

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

### STUDY OF THE APPLICABILITY OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PRODUCTION ENGINEERING WITHIN THE BRAZILIAN SCENARIO: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Vivian Delmute Rodrigues\*<sup>ORCID</sup> E-mail: [viviandelmute@gmail.com](mailto:viviandelmute@gmail.com)  
Sandra Cristina Marchiori de Brito\*\*<sup>ORCID</sup> E-mail: [sandra.brito@ufms.br](mailto:sandra.brito@ufms.br)  
Elizangela Velozo Saes\*\*<sup>ORCID</sup> E-mail: [elizangela.saes@ufms.br](mailto:elizangela.saes@ufms.br)  
Elida de Paula Moraes Corveloni\*\*<sup>ORCID</sup> E-mail: [elida.moraes@ufms.br](mailto:elida.moraes@ufms.br)

\*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul 9IFMS), Três Lagoas, MS, Brasil.

\*\*Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Três Lagoas, MS, Brasil.

**RESUMO:** 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 vêm 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 sistemática (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 IAs 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 mais utilizados, constituindo 69,55% das preferências em pesquisas. Como principais vantagens foi observado que as IAs 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 IAs 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.

**Abstract:** Currently, companies and industries aiming to operate in the global market need to employ increasingly modern technological resources in their production processes. Therefore, production engineers are required to be prepared for the changes occurring in the Industry 4.0 landscape and to possess basic knowledge of various emerging technologies, such as the most commonly used artificial intelligences (AI). This work aims to present a Systematic Literature Review (SBR) to identify which AIs are most frequently employed in the Brazilian industrial scenario and the main advantages and disadvantages found in these academic studies. The results indicated that the prominent areas for

AI utilization are operations and production processes engineering and the supply chain, accounting for 82.60% of the analyzed articles. Neural networks and machine learning were identified as the most used AI types, constituting 69.55% of the preferences in the research. As for the main advantages, it was observed that AIs can offer decision-making support for managers, process improvement and diagnosis, more skillful methods for fault detection, in addition to information integration and sharing. The disadvantages, however, highlighted that limitations still exist in research on AIs, with metric changes and the need for large volumes of real and precise historical data to validate the model being the main problems faced by researchers.

**Keywords:** Artificial intelligence. Production engineering. Industry 4.0.

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história da civilização humana, fomos moldados por mudanças significativas nas formas do ser humano se relacionar, gerar riquezas e transformar o ambiente em que vive, 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 (Rocha; Kissimoto, 2022; 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 sobre as 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 (Spellmeier *et al.*, 2025; Rocha; Kissimoto, 2022; Telles *et al.*, 2020; Zhong *et al.*, 2017). Pode-se considerar que a “Inteligência Artificial utiliza métodos baseados em comportamentos inteligentes de humanos e outros animais para solucionar problemas complexos” (Coppin, 2013, p.4).

Neste cenário, torna-se 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 vêm sendo realizadas sobre IA no cenário industrial brasileiro, uma vez que ainda há uma

lacuna significativa na literatura acadêmica brasileira sobre a aplicação prática e as particularidades dessas tecnologias no contexto industrial do país (Santos Junior; Moura, 2024). Muitas das discussões e estudos existentes se concentram em cenários globais ou em setores específicos, deixando uma necessidade de compilar e analisar o que está sendo efetivamente empregado e quais desafios e benefícios que surgem especificamente nas indústrias brasileiras.

Dessa forma, surge o seguinte problema de pesquisa: qual é o panorama atual da aplicação de tecnologias de Inteligência Artificial no setor industrial brasileiro, considerando as técnicas de IAs mais utilizadas, suas vantagens e desvantagens?

Nesse sentido, apresenta-se este trabalho, que trata de uma Revisão Bibliográfica sistemática (RBS) e tem por objetivo identificar quais as IAs mais empregadas, no contexto da indústria 4.0, 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 os profissionais desta área possam ampliar seus conhecimentos e facilitar a tomada de decisões referentes à implantação de IA nas mais variadas empresas e indústrias das quais fazem parte.

Para uma melhor compreensão, este artigo foi estruturado em sete seções. A seção 2 apresenta uma discussão concisa do referencial teórico, destacando aspectos essenciais da Indústria 4.0 e da Inteligência Artificial. A metodologia de pesquisa empregada é detalhada na seção 3, e o procedimento metodológico proposto para analisar, sintetizar e avaliar a literatura são apresentados nas seções 4 e 5, respectivamente. A seção 6 apresenta os resultados alcançados neste estudo. E por fim, a seção 7 são apresentadas as conclusões do trabalho.

## 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 por tecnologias digitais que estão se tornando cada vez mais sofisticadas e integradas. Elas 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 à fusão de tecnologias e à interação entre os domínios digitais e biológicos, na qual as tecnologias emergentes e as inovações são difundidas rapidamente (Bandeira; Tortato, 2024; 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 Ciberfísicos (CPSs), computação em nuvem, aprendizagem de máquina (*machine learning*), entre outras (Spellmeier *et al.*, 2025; Rocha; Kissimoto, 2022). Elas são 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 para atender o mercado atual, dinâmico e global (Spellmeier *et al.*, 2025; Rocha; Kissimoto, 2022; Cavata *et al.*, 2020; Duran, 2020; Zhong *et al.*, 2017; Schwab, 2016).

Nesse sentido, a quarta revolução industrial vem causando mudanças profundas em um dos setores que mais influencia a 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 (Zhong *et al.*, 2017, p. 617).

Diante disso, existe uma preocupação econômica e social de que o emprego destas tecnologias emergentes gere uma onda ascendente de desemprego, visto que, tais tecnologias tendem a substituir categorias de trabalho que são repetitivas e

rotineiras por processos automatizados, diminuindo o número de postos de trabalho. Além disso, futuramente, elas 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 (Rocha; Kissimoto, 2022; 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 dela e de outras tecnologias para operarem. Isso só é possível devido à 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 (Rocha; Kissimoto, 2022; 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).

Stuart Russell e Peter Norvig (2013) definem a IA como agentes que recebem percepções do ambiente e executam ações. Eles categorizam a IA em quatro perspectivas principais baseadas em seus níveis de capacidade, tais como sistemas que: pensam como humano, agem como humano, pensam racionalmente ou agem racionalmente.

Com relação às principais áreas de pesquisa, cita-se o aprendizado de máquina (*machine learning*), os sistemas multiagentes, o desenvolvimento de vida

artificial, os sistemas especialistas, a visão computacional, o planejamento, a robótica, e o processamento de linguagem natural, sendo o aprendizado de máquina um segmento em ascensão para o desenvolvimento da Inteligência Artificial (Rocha; Kissimoto, 2022; 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**

<b>Áreas de Pesquisas</b>	<b>Características</b>
<b>Aprendizado de Máquinas</b> ( <i>Machine Learning</i> )	Baseado na ideia de que as máquinas podem aprender com dados passados, identificar padrões e tomar decisões usando algoritmos.
<b>Sistemas Multiagentes</b>	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>	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>	Sistemas projetados em que se objetiva a solução de problemas.
<b>Robótica</b>	Ramo da inteligência artificial e engenharia que é usado para projetar e fabricar robôs.
<b>Processamento em Linguagem Natural</b>	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 (Spellmeier *et al.*, 2025; Rocha; Kissimoto, 2022; 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

<b>Áreas de Pesquisas</b>	<b>Características</b>
<b>Internet das Coisas (IoT)</b>	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 (CPS)</b>	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 à Indústria 4.0

As mudanças que vêm ocorrendo com a Indústria 4.0 exige que engenheiros e futuros engenheiros de produção compreendam o ambiente de trabalho e as novas transformações devido à 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 analistas 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, observa-se que existe uma tendência crescente do emprego das IAs 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.

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

### **3 METODOLOGIA DE PESQUISA**

#### **3.1 Caracterização da Pesquisa**

Diante dos objetivos desta pesquisa, ela pode ser classificada, com relação ao seu propósito, como exploratória, pois almeja alcançar maior familiaridade com um problema, analisando-se, assim, as principais vantagens e desvantagens observadas nas diversas pesquisas com o emprego de IA. Quanto à sua natureza, classifica-se como pura e, com relação a sua abordagem, trata-se 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, p.182), 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”.

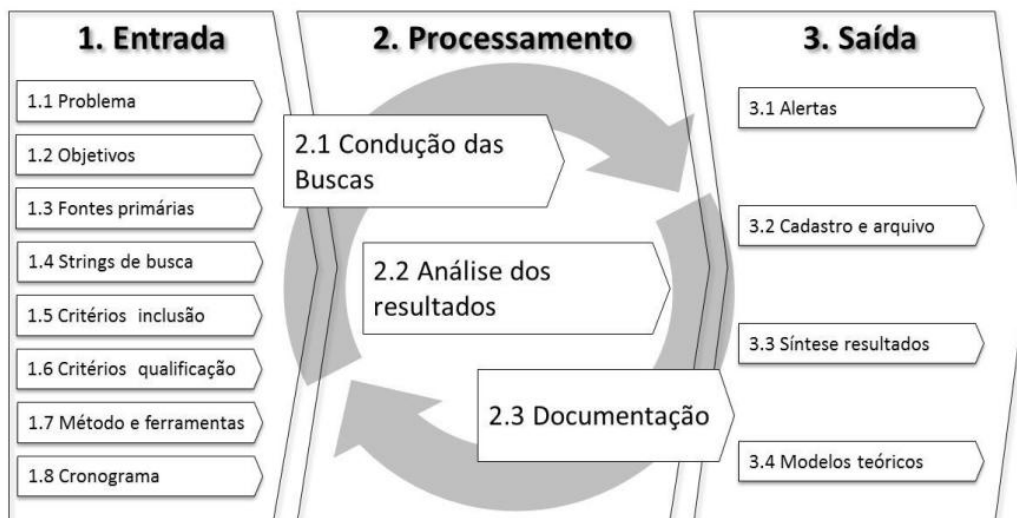
De acordo com Guardia *et al.* (2013), a necessidade das revisões bibliográficas exigidas nas pesquisas científicas tem se tornado um desafio cada vez maior para os pesquisadores nas últimas décadas, visto que, com o avanço das tecnologias da informação e o crescimento da comunidade científica, têm-se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

Diante disso, podem-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, possibilitando o mapeamento de 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, auxiliando, também, na tomada de decisão de outros profissionais (Guardia *et al.*, 2013; Conforto *et al.*, 2011; Levy; Elias, 2006).

A RBS tem sido aplicada em várias áreas do conhecimento, dentre elas, podem-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 de 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).

## 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

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

### 4.1 Definição da base de dados

Para a definição da base de dados, foram escolhidas duas: uma nacional e outra internacional. A base de dados internacional selecionada foi a *ScienceDirect*, 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 deve-se à facilidade com a qual as pesquisas são realizadas, com etapas de filtragem eficientes e de fácil adaptabilidade ao uso. Já a base de dados nacional utilizada foi a base SciELO, cujo acesso livre aos artigos e as diversas opções de filtragem da própria plataforma foram os critérios para a sua seleção. Vale pontuar que ambas as bases de dados utilizam de operadores booleanos (*AND*, *OR* e *NOT*) para as pesquisas.

## 4.2 Definição das palavras-chave

Após a definição da base de dados, e com base no tema da pesquisa proposto, foram identificadas as seguintes palavras-chave: “*Artificial Intelligence*” (Inteligência Artificial), “*Industry 4.0*” (indústria). A escolha dessas palavras-chave justifica-se pelo interesse em trabalhos sobre inteligência artificial no contexto da indústria 4.0.

## 4.3 Os critérios de inclusão/qualificação dos artigos

Os critérios de inclusão foram estabelecidos considerando os objetivos da pesquisa, visto que se busca identificar as vantagens e desvantagens das IAs em estudos voltados ao cenário industrial brasileiro. Ponderou-se que o critério de inclusão deveria se atentar ao método de pesquisa utilizado nos artigos encontrados; desse modo, foram desconsiderados os resultados de buscas por artigos do tipo “revisão bibliográfica sistemática”, sendo incluídos apenas 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 outubro de 2022), uma vez que a aplicação de IAs no meio industrial está em crescimento nos últimos anos. Além disso, utilizou-se a filtragem por afiliação do autor como uma alternativa para obter resultados voltados para o cenário nacional que se deseja analisar.

Deste modo, a busca nas bases de dados da ScienceDirect e SciELO foi determinada da seguinte forma: “*Artificial Intelligence AND Industry 4.0*” OR “*Industry 4.0*”, essa lógica de busca priorizou a combinação de “*Artificial Intelligence*” e “*Industry 4.0*”, mas também incluíram artigos que abordaram apenas “*Industry 4.0*”. O período de publicação foi definido entre 2012 e 2022, com afiliação do autor “*Brazil*”. Os filtros adicionais utilizados foram relacionados ao tipo de artigo “*Research articles*” e a área do assunto “*Engeneering*”.

## 5 PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DOS ARTIGOS

O procedimento para a análise dos artigos adotado 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: a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados (Bardin, 2004, p. 31). A pré-análise consiste na fase de organização e tem por objetivo tornar operacionais e sistematizadas as ideias iniciais, de maneira a conduzir a um esquema preciso do desenvolvimento das operações sucessivas, um plano de análise.

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

**Quadro 3** - Planilha para classificação dos artigos

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

Fonte: Adaptado de (GOHR *et al.*, 2013).

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.

Na fase do tratamento dos resultados são feitas a inferência e a interpretação. A técnica de análise de conteúdo faz uso da categorização, que se trata da operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, subseqüentemente, por reagrupamento de acordo com os critérios previamente definidos. Assim, cada categoria constitui 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, por sua vez, devem seguir determinadas regras sendo 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.

## **6. 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 6.1 são apresentados a quantidade de artigos obtidos por meio das buscas das palavras-chave nos bancos de dados escolhidos, assim como, a quantidade de artigos incluídos e excluídos seguindo os critérios estabelecidos nos procedimentos metodológicos. Na seção 6.2 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 6.3, apresenta-se os resultados obtidos sobre as IA nestas pesquisas de acordo com as áreas e subáreas da engenharia de

produção. Por fim, na seção 6.4 é apresentada a categorização desses artigos, identificando as principais IAs utilizadas e as vantagens e desvantagens apontadas nesses estudos.

## 6.1 Resultados da busca nas bases de dados

Na base de dados 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, foram realizadas as três etapas de filtragem, obtendo-se 23 artigos dentro dos critérios estabelecidos. A Figura 2 apresenta a quantidade de artigos incluídos e excluídos em cada uma das etapas de filtragem.

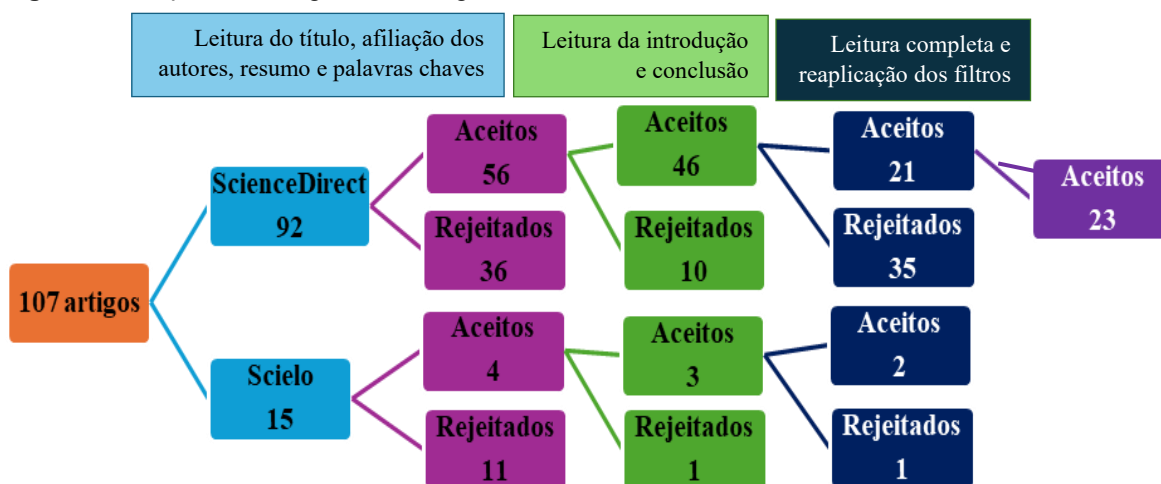
Diante destes artigos, foi aplicada a análise de conteúdo, seguindo as etapas de pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, de modo que foi possível categorizar o seu conteúdo e obter os resultados apresentados nas próximas seções. O auxílio do Excel foi empregado durante esse processo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

---

<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%Aancia+artificial%29+AND+%28ind%C3%Astria+4.0%29+OR+%28Ind%C3%Astria+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=manufacturing&filter%5Btype%5D%5B%5D=research-article](https://search.scielo.org/?fb=&q=%28%28intelig%C3%Aancia+artificial%29+AND+%28ind%C3%Astria+4.0%29+OR+%28Ind%C3%Astria+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=manufacturing&filter%5Btype%5D%5B%5D=research-article). Acesso em: 12 out. 2022.

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



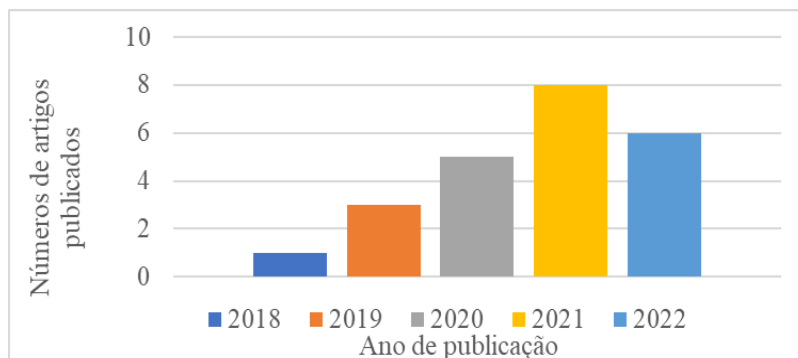
Fonte: Próprio autor.

## 6.2 Análise dos artigos

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

No gráfico, observa-se um aumento crescente em publicações relacionadas ao uso da IA 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 IAs no cenário brasileiro, uma vez que boa parte dos artigos obtidos na pesquisa eram revisões bibliográficas sistemáticas 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** - Número de artigos publicados sobre IA na Indústria 4.0 no contexto brasileiro de 2012 a outubro/2022



**Fonte:** Próprio autor.

Dessa maneira, dentre os artigos analisados, foram estabelecidas sete categorias que são mostradas na Tabela 1. Estas categorias foram estabelecidas considerando-se as diferentes técnicas de IA.

**Tabela 1** - Percentual das IAs verificadas para os artigos selecionados nesta RBS

<b>Inteligências Artificiais</b>	<b>Número de artigos</b>	<b>Percentual de artigos</b>
Redes Neurais	10	43,48%
Aprendizado de Máquina	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

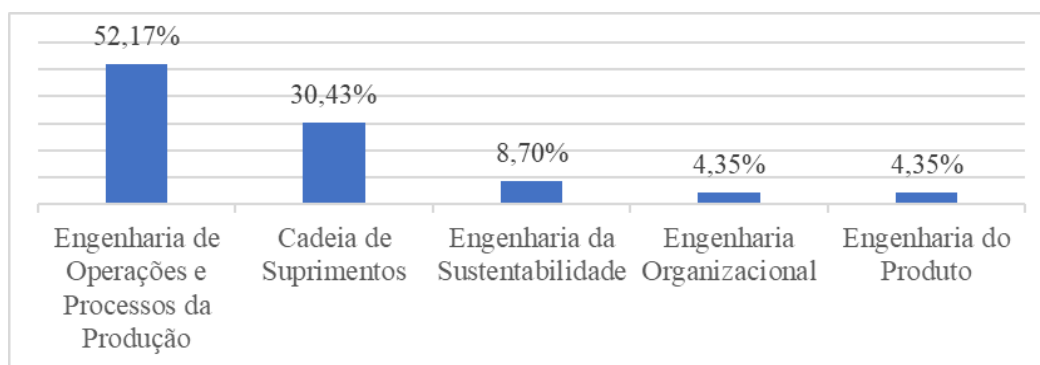
Assim, observou-se que as IAs mais empregadas foram as Redes Neurais (43,48%), o Aprendizado de Máquina (26,09%) e os Sistemas Fuzzy/Neuro-Fuzzy (13,04%), totalizando 82,61% das IAs empregadas nas pesquisas.

### **6.3 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** - Gráfico de colunas para as principais áreas da engenharia de produção que empregam as IAs de acordo com os artigos estudados



Fonte: Próprio Autor

As técnicas de IA foram mais empregadas nas áreas de engenharia de operações e processos de produção e a cadeia de suprimentos, totalizando 82,60% das pesquisas analisadas. A Tabela 2 apresenta os resultados detalhados das IAs utilizadas em cada uma das áreas da engenharia de produção.

**Tabela 2** - Principais IAs empregadas nas áreas da engenharia de produção nos artigos estudados

Área da Engenharia de Produção/IA	Percentual de artigos
<b>Cadeia de Suprimentos</b>	<b>30,43%</b>
Algoritmos genéticos	4,35%
Aprendizado de Máquina	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 Máquina	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 Máquina	4,35%
<b>Total Geral</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Próprio Autor.

Observa-se que para as duas áreas com maior aplicabilidade de IA estão 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.

Ao analisar 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 IAs é a Gestão de Manutenção.

**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.

Tais resultados são compreensíveis, visto que essas áreas apresentam grande complexidade para a tomada de decisões de seus gestores, uma vez que lidam com um grande volume de informações obtidas durante todo o processo

produtivo, as quais necessitam ser processadas e analisadas para uma melhor tomada de decisão. Neste sentido, as Redes Neurais atuam de forma a permitir que tais problemas complexos sejam estudados e analisados em diversas situações da vida real, por meio destas técnicas de IA sugerindo soluções com maior possibilidade de assertividade, o que permite aos gestores uma melhor tomada de decisão, maior eficiência e produtividade em seus processos e na cadeia de suprimentos.

#### 6.4 Análise das vantagens e desvantagens trazidas pelas inteligências artificiais para a engenharia de produção nos artigos estudados

Diante dos dados fornecidos pelos artigos, foram analisadas as principais vantagens e desvantagens encontradas nessas pesquisas quando empregadas as técnicas de IAs, 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

Vantagens	Artigos
a) Avaliação de estratégias gerenciais e quantificação de desempenhos	(LIMA-JUNIOR; CARPINETTI, 2019) (LIMA-JUNIOR <i>et al.</i> , 2020) (CAIADO <i>et al.</i> , 2021) (NARA <i>et al.</i> , 2021)
b) Apoio à tomada de decisão	(LEUSIN <i>et al.</i> , 2018) (LIMA-JUNIOR; CARPINETTI, 2019) (PINHEIRO, DOSSOU; JUNIOR, 2019) (CAVATA <i>et al.</i> , 2020) (LUNARDI; LIMA JUNIOR, 2020) (CAIADO <i>et al.</i> , 2021) (NARA <i>et al.</i> , 2021) (SALLATI; SCHÜTZER, 2021) (ALVES; NOGUEIRA; RAVETTIC, 2022) (NEBELUNG <i>et al.</i> , 2022)
c) Melhoria e diagnóstico de processos	(LEUSIN <i>et al.</i> , 2018) (JORDON; DOSSOU; JUNIOR, 2019) (CAVATA <i>et al.</i> , 2020) (LUNARDI; LIMA JUNIOR, 2020) (THAMM <i>et al.</i> , 2020) (DIAS <i>et al.</i> , 2021) (SOUZA; BRENTAN; LIMA, 2021) (SOUZA <i>et al.</i> , 2021) (THAMM <i>et al.</i> , 2021) (NEBELUNG <i>et al.</i> , 2022) (RUBÍ; CARVALHO; GONDIM, 2022) (SILVA; KUNZEL; PEREIRA, 2022) (ZONTA <i>et al.</i> , 2022) <span style="float: right;">continua</span>

Detecção de falhas	(DIAS <i>et al.</i> , 2020) (DIAS <i>et al.</i> , 2021) (SOUZA <i>et al.</i> , 2021) (SOUZA; BRENTAN; LIMA, 2021) (ALVES; NOGUEIRA; RAVETTIC, 2022) (NEBELUNG <i>et al.</i> , 2022) (ROQUE <i>et al.</i> , 2022) (ZONTA <i>et al.</i> , 2022)
Integração e compartilhamento de informações da empresa	(AGOSTINO <i>et al.</i> , 2020) (DIAS <i>et al.</i> , 2021)
Otimização e/ou Padronização de produtos e recursos.	(PINHEIRO; DOSSOU; JUNIOR, 2019) (AGOSTINO <i>et al.</i> , 2020) (CAVATA <i>et al.</i> , 2020) (CECHINEL <i>et al.</i> , 2021) (SALLATI; SCHÜTZER, 2021) (ALVES; NOGUEIRA; RAVETTIC, 2022)
Informações em tempo real	(THAMM <i>et al.</i> , 2021) (ALVES; NOGUEIRA; RAVETTIC, 2022) (NEBELUNG <i>et al.</i> , 2022) (RUBÍ; CARVALHO; GONDIM, 2022)

Fonte: Próprio Autor.

**Quadro 5** - Principais desvantagens observadas nas pesquisas devido ao uso de IA

Desvantagens	Artigos
a) Pesquisa limitada (ao método de pesquisa, setor e/ou tipo de indústria, localização geográfica dos clientes)	(LIMA-JUNIOR; CARPINETTI, 2019) (PINHEIRO; DOSSOU; JUNIOR, 2019) (CAVATA <i>et al.</i> , 2020) (LUNARDI; LIMA JUNIOR, 2020) (CECHINEL <i>et al.</i> , 2021) (CAIADO <i>et al.</i> , 2021) (NARA <i>et al.</i> , 2021) (SALLATI; SCHÜTZER, 2021) (SOUZA; BRENTAN; 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; LIMA, 2021)
c) Necessidade de grandes volumes de dados históricos reais e precisos.	(LUNARDI; LIMA JUNIOR, 2020) (ROQUE <i>et al.</i> , 2022)
d) Não oferecem garantia de eficiência real	(JORDON; DOSSOU; JUNIOR, 2019) (PINHEIRO; DOSSOU; 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 às vantagens, destaca-se o crescente interesse nas pesquisas em IA utilizando-as como ferramentas de apoio aos gestores. Essas ferramentas auxiliam na avaliação de estratégias gerenciais e nas tomadas de decisões importantes em diversos setores industriais, gerando métricas que permitem aprimorar o desempenho por meio da quantificação e do diagnóstico do processo.

Conseqüentemente, isso leva a otimização de recursos e à minimização de custos desnecessários ao processo.

Diante disso, não se pode deixar de pontuar a importância da integração da IA às novas tecnologias (IoT, sistemas ciberfísicos, *big data*), permitindo a integração e o compartilhamento de informações em tempo real dentro da empresa. As técnicas de IAs, mostram-se ferramentas poderosas tanto para a manutenção preventiva como a preditiva, sendo eficientes na detecção de falhas e na previsão de possíveis problemas. Isso permite aos gestores tomar decisões antes da própria falha.

Por fim, quanto às suas desvantagens, deve-se ressaltar que a maior parte das pesquisas estudadas se refere a pesquisas que envolvem simulação e modelagem em apenas determinados tipos e setores da indústria, sendo que a maioria ainda não foi aplicada a um sistema industrial real. Isso sugere que as pesquisas ainda estão limitadas ao mundo ideal, exigindo que sejam empregadas em sistemas físicos reais. Contudo, como apontado por algumas pesquisas, essa aplicação ainda gera problemas devido à limitação tecnológica e mecânica encontrada nas empresas e indústrias brasileiras, além da escassez de mão de obra qualificada para implantá-las, o que ocasiona custos elevados durante esse processo.

Alguns autores destacam que não é possível oferecer uma garantia de eficiência real quando as IAs são implantadas. Algumas delas exigem que sejam treinadas sempre que ocorram mudanças de métricas ou que haja uma necessidade expressiva de uma quantidade de dados históricos que, muitas vezes, não são fáceis de serem obtidos pelos pesquisadores para o treinamento dessas técnicas de IA.

## **7 CONCLUSÃO**

Nesta pesquisa, considerando o problema de pesquisa considerado, buscou-se identificar as principais aplicabilidades das inteligências artificiais no cenário industrial brasileiro, estabelecendo quais são as mais empregadas em cada área e subárea da engenharia de produção e quais as principais vantagens e desvantagens

que seu emprego pode trazer, por meio de uma Revisão Bibliográfica sistemática (RBS).

Esta RBS identificou, dentre os critérios estabelecidos para a pesquisa, que as áreas de mais destaque na utilização das técnicas de IA 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. Essas áreas possuem 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 técnicas de IA podem auxiliar nesse sentido, sendo as redes neurais e a aprendizagem de máquina as técnicas de IA mais utilizadas, uma vez que 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 aprendizado de máquina, vale ressaltar que as redes neurais é uma subárea do aprendizado de máquina, logo conclui-se que a aprendizagem de máquina constitui 69,55% das preferências em pesquisas, mostrando ser uma ferramenta essencial na visão dos pesquisadores para o cenário da indústria 4.0.

Já quanto às subáreas da engenharia de produção, ligadas aos 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 IAs é a Gestão de Manutenção (34,77%). Isso pode ser explicado devido ao fato de que se espera que as técnicas de IA, 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 que o uso de IA pode oferecer um auxílio à avaliação de estratégias gerenciais e à quantificação de desempenho nas empresas; pode gerar apoio à 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 às desvantagens encontradas, destaca-se que a maior parte das pesquisas era limitada em termos de método de pesquisa, setor e/ou tipo de indústria, além da localização geográfica dos clientes, apontando a necessidade de aplicações em empresas reais, de diversos tipos e com clientes em localizações variadas, 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; a necessidade de um grande volume 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.

Outra desvantagem é que os modelos com IA não oferecem garantia de eficiência real, além de exigirem o emprego de outras tecnologias para sua implantação, o que gera altos custos para as empresas que desejam implantar essas IAs. Soma-se a isso o seu impacto na geração de empregos, tanto em termos da necessidade de mão de obra qualificada para atuar junto às IAs, quanto pela substituição da mão de obra manual, gerada pela automatização dos processos, detecção de falhas e tomadas de decisão por meio da IA.

Dessa forma, esta pesquisa contribui de maneira relevante para a Engenharia de Produção ao sistematizar o conhecimento sobre a aplicação de técnicas de Inteligência Artificial no setor industrial brasileiro, fornecendo dados que auxiliam engenheiros e gestores na compreensão de como, onde e com que finalidade essas tecnologias têm sido utilizadas. Ao mapear as áreas mais impactadas, as técnicas mais recorrentes e os principais benefícios e limitações observados, este estudo oferece uma base consistente para a tomada de decisões estratégicas,

desenvolvimento de novas pesquisas e formação de profissionais capacitados para atuarem frente aos desafios da Indústria 4.0 no contexto nacional.

## REFERÊNCIAS

ABEPRO. **A Profissão da engenharia de Produção**. Disponível em: <https://portal.abepro.org.br/profissao/>. Acesso em: 7 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.

BANDEIRA, G.L.; TORTATO, U. The future avenues of artificial intelligence and decision-making in business management. **RAM. Revista Administração Mackenzie**. v.25, n.6, p.1-30, 2024.

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. DOI: [10.1590/0104-530X5619-20](https://doi.org/10.1590/0104-530X5619-20).

CECHINEL, 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, 2021.

CONFORTO, E.C.; AMARAL, D.C.; SILVA, S.L. da. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO**, 8., 2011, Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre, 2011, p.1-12.

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**. [s.l.]:UNISOMA, 2020. Disponível em: <<<https://www.unisoma.com.br/inteligencia-artificial-industria-4-0/>>>. Acesso em: 6 set. 2022.

ELSEVIER. **ScienceDirect**. Disponível em: <<<https://www.elsevier.com/pt-br/solutions/sciencedirect>>>. Acesso em: 5 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. In: **Encontro Nacional De Engenharia De Produção**, 33., 2013, Salvador, BA. Anais[...]. Salvador, BA, 2013. p. 1-17. 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. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 33., 2013, Salvador, BA, 2013, p.1-18.

IOT ANALYTICS. **Top 10 Industrial AI use cases**. Disponível em: <<[https://iot-analytics-com.translate.google.com/wp-content/uploads/2019/12/The-top-10-industrial-AI-use-cases-min.png?x\\_tr\\_sl=auto&x\\_tr\\_tl=pt&x\\_tr\\_hl=pt-BR&x\\_tr\\_pto=wapp](https://iot-analytics-com.translate.google.com/wp-content/uploads/2019/12/The-top-10-industrial-AI-use-cases-min.png?x_tr_sl=auto&x_tr_tl=pt&x_tr_hl=pt-BR&x_tr_pto=wapp)>>. 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. Potential 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.106191, 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. DOI: [10.1590/1806-9649-2021v28e5450](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; CANGIGLIERI, 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.

ROCHA, I.S.; KISSIMOTO, K.O. Barreiras e benefícios na adoção de inteligência artificial e IoT na gestão da operação. **Recursos e Desenvolvimento Empresarial**, v.23, n.4, p.01-32, 2022. DOI: [10.1590/1678-6971/eRAMR220119.pt](https://doi.org/10.1590/1678-6971/eRAMR220119.pt).

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.

RUSSEL, S.; NORVIG, P. **Inteligência artificial**. 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

SALLATI, C.; SCHÜTZER, K. Development of smart products for elders within the Industry 4.0 context: a conceptual framework. **Procedia CIRP**, v.100, 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.

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.L.H.; 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.

SPELLMEIER, J.P.; KUNTZ, L.Z.; ROSA, C.B.; VALENTIM, A.M.; BALDESSARELLI, G.M.; REDISKE, G. Desafios na implementação da indústria 4.0 no setor metalmeccânico brasileiro: análise de barreiras de entrada. **Revista Produção Online**. Florianópolis, SC, v. 25, n. 2, e-5436, 2025.

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**, v.3, n.5, p. 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.

### **Biografia do(s) autor(es)**

#### **Vivian Delmute Rodrigues**

Doutora em Física da Matéria Condensada e Licenciada em Física pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, Campus de Ilha Solteira/SP e, bacharel em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), campus de Três Lagoas/MS. Atualmente, é professora substituta no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS), campus de Três Lagoas. Atua nas áreas de pesquisa em ensino de física e astronomia, e supercondutividade.

#### **Sandra Cristina Marchiori de Brito**

Doutora em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, Campus de Ilha Solteira/SP. Atualmente, é professora titular da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Campus de Três Lagoas/MS, com experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Redes Neurais Artificiais, atuando principalmente nos seguintes temas: controle estatístico de processos e análise de dados em saúde.

**Elizangela Veloso Saes**

Doutora em Gestão da Produção pela Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. Atualmente, é professora associada da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Campus de Três Lagoas/MS, em que atua nas áreas de Planejamento e Controle de Produção, Estratégia de Produção, Gestão da Qualidade e de Projetos.

**Elida de Paula Moraes Corveloni**

Doutora em Engenharia Química, Desenvolvimento de Processos pela Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá- PR. Atualmente, é professora associada da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Campus de Três Lagoas/MS, com experiência na área de Engenharia de Processos, com ênfase em Processos Industriais e Desenvolvimento de Produto, atuando principalmente nos seguintes temas: processos industriais, clarificação, zeólitas e matéria-prima natural.



Artigo recebido em: 07/07/2023 e aceito para publicação em: 24/04/2026

DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v26i3.4942>