma área. Esses sistemas são projetados para resolver o problema complexo por meio de corpos de conhecimento, em vez de código procedimental convencional.
<b>Planejamento</b>	Um sistema projetado em que se objetiva a solução de problemas.
<b>Robótica</b>	A robótica é um ramo da inteligência artificial e engenharia que é usado para projetar e fabricar robôs.
<b>Processamento em Linguagem Natural</b>	A PNL permite que um sistema de computador entenda e processe a linguagem humana.

Fonte: (COPPIN, 2013).

Algumas tecnologias chaves para a IA, que estão sendo amplamente empregadas nos negócios e na indústria 4.0 são a internet das coisas (IoT), sistema ciberfísicos, computação em nuvem, análise de *Big Data*, dentre outras tecnologias da informação e comunicação (ZHONG et al., 2017, p.619-623). O quadro 2 apresenta as principais características de cada uma delas.

**Quadro 2:** Algumas tecnologias chaves para a IA e suas principais características

Áreas de Pesquisas	Características
<b>Internet das Coisas</b> (IoT)	A IoT é usada para permitir uma conectividade avançada de objetos físicos, sistemas e serviços, permitindo a comunicação objeto-objeto e o compartilhamento de dados. Neste caso, vários objetos são incorporados com sensores eletrônicos, atuadores e outros dispositivos digitais que são conectados em rede.
<b>Sistemas ciberfísicos</b> (CPS)	É um mecanismo em que objetos físicos e <i>softwares</i> estão intimamente interligados, de modo a permitir que exista uma interação entre eles e de diversas formas de trocar informação.
<b>Análise de <i>Big Data</i></b>	Faz-se uso de grandes quantidades de dados gerados em vários canais que são submetidos a processamento adequado a fim de se obter informações relevantes para um determinado propósito.
<b>Computação em nuvem</b>	É um termo geral que se refere à entrega de serviços computacionais por meio de recursos visualizáveis e escaláveis na internet.

Fonte: (ZHONG et al., 2017, p.619-623).

### 2.3. A IMPORTÂNCIA DA IA PARA O ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO FRENTE A INDÚSTRIA 4.0

As mudanças que vem ocorrendo com a Indústria 4.0, exige que engenheiros e futuros engenheiros de produção compreendam o ambiente de trabalho e as novas transformações que vem acontecendo devido a inserção da IA nas mais diversas áreas.

De acordo com a pesquisa “*Industrial AI Market Report 2020-2025*”, desenvolvida pela IoT Analytics’ (2022), em 33 casos estudados de IA conectados à IoT no setor industrial, a equipe de analista identificou as três principais áreas em que mais se observou o uso de IA sendo elas: a manutenção preditiva (24,3%), a inspeção e controle de qualidade (20,5%) e a otimização de processos de manufatura (16,3%).

O trabalho de Zhong *et al.* (2017), permite condensar as pesquisas em sistemas de manufaturas inteligentes que estão sendo amplamente empregados. Conforme os autores, estes sistemas são pensados para aprenderem com as próprias experiências, com o objetivo de otimizar a produção e as transações do produto, fazendo-se uso de informações avançadas e tecnologias de fabricação, o que permite um sistema de manufatura homem-máquina integrado que minimiza a ação humana, materiais e produtos que podem ser organizados automaticamente e monitorados em tempo real (ZHONG *et al.*, 2017, p.618).

Diante de tais exemplos, nota-se que existe uma tendência crescente do emprego das IA no ambiente industrial, cabendo aos engenheiros de produção se preparem para a chamada Indústria 4.0, visto que, segundo a ABEPRO (2022), esses profissionais devem especificar, prever e avaliar os resultados dos sistemas produtivos implantados na sociedade e no meio ambiente, fazendo-se uso de conhecimentos especializados, assim como de princípios, métodos de análise e projeto da engenharia.

Desta forma, o engenheiro de produção deve estar atento as novas ferramentas e tecnologias que permitam melhorias e manutenção dos seus sistemas produtivos de forma que tragam contribuições significativas ao meio ambiente e a sociedade na qual estão inseridos.

### **3. METODOLOGIA DE PESQUISA**

#### **3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA**

Diante dos objetivos desejados para esta pesquisa, pode-se classificá-la com relação ao seu propósito como exploratória, pois almeja-se alcançar maior familiaridade com um problema, analisando-se assim, as principais vantagens e desvantagens observadas nas diversas pesquisas com o emprego de IA's. Quanto a sua natureza classifica-se como pura e com relação a sua abordagem se trata de uma pesquisa qualitativa, sendo o método de pesquisa utilizado a Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS).

#### **3.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA (RBS)**

O interesse pelas revisões bibliográficas vem aumentando nos últimos anos, geralmente os pesquisadores fazem uso de dois tipos de revisões bibliográficas: a narrativa e a sistemática (RBS), a primeira não exige um protocolo de execução, enquanto a segunda tem uma exigência maior quanto a sua execução, estabelecendo-se assim, um protocolo para seu desenvolvimento (GOHR et al., 2013).

Segundo Levy e Ellis (2006), a RBS “é o processo de coletar, conhecer, compreender, analisar, sintetizar e avaliar um conjunto de artigos científicos com o propósito de criar um embasamento teórico-científico sobre um determinado tópico ou assunto pesquisado”.

De acordo com Guardia et al. (2013), a necessidade das revisões bibliográficas exigidas nas pesquisas científicas tem se tornado um desafio cada vez maior para os pesquisadores nas últimas décadas, visto que com o avanço das tecnologias da informação e o crescimento da comunidade científica, tem-se gerado grandes quantidades de informações científicas que são quase impossíveis de um pesquisador acompanhar e verificar em sua totalidade.

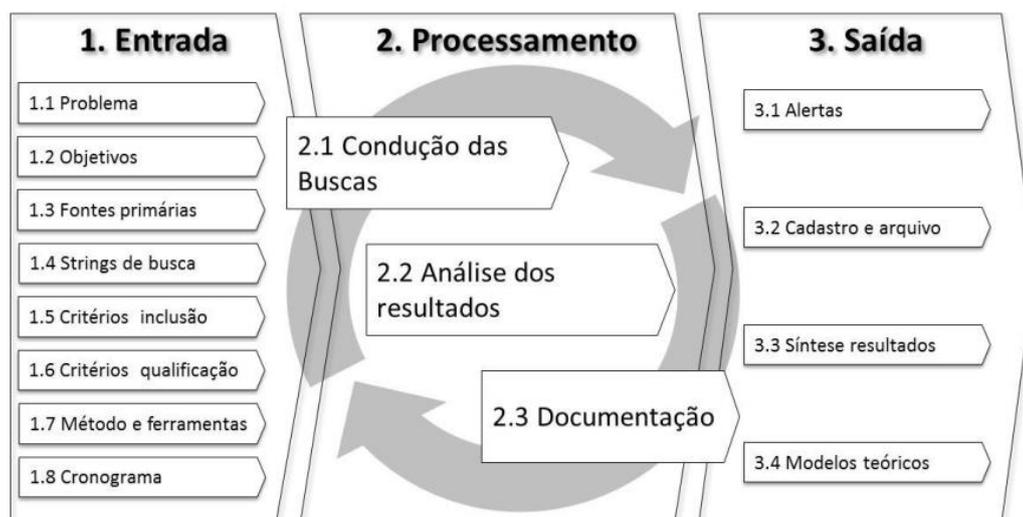
Diante disso, pode-se destacar algumas razões para se realizar a RBS em diversas áreas do conhecimento, tais como: a RBS permite identificar lacunas em pesquisas ou teorias, permitindo que seja possível mapear áreas que necessitam aprimoramento ou novos estudos, além de proporcionar a síntese de informações científicas sobre um determinado assunto de interesse do pesquisador que estão dispersas nos diversos meios de divulgação científica,

proporcionando também auxílio na tomada de decisão de outros profissionais (GUARDIA et al., 2013; CONFORTO et al., 2011; LEVY e ELIAS, 2006).

A RBS tem sido aplicada em várias áreas do conhecimento, dentre elas pode-se citar a medicina, sistemas de informação e tem ganhado atenção em pesquisas em gestão (GOHR *et al.*, 2013; CONFORTO *et al.*, 2011). Diante disso, Guardia *et al.* (2013) salienta que a engenharia de produção está se apropriando deste método de pesquisa baseando-se nas RBS de outras áreas de conhecimento.

Existe na literatura uma variedade de métodos para o desenvolvimento de RBS, tais como o *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), o *CASP Systematic Review Checklist*, entre outros, neste trabalho será usado o modelo de condução baseado nos trabalhos de Conforto *et al.*, (2011), uma vez que é um modelo de fácil compreensão das suas etapas, este modelo está organizado em 15 etapas distribuídos em 3 fases como mostrado na Figura 1.

**Figura 1:** Modelo para condução da revisão bibliográfica sistemática – RBS Roadmap.



**Fonte:** Retirado de (CONFORTO *et al.*, 2011).

### 3.3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Diante do modelo de condução de RBS apresentado, foi-se então definido a base de dados, as palavras chaves para as buscas de artigos, a seleção e exclusão dos artigos, assim como os critérios de classificação utilizados neste trabalho. A seguir detalha-se cada um deles.

### 3.3.1. Definição da base de dados

Para a definição da base de dados foram escolhidas duas bases, uma nacional e outra internacional. A base de dados internacional escolhida foi a *ScienceDirect*, sendo ela uma plataforma da Elsevier que contém mais de 2500 revistas e mais de 40000 títulos de livros (ELSEVIER, 2022). A justificativa principal para a escolha desta plataforma é devido a facilidade com a qual as pesquisas são realizadas, com as etapas de filtragem eficientes e de fácil adaptabilidade ao uso, já a base de dados nacional utilizada foi a base Scielo, o acesso livre aos artigos e as diversas opções de filtragem da própria plataforma foram os critérios utilizados para a sua seleção. Vale pontuar que ambas as bases de dados se utilizam de operadores booleanos (*and*, *or* e *not*) para as pesquisas.

### 3.3.2. Definição das palavras chaves

Após a definição da base de dados, baseando-se no tema da pesquisa proposto foi identificada as seguintes palavras-chaves: *Artificial Intelligence* (Inteligência Artificial), *Industry 4.0* (indústria). A escolha destas palavras-chaves se justifica pelo fato de ter-se interesse em trabalhos sobre inteligência artificial na indústria 4.0.

### 3.3.3. Os critérios de inclusão/qualificação dos artigos

Os critérios de inclusão foram estabelecidos considerando os objetivos da pesquisa, visto que, busca-se identificar as vantagens e desvantagens das IA's em pesquisas realizadas visando o cenário industrial brasileiro, ponderou-se que o critério de inclusão deve se atentar ao método de pesquisa utilizado nos artigos encontrados, deste modo, foi desconsiderado os resultados da busca de artigos do tipo de revisão bibliográfica sistemática, apenas sendo inclusos artigos de pesquisa do tipo experimentação, modelagem e simulação, *survey*, estudo de caso e pesquisa-ação.

Considerou-se também como critério para inclusão/qualificação de artigos o período, considerando-se apenas artigos dos últimos 10 anos (de 2012 a 2022), uma vez que a aplicação de IA's no meio industrial está em desenvolvimento crescente nos últimos anos,

e utilizou-se da filtragem por afiliação do autor como uma alternativa para obter-se resultados voltados para o cenário nacional na qual deseja-se analisar a pesquisa.

Deste modo, a busca na base de dados da ScienceDirect e da Scielo foi determinada da seguinte forma: "*Artificial Intelligence*" and "*Industry 4.0*" or "*Industry 4.0*", ano de publicação 2012-2022, e com afiliação do autor "*Brazil*". Os filtros utilizados foram relacionados ao tipo de artigo "*Research articles*" e a área do assunto "*Engeneering*".

### 3.4. PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DOS ARTIGOS

O procedimento para a análise dos artigos adotada foi a Análise de Conteúdo Qualitativa. Segundo Bardin (2004, p.37), a análise de conteúdo pode ser definida como:

“um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens”.

A análise de conteúdo se organiza em torno de três polos cronológicos, sendo eles a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados (Bardin, 2004, p. 31). A pré análise consiste na fase de organização, tem por objetivo tornarem operacionais e sistematizadas as ideias iniciais, de maneira a conduzir a um esquema preciso do desenvolvimento das operações sucessivas, num plano de análise.

Diante disso, foram realizadas a filtragem dos resultados obtidos, sendo utilizado 3 filtros: o primeiro se resumiu na leitura do título, afiliação dos autores, resumo e palavras-chaves; o segundo filtro focou na leitura da introdução e conclusão; o terceiro filtro a leitura completa do artigo, em todos os filtros seguindo os critérios estabelecidos de seleção. Os artigos resultantes da filtragem foram classificados fazendo-se uso do modelo de quadro apresentado por Gohr *et al.* (2013), apresentado no Quadro 3.

Em seguida, a fase de exploração do material, é o período de operações de codificação, desconto ou enumeração, em função de regras previamente formuladas, segundo Bardin (2004, p.97), isso pode ser realizado por recorte, agregação e enumeração, de modo que se pode realizar a representação do conteúdo acerca das características do texto.

Assim, neste trabalho foi realizado o recorte de informações que foram então colocadas no Quadro 3, de modo a sistematizar e simplificar a próxima etapa, a fase do tratamento dos resultados.

**Quadro 3:** Planilha para classificação dos artigos.

CLASSIFICAÇÃO GERAL DOS ARTIGOS					
Título	Autores	Revista	Instituição /País	Classificação <i>Qualis</i> (CAPES)	Ano de Publicação
CLASSIFICAÇÃO ESPECÍFICA DO CONTEÚDO DOS ARTIGOS					
Palavras-chaves	Objetivos	Área de Aplicação	Resultados		
			Vantagens	Desvantagens	
Método de Pesquisa					
IA utilizada					

Fonte: Adaptado de Gohr et al. (2013).

Na fase do tratamento dos resultados, é feita a inferência e a interpretação. A técnica de análise de conteúdo faz uso da categorização, essa técnica trata-se da operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento de acordo com os critérios previamente definidos, constituindo assim cada categoria, um grupo de elementos sob um título genérico, devido à similaridade entre eles (BARDIN, 2004, p.111).

Os critérios de categorização, podem ser semânticos (categorias temáticas), sintáticos, lexicais (classificação das palavras segundo seu sentido) e expressivos. Essas categorias devem seguir determinadas regras que, por sua vez, de devem ser homogêneas, exaustivas, exclusivas, objetivas e adequadas ou pertinentes (BARDIN, 2004, p.111). Neste trabalho, utilizou-se a categorização semântica, uma vez que a classificação das informações foi feita seguindo o seu sentido.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

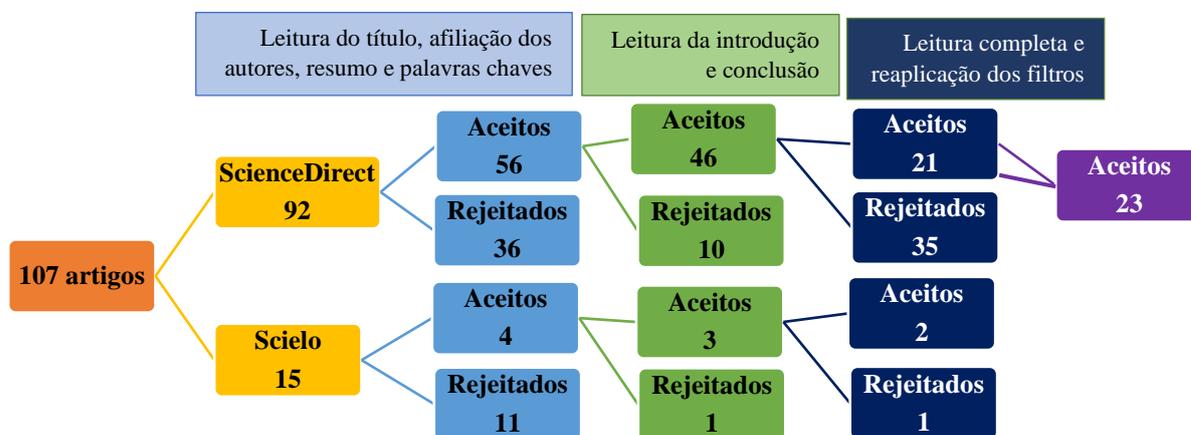
Nesta seção, serão apresentados e discutidos os resultados encontrados por meio da RBS realizada. A fim de uma melhor apresentação dos resultados, dividiu-se essa seção em 4 subseções. Na seção 4.1 são apresentados a quantidade de artigos obtidos por meio

das buscas das palavras-chaves nos bancos de dados escolhidos, assim como, a quantidade de artigos aceitos e rejeitados seguindo os critérios estabelecidos nos procedimentos metodológicos. Na seção 4.2 são apresentados os resultados da RBS com relação ao número de artigos e sua relação com o ano de publicação e com a IA utilizada. Em seguida, na seção 4.3, apresenta-se os resultados obtidos sobre as IA's nestas pesquisas de acordo com as áreas e subáreas da engenharia de produção. Por fim, na seção 4.4 é apresentado a categorização desses artigos identificando as principais IA's utilizadas e as vantagens e desvantagens apontadas nesses estudos.

#### 4.1. RESULTADOS DA BUSCA NAS BASES DE DADOS

Na base de dados da ScienceDirect<sup>1</sup> a pesquisa resultou em 92 artigos, enquanto na base da Scielo<sup>2</sup> resultaram em 15 artigos, totalizando 107 artigos. A partir destes resultados foi feita as três etapas de filtragem, obtendo-se 23 artigos dentro dos critérios estabelecidos. A Figura 2 apresenta a quantidade de artigos aceitos e rejeitados em cada uma das etapas de filtragem.

**Figura 2:** Etapas de filtragem dos artigos



Fonte: Próprio autor.

<sup>1</sup> Resultado da pesquisa disponível pelo link: <https://www.sciencedirect.com/search?date=2012-2022&affiliations=Brazil&q=%22Industry%204.0%22%20and%20%22Artificial%20Intelligence%22&show=100&subjectAreas=2200&lastSelectedFacet=publicationTitles&articleTypes=FLA>. Acesso em: 30 out. 2022.

<sup>2</sup> Resultado da pesquisa disponível pelo link: [https://search.scielo.org/?fb=&q=%28%28intelig%C3%A2ncia+artificial%29+AND+%28ind%C3%BAstria+4.0%29+OR+%28ind%C3%BAstria+4.0%29%29&lang=pt&count=15&from=1&output=site&sort=&format=summary&page=1&where=&filter%5Bin%5D%5B%5D=scl&filter%5Bsubject\\_area%5D%5B%5D=Engineering&filter%5Bwok\\_subject\\_categories%5D%5B%5D=engineering&filter%5Bwok\\_subject\\_categories%5D%5B%5D=manufaturing&filter%5Btype%5D%5B%5D=research-article](https://search.scielo.org/?fb=&q=%28%28intelig%C3%A2ncia+artificial%29+AND+%28ind%C3%BAstria+4.0%29+OR+%28ind%C3%BAstria+4.0%29%29&lang=pt&count=15&from=1&output=site&sort=&format=summary&page=1&where=&filter%5Bin%5D%5B%5D=scl&filter%5Bsubject_area%5D%5B%5D=Engineering&filter%5Bwok_subject_categories%5D%5B%5D=engineering&filter%5Bwok_subject_categories%5D%5B%5D=manufaturing&filter%5Btype%5D%5B%5D=research-article). Acesso em: 12 out. 2022.

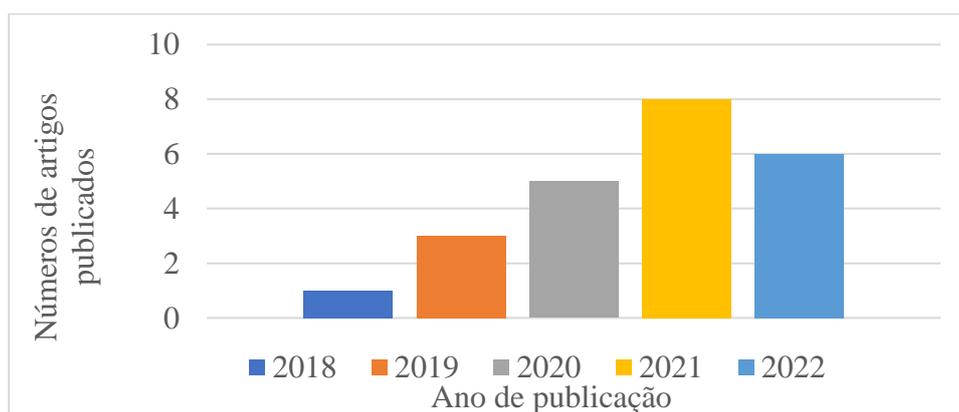
Diante destes artigos foi aplicada a análise de conteúdo seguindo-se as etapas de pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados, de modo que foi possível categorizar o seu conteúdo e obter os resultados apresentados nas próximas seções, sendo empregada o auxílio do Excel durante esse processo para organização dos dados.

#### 4.2. ANÁLISE DOS ARTIGOS

De acordo com os 23 artigos obtidos foi realizada uma análise do número de artigos publicados e o ano de publicação por meio da elaboração do gráfico de colunas apresentados na Figura 3.

No gráfico observa-se que existe um aumento crescente em publicações relacionadas ao uso da inteligência artificial no cenário brasileiro nos últimos 5 anos, não resultando em amostras com ano de publicação inferiores a 2018, o que pode sugerir um crescimento ainda modesto das pesquisas que envolvem o uso de inteligências artificiais no cenário brasileiro, uma vez que boa parte dos artigos que foram obtidos na pesquisa eram revisões bibliográficas sistêmicas e/ou artigos que visavam o cenário internacional, além disso, vale pontuar que a pesquisa desses artigos foi finalizada no mês de outubro de 2022, mostrando que o número de publicações já estava próximo ao do ano anterior.

**Figura 3:** Gráfico do número de artigos publicados utilizando IA no Brasil por ano de publicação.



**Fonte:** Próprio autor.

Desta maneira, dentre os artigos analisados foi estabelecido 7 categorias que são mostradas na Tabela 1. Estas categorias foram estabelecidas considerando-se os diferentes tipos de IA.

**Tabela 1:** Percentual das IA's verificadas para os artigos selecionados nesta RBS.

Inteligências Artificiais	Número de artigos	Percentual de artigos
Redes Neurais	10	43,48%
Aprendizado de Máquinas	6	26,09%
Sistemas Fuzzy/Neuro-fuzzy	3	13,04%
Sistemas Multiagentes	2	8,70%
Algoritmos genéticos	1	4,35%
Sistemas Inteligentes	1	4,35%
<b>Total Geral</b>	<b>23</b>	<b>100%</b>

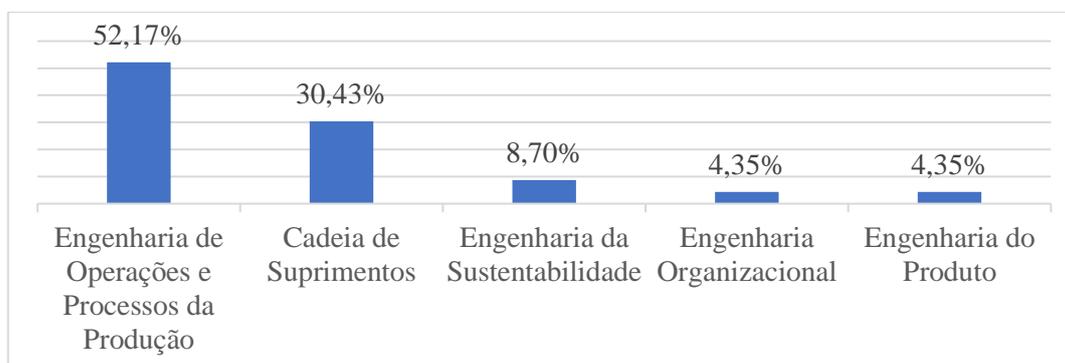
Fonte: Próprio Autor

Desta forma, observou-se que as inteligências artificiais mais empregadas foram as redes neurais (43,48%), o aprendizado de máquinas (26,09%) e o sistemas fuzzy e neuro-fuzzy (13,04%), totalizando 82,61% das IAs empregadas nas pesquisas.

#### 4.3. ANÁLISE DA APLICAÇÃO DAS INTELIGÊNCIAS ARTIFICIAIS NAS ÁREAS E SUBÁREAS DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Considerando-se as dez áreas da engenharia de produção e suas subáreas que balizam a modalidade da graduação, pós-graduação, pesquisa e as atividades profissionais no Brasil estabelecidas pela Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO, 2023), foi observado que dentre os 23 artigos desta RBS cinco áreas estavam presentes, sendo elas a: engenharia de operações e processos da produção, cadeia de suprimentos, engenharia da sustentabilidade, engenharia organizacional e engenharia do produto. Na Figura 4 é apresentado o percentual de artigos para cada uma destas áreas.

**Figura 4:** Gráficos de coluna para as principais áreas da engenharia de produção que empregam as IA's de acordo com os artigos estudados.



Fonte: Próprio Autor

As áreas que mais empregaram técnicas de IA estão nas áreas de engenharia de operações e processos de produção e a cadeia de suprimentos, totalizando dentro das amostras um total de 82,60% das pesquisas. Quando analisado as IA's utilizadas em cada uma das áreas da engenharia de produção os resultados são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2:** Principais IA's empregadas nas áreas da engenharia de produção nos artigos estudados.

<b>Área da Engenharia de Produção/IA</b>	<b>Percentual de artigos</b>
<b>Cadeia de Suprimentos</b>	<b>30,43%</b>
Algoritmos genéticos	4,35%
Aprendizado de Máquinas	4,35%
Redes Neurais	13,04%
Sistemas neuro-fuzzy	8,70%
<b>Engenharia da Sustentabilidade</b>	<b>8,70%</b>
Redes Neurais	4,35%
Sistemas neuro-fuzzy	4,35%
<b>Engenharia de Operações e Processos da Produção</b>	<b>52,17%</b>
Aprendizado de Máquinas	17,39%
Redes Neurais	26,09%
Sistemas Multiagentes	8,70%
<b>Engenharia do Produto</b>	<b>4,35%</b>
Sistemas Inteligentes	4,35%
<b>Engenharia Organizacional</b>	<b>4,35%</b>
Aprendizado de Máquinas	4,35%
<b>Total Geral</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Próprio Autor

Nota-se que para as duas áreas com maior aplicabilidade de IA's são a cadeia de suprimentos e a engenharia de operações e processos da produção, no qual o uso de IA do tipo de redes neurais se sobressai.

Quando analisada as suas subáreas na Tabela 3, observa-se que para a área de cadeia de suprimentos as subáreas de gestão da cadeia de suprimentos e gestão de estoque se destacam, enquanto para a área de engenharia de operações e processos da produção, a subárea que mostra maior interesse pelas IA's é a Gestão de Manutenção.

Tais resultados são compreensíveis, visto que estas áreas apresentam grande complexidade para a tomada de decisões dos seus gestores, uma vez que apresenta um grande volume de informações que são obtidas durante todo o processo produtivo e que necessitam serem processadas e analisadas para uma melhor tomada de decisão. Neste sentido, as redes neurais atuam de forma a permitir que tais problemas complexos sejam então estudados e

analisados em diversas situações da vida real por meio destes modelos de IA sugerindo soluções com maior possibilidade de assertividade, permitindo aos gestores uma melhor tomada de decisão, melhor eficiência e produtividades em seus processos e na cadeia de suprimentos.

**Tabela 3:** Percentual de artigos de acordo com a subárea da engenharia de produção.

<b>Área/Subárea da Engenharia de Produção</b>	<b>Percentual de artigos</b>
<b>Cadeia de Suprimentos</b>	<b>30,43%</b>
Gestão da Cadeia de Suprimentos	17,39%
Gestão de Estoque	13,04%
<b>Engenharia da Sustentabilidade</b>	<b>8,70%</b>
Desenvolvimento Sustentável	4,35%
<b>Engenharia de Operações e Processos da Produção</b>	<b>52,17%</b>
Gestão da Manutenção	34,77%
Gestão de Sistemas de Produção e Operações	8,70%
Planejamento, Programação e Controle da Produção	8,70%
<b>Engenharia do Produto</b>	<b>4,35%</b>
Processo de Desenvolvimento do Produto	4,35%
<b>Engenharia Organizacional</b>	<b>4,35%</b>
Gestão de Desempenho Organizacional	4,35%
<b>Total Geral</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Próprio Autor

#### 4.4. ANÁLISE DAS VANTAGENS E DESVANTAGENS TRAZIDAS PELAS INTELIGÊNCIAS ARTIFICIAIS PARA A ENGENHARIA DE PRODUÇÃO NOS ARTIGOS ESTUDADOS

Diante dos dados fornecidos pelos artigos foi analisado as principais vantagens e desvantagens encontradas nestas pesquisas quando empregadas as IA's, de modo que foi possível identificar as categorias elencadas no Quadro 4 e Quadro 5, respectivamente.

**Quadro 4:** Principais vantagens observadas nas pesquisas devido ao uso de IA's.

Vantagens	Artigos
a) Avaliação de estratégias gerenciais e quantificação de desempenhos	(Lima-Junior e Carpinetti, 2019) (Lima-Junior <i>et al.</i> , 2020) (Caiado <i>et al.</i> , 2021) (Nara <i>et al.</i> , 2021)
b) Apoio a tomada de decisão	(Leusin <i>et al.</i> , 2018) (Lima-Junior e Carpinetti, 2019) (Pinheiro, Dossou e Junior, 2019) (Cavata <i>et al.</i> , 2020) (Lunardi e Lima Junior, 2020) (Caiado <i>et al.</i> , 2021) (Nara <i>et al.</i> , 2021) (Sallati e Schützer, 2021) (Alves, Nogueira e Ravettic, 2022) (Nebelung <i>et al.</i> , 2022)
c) Melhoria e diagnóstico de processos	(Leusin <i>et al.</i> , 2018) (Jordon, Dossou e Junior, 2019) (Cavata <i>et al.</i> , 2020) (Lunardi e Lima Junior, 2020) (Thamm <i>et al.</i> , 2020) (Dias <i>et al.</i> , 2021) (Souza, Brentan e Lima, 2021) (Souza <i>et al.</i> , 2021) (Thamm <i>et al.</i> , 2021) (Nebelung <i>et al.</i> , 2022) (Rubí, Carvalho e Gondim, 2022) (Silva, Kunzel e Pereira, 2022) (Zonta <i>et al.</i> , 2022)
d) Detecção de falhas	(Dias <i>et al.</i> , 2020) (Dias <i>et al.</i> , 2021) (Souza <i>et al.</i> , 2021) (Souza, Brentan e Lima, 2021) (Alves, Nogueira e Ravettic, 2022) (Nebelung <i>et al.</i> , 2022) (Roque <i>et al.</i> , 2022) (Zonta <i>et al.</i> , 2022)
e) Integração e compartilhamento de informações da empresa	(Agostino <i>et al.</i> , 2020) (Dias <i>et al.</i> , 2021)
f) Otimização e/ou Padronização de produtos e recursos.	(Pinheiro, Dossou e Junior, 2019) (Agostino <i>et al.</i> , 2020) (Cavata <i>et al.</i> , 2020) (Cechinel <i>et al.</i> , 2021) (Sallati e Schützer, 2021) (Alves, Nogueira e Ravettic, 2022)
g) Informações em tempo real	(Thamm <i>et al.</i> , 2021) (Alves, Nogueira e Ravettic, 2022) (Nebelung <i>et al.</i> , 2022) (Rubí, Carvalho e Gondim, 2022)

Fonte: Próprio Autor.

**Quadro 5:** Principais desvantagens observadas nas pesquisas devido ao uso de IA's.

Desvantagens	Artigos
a) Pesquisa limitada (ao método de pesquisa, setor e/ou tipo de indústria, localização geográfica dos clientes)	(Lima-Junior e Carpinetti, 2019) (Pinheiro, Dossou e Junior, 2019) (Cavata <i>et al.</i> , 2020) (Lunardi e Lima Junior, 2020) (Cechinel <i>et al.</i> , 2021) (Caiado <i>et al.</i> , 2021) (Nara <i>et al.</i> , 2021) (Sallati e Schützer, 2021) (Souza, Brentan e Lima, 2021) (Zonta <i>et al.</i> , 2022)
b) Mudanças de métricas exigem novos treinamento das IA de aprendizagem	(Lima-Junior <i>et al.</i> , 2020) (Souza, Brentan e Lima, 2021)
c) Necessidade de grandes volumes de dados históricos reais e precisos.	(Lunardi e Lima Junior, 2020) (Roque <i>et al.</i> , 2022)
d) Não oferecem garantia de eficiência real	(Jordon, Dossou e Junior, 2019) (Pinheiro, Dossou e Junior, 2019) (Thamm <i>et al.</i> , 2021)
e) Empregos de outras tecnologias para implantação/custo	(Nara <i>et al.</i> , 2021) (Souza <i>et al.</i> , 2021)
f) Impacto na geração de empregos	(Thamm <i>et al.</i> , 2021)

Fonte: Próprio Autor.

Com relação as vantagens, nota-se o interesse crescente nas pesquisas em IA, de modo a utiliza-las como ferramentas de apoio aos gestores para avaliar estratégias gerenciais desenvolvidas pelas empresas e tomar decisões importantes em diversos setores industriais, gerando métricas diversas que permitam alcançar a melhoria, a partir da quantificação de desempenho e o diagnóstico do processo, para que deste modo, gere como consequência a otimização de recursos e a minimização de custos desnecessários ao processo.

Diante disso, não se pode deixar de pontuar a importância da integração da IA a novas tecnologias (IoT, sistemas ciber-físicos, big data, etc) permitindo a integração e o compartilhamento de informações em tempo real dentro da empresa, as IA's indicam serem ferramentas poderosas para a manutenção tanto preventiva como a preditiva, indicando ser eficientes nas detecções de falhas e na predição de possíveis problemas, permitindo, assim que os gestores possam tomar decisões antes da própria falha.

Por fim, quanto a suas desvantagens, deve-se ressaltar que a maior parte das pesquisas estudadas tratam-se de pesquisas que envolvem simulação e modelagem em apenas determinados tipos e setores da indústria, onde a maioria ainda não foi aplicada a um sistema industrial real, isto sugere que as pesquisas ainda são limitadas ao mundo ideal, exigindo serem empregadas em sistemas físicos reais, porém como apontado por algumas pesquisas, isso ainda gera problemas devido a limitação tecnológica e mecânica encontrada nas empresas

e indústrias brasileiras, além de mão de obra qualificada para implantá-las, ocasionando custos altos durante esse processo.

Alguns autores destacam que também não se pode oferecer uma garantia de eficiência real quando implantadas, algumas delas exigem-se que as IA's sejam treinadas sempre que se ocasionem mudanças de métricas ou até mesmo a necessidade expressiva de uma quantidade de dados históricos que muitas vezes não são fáceis de serem obtidas pelos pesquisadores para o treinamento dessas IA's.

## 5. CONCLUSÃO

Nesta pesquisa buscou-se identificar as principais aplicabilidades das inteligências artificiais no cenário industrial brasileiro estabelecendo quais são as IA's mais empregadas em cada área e subárea da engenharia de produção e quais as principais vantagens e desvantagens que o emprego delas podem trazer, por meio de uma revisão bibliográfica sistêmica (RBS).

Esta RBS identificou dentre os critérios estabelecidos para a pesquisa, que as áreas de maiores destaque na utilização das IA's são a engenharia de operações e processos de produção, com 52,17% dos artigos analisados, e a cadeia de suprimentos, com 30,43% dos artigos analisados. Estas áreas apresentam grande complexidade para a tomada de decisões dos seus gestores, apresentando um grande volume de informações que devem ser obtidas durante todo o processo produtivo e que necessitam serem processadas e analisadas para uma melhor tomada de decisão, assim as IA's veem a auxiliá-los nesse sentido, sendo as redes neurais e a aprendizagem de máquinas os tipos de IA's mais utilizados, uma vez que esses tipos de IA's oferecem possibilidades de que as máquinas aprendam e sinalizem possíveis falhas e até mesmo proponham soluções que ajudem os gestores a fazerem uma melhor escolha para seus negócios. Dentre os artigos analisados 43,48% referem-se a redes neurais, enquanto 26,07% a aprendizagem de máquinas, vale ressaltar que as redes neurais é uma subárea do aprendizado de máquinas, logo podemos concluir que dentre as amostras analisadas a aprendizagem de máquinas constituem 69,55% das preferências em pesquisas, mostrando ser uma ferramenta essencial na visão dos pesquisadores para o cenário da indústria 4.0.

Já quanto as subáreas da engenharia de produção, ligadas aos maiores resultados de aplicabilidade, observou-se que para a área de cadeia de suprimentos as subáreas

de gestão da cadeia de suprimentos (17,39%) e gestão de estoque (13,04%) se destacam, enquanto na área de engenharia de operações e processos da produção, a subárea que mostra maior interesse na utilização das IA's é a Gestão de Manutenção (34,77%), isso pode ser explicado devido ao fato de que se espera que os modelos de IA's implementados nessas pesquisas auxiliem os gestores na melhoria das operações, além da otimização de seus processos, reduzindo custos e eliminando operações que não gerem valor, sendo assim suporte para a tomada de decisões dos gestores.

Com a análise de conteúdo foi possível elencar algumas características principais encontradas nesses artigos que foram categorizadas em termos das vantagens e desvantagens encontradas durante a leitura dos 23 artigos selecionados aptos para esta RBS.

Como vantagens foi considerado o uso de IA's pode oferecer um auxílio a avaliação de estratégias gerenciais e a quantificação de desempenhos nas empresas, pode gerar um apoio a tomada de decisão, melhoria e diagnóstico de processos, e permitir métodos hábeis para a detecção de falhas, além de possibilitar uma melhor integração e compartilhamento de informações pela empresa, oferecer otimização e padronização de produtos e recursos, além de permitir a comunicação de informações em tempo real.

Em relação as desvantagens encontradas podem-se destacar que a maior parte das pesquisas eram limitadas em termos de método de pesquisa, setor e/ou tipo de indústria, localização geográfica dos clientes, apontando a necessidade de aplicações em empresas reais e de diversos tipos e com clientes em localização variada para verificar a verdadeira viabilidade da aplicação dos modelos criados. Além disso, pode-se pontuar as mudanças de métricas que exigem novos treinamentos da IA's, a necessidade de um grande volumes de dados históricos reais e precisos para serem validados em uma empresa real, o que constitui um verdadeiro problema pois é difícil a obtenção desses dados, também outra desvantagem é de que os modelos com as IA's não oferecem garantia de eficiência real, além do emprego de outras tecnologias para sua implantação gerando altos custos para as empresas que desejam implantarem essas IA's e o seu impacto na geração de empregos, tanto em termos de mão de obra qualificada para atuarem junto a IA's quanto a substituição de mão de obra manual geradas pela automatização dos processos, detecção de falhas e tomadas de decisão por meio da IA.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEPRO. **A Profissão da engenharia de Produção**. Disponível em: <<<https://portal.abepro.org.br/profissao/>>>. Acesso em: 07 set. 2022.

AGOSTINO, I.R.S.; FRAZZON, E.M.; ALCALA, S.G.S.; BASTOS, J.P.; RODRIGUEZ, C.M.T. Dynamic Production Order Allocation for Distributed Additive Manufacturing. *IFAC PapersOnLine*, [s.l.], 2020, v.53, n.2, p.10658-10663, 2020.

ALVES, F.A.; NOGUEIRA, T.H.; RAVETTI, M.G. Learning algorithms to deal with failures in production planning. *Computers & Industrial Engineering*, [s. l.], v. 169, p. 1-18, 2022.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 3.ed. Lisboa: Edições 70, 2004.

CAIADO, R.G.G; SCAVARDA, L.F.; GAVIÃO, L.O.; IVSON, P.; NASCIMENTO, D.L.M.; GARZA-REYES, J.A. A fuzzy rule-based industry 4.0 maturity model for operations and supply chain management. *International Journal of Production Economics*, [s.l.], v. 231, p.1-21, 2021.

CAVATA, J. T., MASSOTE, A. A., MAIA, R. F., & LIMA, F. Highlighting the benefits of Industry 4.0 for production: an agent-based simulation approach. *Gestão & Produção*, [s.l.], v.27, n.3, e.5619, 2020. <https://doi.org/10.1590/0104-530X5619-20>.

CHECINEL, A.K.; DE PIERI, E.R.; PEREZ, A.L.F.; PLENTZ, P.D.M. Multi-robot Task Allocation Using Island Model Genetic Algorithm. *IFAC PapersOnline*, v.54, n.1, p.558-563.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. da. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto - CBGDP. *Anais*. p.1-12. Porto Alegre, 2011.

COPPIN, B. **Inteligência Artificial**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

DIAS, J.; DUARTE, M.; COCH, V.; DUARTE, N.; OLIVEIRA, V.; DREWS, P.; BOTELHO, S. Pipe clogging in the fertilizer industry, opportunities and challenges for computer vision. *IFAC PapersOnLine*, v. 53, n. 2, p. 12008-12013, 2020.

DIAS, A.L.; TURCATO, A.C.; SESTITO, G.S.; BRANDAO, D.; NICOLETTI, R. A cloud-based condition monitoring system for fault detection in rotating machines using PROFINET process data. *Computers in Industry*, v.126, p.1-13, 2021.

DURAN, M. O papel da inteligência artificial na indústria 4.0. UNISOMA. 2020. Disponível em: <<<https://www.unisoma.com.br/inteligencia-artificial-industria-4-0/>>>. Acesso em: 06 set. 2022.

ELSEVIER. **ScienceDirect**. Disponível em: <<<https://www.elsevier.com/pt-br/solutions/sciencedirect>>>. Acesso em: 05 out. 2022.

GUARDIA, M.; QUEIROZ, G.A.; COBRA, R.L.R.B.; OLIVEIRA, J.A. de; AMARAL, D. C. A adoção da revisão bibliográfica sistemática na engenharia de produção: uma análise nos anais do ENEGEP. **XXXIII Encontro Nacional De Engenharia De Produção**, Salvador, BA, p. 1-17, 2013. Disponível em: <<[http://abepro.org.br/biblioteca/enegep2013\\_TN\\_STO\\_186\\_058\\_23270.pdf](http://abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_186_058_23270.pdf)>>. Acesso em: 24 abr. 2022.

GOHR, C.F.; SANTOS, L.C.; GONÇALVES, A.M.C.; PINTO, N.O. Um método para a revisão sistemática da literatura em pesquisas de engenharia de produção. **XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Salvador, BA, p.1-18, 2013.

IOT ANALYTICS. **Top 10 Industrial AI use cases**. Disponível em: <<[https://iot--analytics-com.translate.google.com/translate/g?hl=pt-BR&sl=auto&tl=pt&ptq=1&wapp](https://iot--analytics-com.translate.google.com/translate.google.com/translate/g?hl=pt-BR&sl=auto&tl=pt&ptq=1&wapp)>>. Acesso em: 29 jul. 2022.

JAVATPOINT. **Types of Artificial Intelligence**. Disponível em:<<<https://www.javatpoint.com/types-of-artificial-intelligence>>>. Acesso em: 29 jul. 2022.

JORDON, K.; DOSSOU, P.E.; JUNIOR, J.C. Using lean manufacturing and machine learning for improving medicines procurement and dispatching in a hospital. **Procedia Manufacturing**, v.38, p.1034–1041, 2019.

LEVY, Y.; ELLIS, T.J. A system approach to conduct an effective literature review in support of information systems research. **Informing Science Journal**, v.9, p.181-212, 2006.

LEUSIN, M.E.; KÜCK, M; FRAZZON, E.M.; MALDONADO, M.U.; FREITAG, M. Potencial of a multi-agent system approach for production control in smart factories. **IFAC PapersOnline**, v.51, n.11, p.1459-1464, 2018.

LIMA, I.; PINHEIRO, C.A.M.; SANTOS, F.A.O. **Inteligência Artificial**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

LIMA-JUNIOR, F.R.; CARPINETTI, L.C.R. Predicting supply chain performance based on SCOR® metrics and multilayer perceptron neural networks. **International Journal of Production Economics**, v. 212, p. 19-38, 2019.

LIMA-JUNIOR, F.R.; CARPINETTI, L.C.R. An adaptive network-based fuzzy inference system to supply chain performance evaluation based on SCOR® metrics. **Computers & Industrial Engineering**, v.139, p.2020.

LUNARDI, A. R.; LIMA JUNIOR, F. R. Comparison of artificial neural networks learning methods to evaluate supply chain performance. **Gestão & Produção**, 28(3), e5450. <https://doi.org/10.1590/1806-9649-2021v28e5450>.

NARA, E.O.B.; COSTA, M.B.; BAIERLE, I.C.; SCHAEFER, J.L.; BENITEZ, G.B.; SANTOS, L.M.A.L. BENITEZ, L.B. Expected impact of industry 4.0 technologies on sustainable development: A study in the context of Brazil's plastic industry. **Sustainable Production and Consumption**, v.25, p.102-122, 2021.

- NEBELUNG, N.; SANTOS, M.D.S.O; HELENA, S.T.; MOURA, A.F.C.S; CANCELIERI, M.B.; SZEJKA, A.L. Towards real-time machining tool failure forecast approach for smart manufacturing systems. **IFAC Papers Online**, v.55, n.2, p. 548-553, 2022.
- PINHEIRO, J.C.; DOSSOU, P.E; JUNIOR, J.C. M. Methods and concepts for elaborating a decision aided tool for optimizing healthcare medicines dispatching flows. **Procedia Manufacturing**, v.38, p.209–216, 2019.
- ROQUE, A.S.; KREBS, V.W.; FIGUEIRO, I.C.; JAZDI, N. An analysis of machine learning algorithms in rotating machines maintenance. **IFAC PapersOnLine**, v.55, n.2, p. 252-257, 2022.
- RUBÍ, J.N.S.; CARVALHO, P.H.P.; GONDIM, P.R.L. Forestry 4.0 and Industry 4.0: Use case on wildfire behavior predictions. **Computers and Electrical Engineering**, v. 102, p.01-17, 2022.
- SALLATI, C.; SCHÜTZER, K. Development of smart products for elders within the Industry 4.0 context: a conceptual framework. **Procedia CIRP**, p.810-815, 2021.
- SILVA, M.J.; KÜNZEL, G.; PEREIRA, C.E. A Predictive, Context-Dependent Stochastic Model for Engineering Applications. **IFAC-PapersOnLine**, v.55, n.2, p. 402-407, 2022.
- SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. Edipro: São Paulo, 2016. p.159.
- SOUZA, R.G.M.; BRENTAN, B.M.; LIMA, G.M. Optimal architecture for artificial neural networks as pressure estimator. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos versão On-line**, v.26, e.37, p.1-9, 2021.
- SOUZA, M.LH.; COSTA, C.A.; RAMOS, G.O.; RIGHI, R.R. A feature identification method to explain anomalies in condition monitoring. **Computers in Industry**, v.133, p.1-13, 2021.
- TELLES, E.S.; BARONE, D.A.C.; DA SILVA, A.M. Inteligência Artificial no Contexto da Indústria 4.0. *In: Workshop Sobre As Implicações Da Computação Na Sociedade (WICS)*, 1., 2020, Cuiabá. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2020. p. 130-136.
- THEM, S.; HUEBSER, L.; ADAM, T.; HELLEBRANDT, T.; HEINE, I.; BARBALHO, S.; VELHO, S.K.; BECKER, M.; BAGNATO, V.S.; SCHMITT, R.H. Concept for an augmented intelligence-based quality assurance of assembly tasks in global value networks. **Procedia CIRP**, v.97, p.423-428, 2020.
- ZHONG, R.Y., XUN X., KLOTZ, E.; STEPHEN T.N. Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. **Engineering** 3(5): 616–630, 2017.
- ZONTA, T.; COSTA, C.A.; ZEISER, F.A.; RAMOS, G.O.; KUNST, R.; RIGHI, R.R. A predictive maintenance model for optimizing production schedule using deep neural networks. **Journal of Manufacturing Systems**, v.62, p.450-462, 2022.