

Cenário da publicação científica sobre indústria 4.0: um estudo bibliométrico

Luiz Fernando de Souza
luizcambe2998@gmail.com

Bruna Hernandes Scarabelli
scarabellibruna@gmail.com

Rejane Sartori
rejanestr@gmail.com

Recebido em: 5 jun. 2023

Aceito em: 20 jul. 2023

Resumo

Indústria 4.0 é um termo que indica o uso de tecnologias da informação e automação na manufatura. Os conceitos e aplicações da Indústria 4.0 ganharam relevância nos últimos anos tanto para pesquisadores quanto empresários, no entanto, observa-se não haver, na literatura, consenso quanto aos conceitos que o envolvem, seus critérios de realização são ainda incertos e o roteiro tecnológico para alcançá-la não é claro. Assim, este estudo tem por objetivo mapear a produção científica sobre Indústria 4.0. Trata-se de um estudo bibliográfico, de caráter exploratório e abordagem quantitativa, elaborado a partir de uma análise bibliométrica. Os resultados revelam uma tendência de crescimento das publicações no tema. Foi possível contabilizar 117 autores e 20 países de origem das publicações, bem como observar o reconhecimento científico dos estudos que compõem a amostra analisada.

Palavras-chave: indústria 4.0. quarta revolução industrial. transformação digital.

The scenario of scientific publishing on Industry 4.0: a bibliometric study

Abstract

Industry 4.0 is a term that indicates the use of information technologies and automation in manufacturing. The concepts and applications of Industry 4.0 have gained relevance in recent years for both researchers and entrepreneurs, however, it is observed that there is no consensus in the literature regarding the concepts that involve it, its realization criteria are still uncertain and the technological roadmap for reaching it is unclear. Thus, this study aims to map the scientific production of Industry 4.0. This is a bibliographic study, with a quantitative approach, carried out on a bibliometric analysis. The results reveal a growing trend of publications on the subject. It was possible to count 117 authors and 20 countries of origin of the publications and observe the scientific recognition of the studies that make up the analyzed sample.

Keywords: Industry 4.0. fourth industrial revolution. digital transformation.

1 INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0, que se apresenta como um caminho natural para aumentar a competitividade das organizações, é um termo empregado para descrever a tendência de uso de tecnologias da informação e automação no ambiente de manufatura (Oesterreich; Teuteberg, 2016). Tem sido considerada um novo modelo de produção, em que máquinas, ferramentas e processos estarão conectados à internet através de sistemas *ciber*-físicos, interagindo entre si e com a capacidade de operar, tomar decisões e se corrigir de forma praticamente autônoma. As transformações associadas a esse novo modelo de produção apresentam potencial para aumentar a flexibilidade, a velocidade, a produtividade e a qualidade dos processos de produção. Seus impactos afetam a economia, as empresas, os governos, as pessoas e o trabalho (Tessarini; Saltorato, 2018).

Esse tema tem recebido atenção de governantes, empresários, universidades e pesquisadores, abrindo-se assim um novo campo de pesquisa, que tem sido abordado de modo interdisciplinar pelas mais diversas áreas da ciência, como engenharias, administração e computação (Tessarini; Saltorato, 2018). Dada essa interdisciplinaridade, observa-se que não há consenso, na literatura, quanto aos conceitos que envolvem a Indústria 4.0 (Costa; Vanalle, 2021). Os critérios de realização da Indústria 4.0 ainda são incertos, além disso, o roteiro tecnológico para alcançá-la ainda não está claro nem para a indústria nem para a academia (Qina; Liua; Grosvenor, 2016).

Nesse sentido, considerando a relevância do tema na atualidade, este estudo foi delineado para responder à seguinte questão: Como se apresenta a produção científica sobre Indústria 4.0? Portanto, este estudo tem como objetivo mapear a produção científica relacionada à Indústria 4.0, a fim de identificar os estudos de um tema emergente e altamente relevante na atualidade, que está modificando os parâmetros produtivos em todo o mundo, promovendo uma disrupção provocada pela fusão, interação e incorporação de várias tecnologias em diversas áreas do conhecimento.

2 INDÚSTRIA 4.0: DIMENSÃO HISTÓRICA E SUAS APLICAÇÕES

A 4ª. Revolução Industrial, que teve início na primeira década do século XXI, é também conhecida como Indústria 4.0, manufatura avançada ou fábricas inteligentes. Essa Revolução caracterizou-se pela digitalização e automação do ambiente de produção, possibilitando a personalização da produção em massa caracterizada pela internet ubíqua e móvel, sensores menores e mais poderosos e inteligência artificial, com grandes alterações na forma de produção e de consumo, desencadeando o desenvolvimento de novos modelos de negócios (Deloitte, 2014; Mckinsey, 2016; Schwab, 2016; Oesterreich; Teuteberg, 2016).

A Indústria 4.0 é uma pluralidade de tecnologias aplicadas ao ambiente de produção, que vem promovendo importantes ganhos de produtividade e flexibilidade e provocando significativas mudanças na natureza do trabalho industrial, cujos impactos atingem a esfera empresarial, política, econômica e social (Tessarini; Saltorato, 2018).

2.1 DIMENSÃO HISTÓRICA NAS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS

Na história, diversas foram as mudanças que impactaram no desenvolvimento econômico mundial, denominadas de Revoluções Industriais. A 1ª Revolução Industrial ocorreu na Inglaterra, entre os anos de 1760 a 1830, em que o marco principal foi a

inclusão da mecanização nos processos industriais. Surgiram as primeiras fábricas da manufatura, sendo realizada a separação entre as relações dos donos de meios de produção e os trabalhadores assalariados (Lu, 2017).

A 2ª Revolução Industrial ocorreu entre os anos de 1850 a 1950 e teve como principal causa o pós-guerra e a introdução da metalúrgica, siderúrgica e indústria química, proporcionando novos métodos de produção. Aconteceu no final do século XIX, período que ficou marcado pelo forte industrialismo, produção em massa e modernização do maquinário, que contava com motores a combustão (Santos; Santos; Silva, 2019).

A 3ª Revolução Industrial, iniciada aproximadamente no ano de 1960, teve como grande marco introdutório a apresentação da tecnologia da informação em meio às atividades dos processos produtivos das fábricas (Pasquini, 2020). Assim, passaram a ganhar destaque as atividades de informática, robótica e computação. Essa época também teve como marco a automatização dos aparatos de trabalho, inserção dos computadores, utilização em massa da internet, desenvolvimento de microprocessadores e comunicações de alta tecnologia no seio da sociedade, de forma universal (Soares, 2018).

A 4ª Revolução Industrial, ou Indústria 4.0, está relacionada aos avanços tecnológicos e desenvolvimentos disruptivos no setor industrial global. Refere-se à internet e tecnologias de suporte que servem como um *backbone* para integrar objetos físicos, atores humanos, máquinas inteligentes, linhas de produção e processos em limites organizacionais para formar um novo tipo de cadeia de valor inteligente, em rede e ágil (Schumacher; Erol; Sihn, 2016).

Assim, de forma genérica, a Indústria 4.0 caracteriza-se como um novo paradigma industrial que abrange um conjunto de desenvolvimentos industriais relacionados a sistemas *ciber*-físicos, internet das coisas, internet de serviços, robótica, *Big Data*, fabricação em nuvem e realidade aumentada (Pereira; Romero, 2017). Apresenta uma grande influência sobre inúmeras áreas, mas por elaborar um sistema altamente conectado e automatizado, o setor industrial ganha enfoque, fazendo com que os principais avanços sejam voltados e relacionados às fábricas inteligentes. Tais avanços conquistados por essa revolução apresentam alto impacto sobre o cenário industrial atual (Pereira; Romero, 2017; Guzmán *et al.*, 2020).

Para Schwab (2019), o que diferencia a 4ª. Revolução das anteriores é a interação entre os domínios físicos, digitais e biológicos. O autor ressalta que além do surgimento e aprimoramento de tecnologias existe a fusão entre elas. O uso de novas tecnologias em empresas, como robôs, simulação, *cyber*-segurança e nuvem, mostram que a automação do processo está cada vez mais evidente, trazendo mais eficiência e segurança (Melo, 2020).

2.2 APLICAÇÕES E A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL

A transformação digital é definida como o uso de novas tecnologias digitais, tais como tecnologias móveis, inteligência artificial, nuvem, *blockchain* e internet das coisas, para permitir melhorias importantes nos negócios e aumentar a experiência do cliente, simplificar as operações ou criar novos modelos de negócios (Warner; Wäger, 2019). Envolve a aplicação de tecnologias digitais com o objetivo de mudar as principais operações de negócios, produtos, processos, estruturas organizacionais e conceitos de gestão (Goerzig; Bauernhansl, 2018).

Dessa forma, por meio da transformação digital, a Indústria 4.0 apresenta soluções que são capazes de elevar o nível de competitividade do mercado, sendo que entre os pilares para sua implementação está o *Big Data*, internet das coisas e sistemas *ciber-físicos* (Souza; Cavallari; Neto, 2017). *Big Data* é caracterizado por quatro aspectos: veracidade, variedade, velocidade e volume. Veracidade está relacionada a dados e informações confiáveis e verdadeiras; variedade diz respeito à variabilidade de formatos que os dados são encontrados; velocidade está ligada à rapidez com que as informações são geradas e inseridas na internet; e volume refere-se à quantidade de dados e informações que a indústria recebe em um determinado período (Zikopoulos *et al.*, 2012). Nesse sentido, o *Big Data* transfigura-se importante na análise e controle de processos produtivos e industriais.

Internet das coisas é definida como redes de eletricidade, sensores e *softwares* que conduzem a conectividade entre o ambiente físico e digital. Essa tecnologia permite que objetos e mecanismos sejam detectados em meio a produção e distribuição por mecanismos de rede, garantindo maior segurança e controle gerencial das empresas. No contexto da Indústria 4.0, a internet das coisas é imprescindível pelo fato de ocorrer a possibilidade de conexão entre máquinas por meio de sensores e dispositivos eletrônicos, permitindo e facilitando a centralização e automação do controle de produção, ajudando-a a tornar uma indústria inteligente (Ashton, 2016).

Os sistemas físico-cibernéticos (*ciber-físicos*) possibilitam a ligação entre as operações da realidade física com sustentações de computação e comunicação. Esse gerenciamento é executado por meio de uma infraestrutura de dados que possibilita um melhor controle e segurança diante das decisões em meio às respectivas situações (Wang; Wang, 2016). Com a aplicação desse sistema, a indústria garante um maior potencial na sua cadeia de produção (Lee, 2008); há um aperfeiçoamento por meio de controle e monitoramento entre todos os processos de produção para que os clientes possam ter o melhor atendimento possível, melhorando a eficiência do contexto Indústria 4.0 (Lee, 2008).

3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Esta é uma pesquisa bibliográfica, de caráter exploratório e abordagem quantitativa, elaborada a partir de uma análise bibliométrica. O método utilizado foi o proposto por Denyer e Tranfield (2009), que fornece uma base para analisar evidências de pesquisas na área de gestão e organização. A escolha desse método se deu pela confiabilidade verificada a partir de uma busca preliminar realizada em agosto de 2020 na plataforma Google Scholar com a utilização do nome dos autores, em que se observou haver mais de 2.000 citações da obra de autoria desses autores, intitulada “Producing a Systematic Review” (Denyer; Tranfield, 2009).

O método de Denyer e Tranfield (2009) é composto por cinco etapas: definição da pergunta, localização dos estudos, seleção e avaliação dos estudos, análise e síntese e apresentação e uso dos resultados. Na primeira etapa, definição da pergunta, deve-se levar em consideração o escopo da pesquisa e a clareza da questão elaborada (Denyer; Tranfield, 2009). Assim, a pergunta que orienta este estudo é: como se apresenta a produção científica sobre Indústria 4.0?

A localização dos estudos, segunda etapa do método, é composta pelos processos de definição dos bancos de dados, das palavras-chave e das estratégias de busca, além da realização da busca e explicitação dos resultados (Denyer; Tranfield,

2009). Assim, a base de dados escolhida foi a ScienceDirect, criada em 1995 e mantida e operada pela editora Elsevier, fornecendo texto completo e revisado por pares. Em agosto de 2020 essa base contava com mais de 14 milhões de publicações de 3.800 revistas diferentes e mais de 35.000 livros nas áreas de Ciências Biológicas, Saúde, Ciências Sociais e Humanas, Engenharias e Física, com atualização diária de conteúdo (Elsevier, 2021).

As palavras-chave utilizadas foram *digital transformation*, *industry 4.0*, *production 4.0* e *advanced manufacturing*. Como estratégia de busca, optou-se por um recorte temporal compreendendo o período de 2016 a 2020 e por considerar apenas artigos. Os resultados da busca efetuada em agosto de 2020 estão explicitados no Quadro 1.

Quadro 1 - Resultados das buscas por palavras-chave

Palavras-chave	Resultados
"digital transformation" AND "industry 4.0"	393
"digital transformation" AND "production 4.0"	6
"digital transformation" AND "advanced manufacturing"	115
Total	514

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na terceira etapa, seleção e avaliação dos estudos, deve-se realizar um processo de filtragem para escolher estudos alinhados ao objetivo da pesquisa. Para isso é necessário a criação de motivadores para a exclusão de publicações (Denyer; Tranfield, 2009). Assim, este processo foi realizado em três fases, a saber:

(1) Exclusão de artigos duplicados: esta fase contou com a exportação dos títulos dos artigos para uma planilha do *Microsoft Excel* e posterior ordenação alfabética, o que permitiu uma melhor visualização dos estudos repetidos. Dos 512 artigos analisados, 109 estavam duplicados, sendo então excluídos. Assim, 403 estudos foram considerados para a próxima fase.

(2) Alinhamento quanto ao título e palavras-chave: realizou-se a leitura dos títulos e palavras-chave dos 403 estudos, excluindo-se aqueles que não apresentavam, no título e nas palavras-chave, os termos *digital transformation*, *industry 4.0*, *production 4.0* e *advanced manufacturing*. Assim, foram excluídos 70 artigos, considerando para a fase subsequente 333 publicações.

(3) Alinhamento quanto ao resumo: realizou-se a leitura dos resumos dos 333 artigos, sendo descartados 297 estudos que não contribuíam para o entendimento do tema objeto de estudo desta pesquisa, *i.e.*, Indústria 4.0, restando assim 36 artigos. Assim, no Quadro 2 encontram-se relacionados os títulos, autores, ano de publicação e periódico de publicação desses 36 artigos que compõem o portfólio bibliográfico desta pesquisa.

Quadro 2 - Portfólio bibliográfico.

N.	Título	Autores	Ano	Revista
1	<i>A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond</i>	Qin, Ying e Grosvenor	2016	<i>Procedia CIRP</i>
2	<i>A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises</i>	Schumacher, Erol e Sihm	2016	<i>Procedia CIRP</i>

3	<i>Understanding the Implications of Digitisation and Automation in the Context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry</i>	Oesterreich e Teuteberg	2016	<i>Computers in Industry</i>
4	<i>A Review of Essential Standards and Patent Landscapes for the Internet of Things: A key enabler for Industry 4.0</i>	Trappey et al.	2017	<i>Advanced Engineering Informatics</i>
5	<i>A Review of the Meanings and the Implications of the Industry 4.0 Concept</i>	Pereira e Romero	2017	<i>Procedia Manufacturing</i>
6	<i>Competence Center for the Digital Transformation in Small and Medium-sized Enterprises</i>	Müller e Hopf	2017	<i>Procedia Manufacturing</i>
7	<i>Decentralized Network Building Change in Large Manufacturing Companies Towards</i>	Poonpakdee, Koiwanit e Yuangyai	2017	<i>Procedia Computer Science</i>
8	<i>A Critical Review of Smart Manufacturing & Industry 4.0 Maturity Models: Implications for small and medium-sized enterprises</i>	Mittal et al.	2018	<i>Journal of Manufacturing Systems</i>
9	<i>Sustainable Industry 4.0 Framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives</i>	Kamble, Gunasekaran e Gawankar	2018	<i>Process Safety and Environmental Protection</i>
10	<i>Business Model Innovation through Industry 4.0: A review Industry 4.0</i>	Ibarra, Ganzarain e Igartua	2018	<i>Procedia Manufacturing</i>
11	<i>Contextualizing the Outcome of a Maturity Assessment for Industry 4.0</i>	Colli et al.	2018	<i>IFAC-PapersOnLine</i>
12	<i>Enterprise Architectures for the Digital Transformation in Small and Medium-sized Enterprises</i>	Goerzig e Bauernhansl	2018	<i>Procedia CIRP</i>
13	<i>A Bibliometric Analysis of Industry 4.0 Focused Turkish e Accounting Applications</i>	Tektüfekçi	2019	<i>Procedia Computer Science</i>
14	<i>A Review of Emerging Industry 4.0 Technologies in Remanufacturing</i>	Kerin e Pham	2019	<i>Journal of Cleaner Production</i>
15	<i>Aligning Education for the Life Sciences Domain to Support Digitalization and Industry 4.0</i>	Catal e Tekinerdogan	2019	<i>Procedia Computer Science</i>
16	<i>Building Dynamic Capabilities for Digital Transformation: An ongoing process of strategic renewal</i>	Warner e Wäger	2019	<i>Long Range Planning</i>
17	<i>The Degree of Mass Personalisation under Industry 4.0</i>	Aheleroff et al.	2019	<i>Procedia CIRP</i>
18	<i>Servitization and Industry 4.0 Convergence in the Digital Transformation of Product Firms: A business model innovation perspective</i>	Frank et al.	2019	<i>Technological Forecasting and Social Change</i>
19	<i>Researching the Effects of Automation and Digitalization on Manufacturing Companies' Productivity in the Early Stage of Industry 4.0</i>	Horvat, Kroll e Jäger	2019	<i>Procedia Manufacturing</i>
20	<i>Industry 4.0: A bibliometric analysis and detailed overview</i>	Muhuri, Shukla e Abraham	2019	<i>Engineering Applications of Artificial Intelligence</i>
21	<i>Human-centred Dissemination of Data, Information and Knowledge in Industry 4.0</i>	Li et al.	2019	<i>Procedia CIRP</i>

22	<i>Driving Forces and Barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities?</i>	Horváth e Szabó	2019	<i>Technological Forecasting and Social Change</i>
23	<i>Digital Learning: Developing skills for digital transformation of organizations</i>	Sousa e Rocha	2019	<i>Future Generation Computer Systems</i>
24	<i>Analysis of Digital Transformation Strategies with an Integrated Fuzzy AHP-Axiomatic Design Methodology</i>	Güler e Büyüközkan	2019	<i>IFAC-PapersOnLine</i>
25	<i>A Survey on Decision-making Based on System Reliability in the Context of Industry 4.0</i>	Souza et al.	2020	<i>Journal of Manufacturing Systems</i>
26	<i>The Smart Factory as a Key Construct of Industry 4.0: A systematic literature review</i>	Osterrieder, Budde e Friedli	2020	<i>International Journal of Production Economics</i>
27	<i>Barriers to the Adoption of Industry 4.0 Technologies in the Manufacturing Sector: An inter-country comparative perspective</i>	Raj et al.	2020	<i>Economics</i>
28	<i>The Impact of Digital Technologies on Economic and Environmental Performance in the Context of Industry 4.0: A moderated mediation model</i>	Li, Dai e Cui	2020	<i>International Journal of Production Economics</i>
29	<i>IoT-enabled Smart Appliances under Industry 4.0: A case study</i>	Aheleroff et al.	2020	<i>Advanced Engineering Informatics</i>
30	<i>Industry 4.0 Technologies and their Applications in Fighting COVID-19 Pandemic</i>	Javaid et al.	2020	<i>Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews</i>
31	<i>Human Well-being and System Performance in the Transition to Industry 4.0</i>	Kadir e Broberg	2020	<i>International Journal of Industrial Ergonomics</i>
32	<i>Characteristics and Skills of Leadership in the Context of Industry 4.0</i>	Guzmán et al.	2020	<i>Procedia Manufacturing</i>
33	<i>Getting Small Medium Enterprises Started on Industry 4.0 using Retrofitting Solutions</i>	Niemeyer et al.	2020	<i>Procedia Manufacturing</i>
34	<i>Enabling Servitization by Retrofitting Legacy Equipment for Industry 4.0 Applications: Benefits and barriers for OEMs</i>	Zambetti et al.	2020	<i>Procedia Manufacturing</i>
35	<i>Organizational Learning Paths based Upon Industry 4.0 Adoption: An empirical study with brazilian manufacturers</i>	Tortorella et al.	2020	<i>International Journal of Production Economics</i>
36	<i>Interdisciplinary Scientific Study Program "Digital Transformation" for Workers' Representatives</i>	Conrad et al.	2020	<i>Procedia Manufacturing</i>

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados da pesquisa.

A quarta etapa do método de Denyer e Tranfield (2009), análise e síntese, foi efetuada a partir de técnicas bibliométricas. A bibliometria apresenta-se relevante na análise da produção científica, constituindo uma abordagem sistemática para analisar o passado, o presente e o futuro do desenvolvimento da ciência (Serenko, 2013). Nessa conjuntura, os indicadores da bibliometria possibilitam identificar o grau de desenvolvimento de uma área do conhecimento (Araujo; Alvarenga, 2011).

Desta forma, para este estudo foram utilizadas as principais leis bibliométricas: A Lei de Bradford, Lei de Lotka e Lei de Zipf. A Lei de Bradford é empregada para investigar a distribuição dos artigos nos periódicos encontrados; a Lei de Lotka considera o grau de relevância dos autores; e a Lei de Zipt analisa a ocorrência das palavras no tema de pesquisa. Portanto, a Lei de Bradford tem foco nos periódicos, a de Lotka nos autores e a de Zipt nas palavras-chave (Figueiredo *et al.*, 2019). Para além da análise bibliométrica, uma síntese dos artigos com maior número de citações foi efetuada.

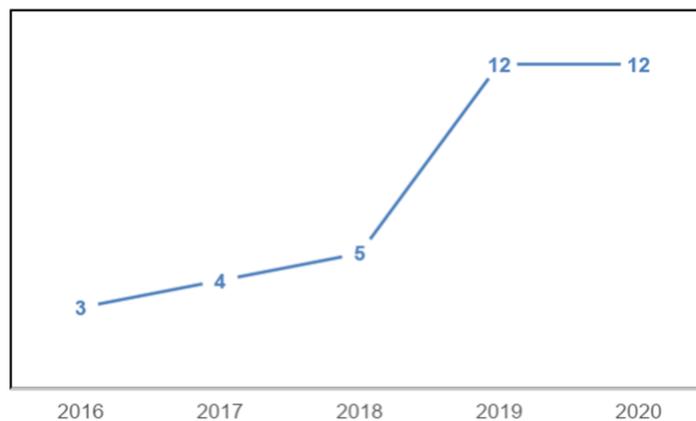
A quinta e última etapa do método de Denyer e Tranfield (2009) consiste na apresentação e uso dos resultados. Desse modo, na seção seguinte evidenciam-se os resultados da pesquisa e respectiva análise.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

De posse do portfólio bibliográfico (Quadro 2) e a partir das leis e princípios de Bradford, Lotka e Zipf, os artigos foram avaliados quanto ao ano de publicação, periódico, autores, número de citações, palavras-chave e país de origem.

Como se pode observar no Gráfico 1, as publicações que contemplam sobre Indústria 4.0 estão em constante crescimento, o que pode indicar a relevância do tema. Ademais, apesar deste estudo ocorrer em meados de 2020, este ano já possui o mesmo número de publicações do que o ano anterior, 2019.

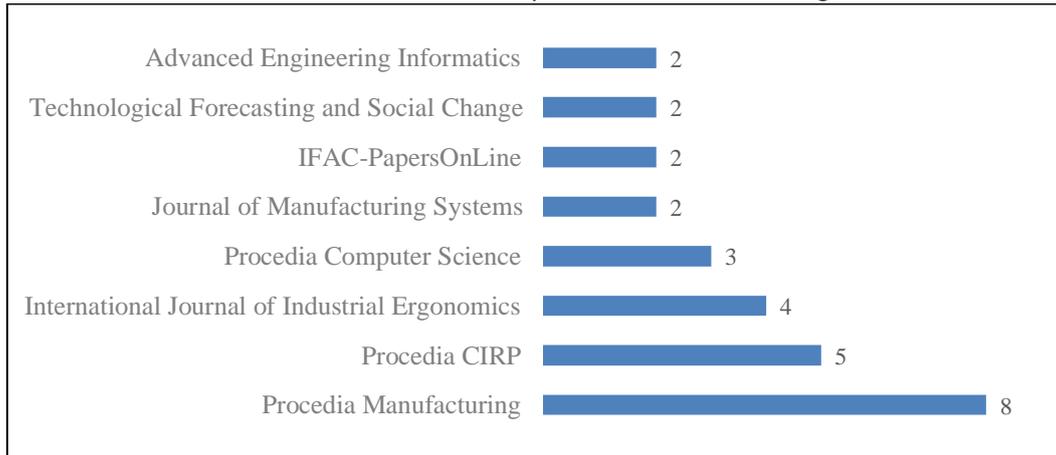
Gráfico 1 - Quantidade de publicações por ano.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A primeira análise pautou-se na lei de Bradford, que investiga a distribuição dos artigos nos periódicos encontrados. Nesse sentido, a amostra estudada foi publicada em 16 periódicos distintos: *Advanced Engineering Informatics*, *Computers in Industry*, *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, *Economics*, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, *Future Generation Computer Systems*, *IFAC-Papers OnLine*, *International Journal of Industrial Ergonomics*, *Journal of Cleaner Production*, *Journal of Manufacturing Systems*, *Long Range Planning*, *Procedia CIRP*, *Procedia Computer Science*, *Procedia Manufacturing*, *Process Safety and Environmental Protection* e *Technological Forecasting and Social Change*. Dentre esses periódicos, oito se repetiram pelo menos uma vez, como representado no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Periódicos e respectivos número de artigos.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os artigos do portfólio bibliográfico totalizaram 3.220 citações. Dentre elas, nove artigos mais citados somam 2.636 citações, o que representa 81,86% do número total de citações, como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Portfólio bibliográfico, número de citações e percentual de representatividade.

Título	Número de citações	% de representação
<i>Getting small medium enterprises started on industry 4.0 using retrofitting solutions</i>	0	0
<i>Enabling servitization by retrofitting legacy equipment for Industry 4.0 applications: benefits and barriers for OEMs</i>	0	0
<i>A survey on decision-making based on system reliability in the context of Industry 4.0</i>	1	0,03%
<i>Researching the effects of automation and digitalization on manufacturing companies' productivity in the early stage of industry 4.0</i>	1	0,03%
<i>Interdisciplinary scientific study program "Digital Transformation" for workers' representatives</i>	1	0,03%
<i>A bibliometric analysis of industry 4.0- focused Turkish e-accounting applications</i>	2	0,06%
<i>Aligning education for the life sciences domain to support digitalization and industry 4.0</i>	3	0,09%
<i>The impact of digital technologies on economic and environmental performance in the context of industry 4.0: A moderated mediation model</i>	3	0,09%
<i>Human well-being and system performance in the transition to industry 4.0</i>	3	0,09%
<i>Characteristics and skills of leadership in the context of industry 4.0</i>	4	0,12%
<i>Analysis of Digital Transformation Strategies with an Integrated Fuzzy AHP-Axiomatic Design Methodology</i>	4	0,12%
<i>The Degree of Mass Personalisation under Industry 4.0</i>	5	0,16%
<i>Human-centred dissemination of data, information and knowledge in industry 4.0</i>	5	0,16%
<i>IoT-enabled smart appliances under industry 4.0: A case study</i>	10	0,31%
<i>Competence center for the digital transformation in small and medium-sized enterprises</i>	12	0,37%

<i>The smart factory as a key construct of industry 4.0: A systematic literature review</i>	19	0,59%
<i>Decentralized network building change in large manufacturing companies towards</i>	19	0,59%
<i>Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective</i>	21	0,65%
<i>Organizational learning paths based upon industry 4.0 adoption: An empirical study with Brazilian manufacturers</i>	27	0,84%
<i>Contextualizing the outcome of a maturity assessment for Industry 4.0</i>	31	0,96%
<i>A review of emerging industry 4.0 technologies in remanufacturing</i>	32	0,99%
<i>Industry 4.0 technologies and their applications in fighting COVID-19 pandemic</i>	39	1,21%
<i>Digital learning: Developing skills for digital transformation of organizations</i>	47	1,46%
<i>Enterprise Architectures for the Digital Transformation in Small and Medium-sized Enterprises</i>	64	1,99%
<i>Driving forces and barriers of industry 4.0: do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities?</i>	67	2,08%
<i>Building dynamic capabilities for digital transformation: An ongoing process of strategic renewal</i>	77	2,39%
<i>Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective</i>	87	2,70%
<i>Industry 4.0: a bibliometric analysis and detailed overview</i>	118	3,66%
<i>Business model innovation through Industry 4.0: a review industry 4.0</i>	137	4,25%
<i>A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs)</i>	153	4,75%
<i>A review of essential standards and patent landscapes for the Internet of Things: A key enabler for Industry 4.0</i>	172	5,34%
<i>Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives</i>	202	6,27%
<i>A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept</i>	270	8,39%
<i>Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry</i>	473	14,69%
<i>A maturity model for assessing industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises</i>	545	16,93%
<i>A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond</i>	566	17,58%

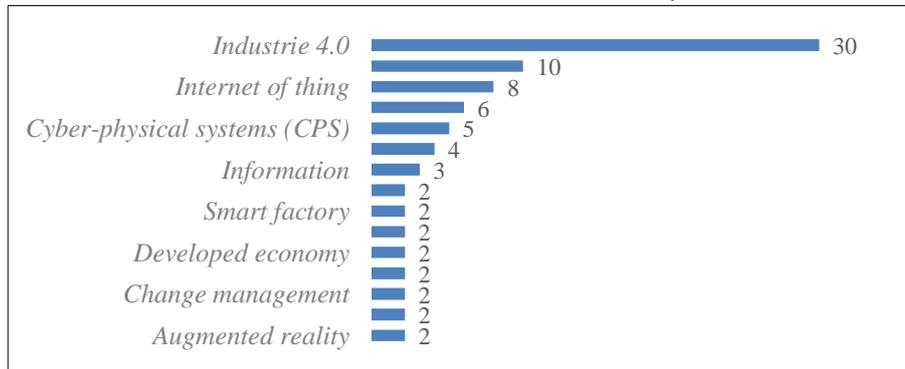
Fonte: Elaborado pelos autores.

Para aplicar a lei de Lotka, que considera o grau de relevância dos autores, foram tabulados os autores das publicações que compõem a amostra em estudo. Assim, identificou-se 117 autores, sendo que quatro se repetem, a saber: Aheleroff (2019 e 2020), Khan (2018 e 2020), Wuest (2018 e 2020) e Xu (2019 e 2020). Desse modo, entende-se que estes são os autores mais relevantes dentre os que compõem o portfólio bibliográfico desta pesquisa.

Os artigos contabilizaram um total de 191 palavras-chave, uma média aproximada de cinco palavras-chave por artigo. Após a análise das palavras-chave, observou-se que 15 delas se repetiram. Assim, foram contabilizadas 176 palavras-chave não repetidas. Esta investigação busca aplicar a lei de Zipf, que analisa a ocorrência das palavras no tema de pesquisa. No Gráfico 3 são apresentadas as 15 palavras-chave que

se repetiram e respectiva frequência. Observa-se uma predominância da palavra-chave Indústria 4.0.

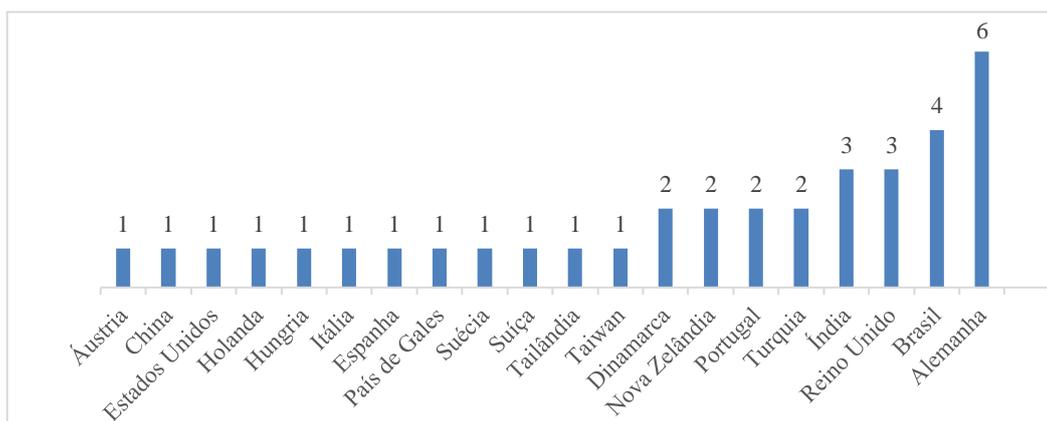
Gráfico 3 - Palavras-chave com maior frequência



Fonte: Elaborado pelos autores.

Em relação às publicações que compõem a amostra, é possível contabilizar 20 distintos países de origem dos estudos, dentre os quais oito se repetem, como pode ser observado no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Países de origem das publicações.



Fonte: Elaborado pelos autores.

No Gráfico 4 é possível observar que os países que mais se destacam em publicações sobre o tema é Alemanha (6), Brasil (4), Reino Unido (3), Índia (3), Turquia (2), Portugal (2), Nova Zelândia (2) e Dinamarca (2). Taiwan, Tailândia, Suíça, Suécia, País de Gales, Espanha, Itália, Hungria, Holanda, Estados Unidos, China e Áustria, apresentam apenas uma publicação cada.

Uma análise das publicações que contém percentual de citações acima de dois dígitos (14,69%, 16,93% e 17,58%) revela que os conceitos e requisitos da Indústria 4.0 ainda não estão consolidados. O estudo de Oesterreich e Teuteberg (2016), intitulado “*Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry*”, teve por objetivo explorar o estado da arte e o estado da prática da Indústria 4.0 relacionando tecnologias na indústria da construção civil. A partir de uma revisão de literatura e um estudo de caso, os autores apontam não haver uma definição clara para Indústria 4.0 e, muito menos, voltada para a área da construção civil. Assim, para os autores este é considerado o primeiro estudo a fornecer um conceito de Indústria 4.0

no contexto específico dessa área, a saber: Indústria 4.0 compreende uma infinidade de tecnologias interdisciplinares para permitir a digitalização, automação e integração do processo de construção civil em todas as etapas de sua cadeia de valor, sendo que tecnologias centrais como *Building Information Modeling*, *Cloud Computing* ou Internet das Coisas são apenas algumas delas.

Oesterreich e Teuteberg (2016) ressaltam que apesar da maturidade e disponibilidade de muitas tecnologias, sua adoção generalizada pelas empresas da construção civil ainda não ocorreu. A adoção das tecnologias da Indústria 4.0 tem implicações de longo alcance para toda a indústria da construção, pois além dos benefícios econômicos para melhorar a produtividade, eficiência, qualidade e colaboração, pode ajudar a aumentar a segurança, a sustentabilidade e, assim, melhorar a má imagem da indústria da construção no longo prazo. Para mover o conceito inovador da Indústria 4.0 no ambiente complexo da indústria da construção civil para novas fronteiras, são necessários mais esforços, tanto na ciência como prática.

No artigo intitulado *A maturity model for assessing industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises*, Schumacher e Sihn (2016) apontam que as empresas têm sérios problemas para compreender o conceito da Indústria 4.0. Por um lado, não são capazes relacioná-lo com seu domínio específico e sua estratégia de negócio; por outro, experimentam problemas em determinar seu estado de desenvolvimento em relação à visão da Indústria 4.0 e, portanto, não conseguem identificar campos concretos de ação.

Nesse sentido, a partir de uma revisão sistemática da literatura, de entrevistas semiestruturadas com especialistas, de modelagem conceitual e de métodos qualitativos e quantitativos para validação empírica, Schumacher e Sihn (2016) apresentam um modelo de maturidade e uma ferramenta para avaliar o estado de desenvolvimento das empresas de fabricação em relação à visão da Indústria 4.0. Foram definidas nove dimensões e atribuídos 62 itens para avaliar a maturidade da Indústria 4.0. As dimensões “Produtos”, “Clientes”, “Operações” e “Tecnologia” foram criadas para avaliar os habilitadores básicos, e adicionalmente as dimensões “Estratégia”, “Liderança”, Governança, “Cultura” e “Pessoas” permitem avaliar os aspectos organizacionais. O modelo permite coletar dados sobre o estado de desenvolvimento de empresas de manufatura em diferentes setores e identificar fatores de sucesso eficazes para estratégias da Indústria 4.0, contribuindo assim para refletir sobre as capacidades atuais em relação à Indústria 4.0 e a subsequente decisão sobre as respectivas estratégias e planos de ação.

Por fim, no artigo intitulado *A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond*, Qina, Liua e Grosvenor (2016) indicam que os critérios de realização da Indústria 4.0 ainda são incertos, além disso, o roteiro tecnológico para alcançá-la não está claro nem para a indústria nem para a academia. Desse modo, abordam sobre a concepção da Indústria 4.0 e o estado dos sistemas de manufatura atuais, bem como identificam os principais requisitos da Indústria 4.0 e apresentam uma estrutura para sua implementação.

Para Qina, Liua e Grosvenor (2016), os principais princípios de *design* da Indústria 4.0 são a interoperabilidade e a consciência. A interoperabilidade consiste na digitalização, comunicação, padronização, flexibilidade, tempo real, responsabilidade e personalização, tendo como ideia central a integração, que também é o ponto-chave da Internet das Coisas e dos sistemas físico-cibernéticos. O outro princípio é a consciência,

e com base nesse conceito, a Indústria 4.0 exige que a fabricação seja inteligente, que seja possível descobrir conhecimento, tomar decisões e entregar ações independentes e inteligentes. A estrutura para implementação da Indústria 4.0 consiste em uma estrutura multicamadas, que ajuda as pessoas a entender e alcançar os requisitos da Indústria 4.0. Os autores concluem afirmando que há uma enorme lacuna entre a indústria recente e a conquista da Indústria 4.0, contudo, o futuro da fabricação atual está se desenvolvendo na direção da Indústria 4.0.

Assim, observa-se que não há unanimidade em relação ao conceito da Indústria 4.0, contudo, trata-se de uma trajetória essencial para aumentar a competitividade das organizações.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em razão da importância de desenvolver pesquisas acerca do tema Indústria 4.0, este estudo teve por objetivo mapear a produção científica sobre Indústria 4.0. Assim, a partir de uma análise bibliométrica, foram realizadas análises relativas à evolução das publicações, periódicos, número de citações, palavras-chave e países de origem, assim como uma síntese dos artigos maior número de citações.

Desse modo, os resultados indicam uma tendência de crescimento das publicações no tema pesquisado, sendo que quatro são os periódicos que mais publicam sobre o assunto pesquisado: *Procedia Computer Science*, *International Journal of Industrial Ergonomics*, *Procedia CIRP* e *Procedia Manufacturing*.

Foi possível contabilizar 117 autores que compõem o portfólio analisado. A análise de citações propiciou observar o reconhecimento científico dos estudos que compõem a amostra estudada, que somam 3.220 citações. Destaca-se o artigo “*A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond*”, que apresenta 566 citações.

As palavras-chave com maior frequência foram *information*, *smart manufacturing*, *cyber-physical systems*, *digitalization*, *internet of thing*, *digital transformation* e *industrie 4.0*. Foi possível contabilizar 20 países de origem das publicações, dentre os quais destacam-se: Alemanha (6), Brasil (4), Reino Unido (3), Índia (3), Turquia (2), Portugal (2), Nova Zelândia (2) e Dinamarca (2).

Partindo do objetivo proposto, este estudo apresentou um panorama das publicações que abordam sobre Indústria 4.0. Nesse sentido, como sugestões de estudos futuros, recomenda-se que seja efetuada uma análise de conteúdo de todas as publicações que compõem o portfólio bibliográfico desta pesquisa. Sugere-se ainda que a pesquisa seja ampliada e efetuada em outras bases de dados, como *Scopus* e *Web of Science*.

REFERÊNCIAS

AHELEROFF, S. *et al.* The Degree of Mass Personalisation under Industry 4.0. **Procedia CIRP**, v.81, n.1, p.1394-1399, 2019.

AHELEROFF, S. *et al.* IoT-enabled smart appliances under industry 4.0: A case study. **Advanced Engineering Informatics**, v.43, n.1, p.1-14, 2020.

ARAÚJO, R. F.; ALVARENGA, L. A bibliometria na pesquisa científica da pós-graduação brasileira de 1987 a 2007. **Encontros Bibli: Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, v. 16, n. 31, p. 51-70, 2011.

ASHTON, K. **A história secreta da criatividade**. 1.ed. Rio de Janeiro: Sextante, 2016.

CATAL, C; TEKINERDOGAN, B. Aligning Education for the Life Sciences Domain to Support Digitalization and Industry 4.0. **Procedia Computer Science**, v.158, n.1, p.99-106, 2019.

COLLI, M. *et al.* Contextualizing the outcome of a maturity assessment for Industry 4.0. **IFAC-PapersOnLine**, v.51, n.11, p.1347-1352, 2018.

CONRAD, A. *et al.* Interdisciplinary scientific study program “Digital Transformation” for workers’ representatives. **Procedia Manufacturing**, v.45, n.1, p.331-336, 2020.

COSTA, N. M.; VANALLE, R. M. Identificação dos Elementos para priorização de projetos de indústria 4.0 com base nos modelos de maturidade e prontidão. **Exacta Engenharia de Produção**, v.1, n.1, p. 1-29, 2021.

DELOITTE. Industry 4.0: challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies, 2014. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2022.

DENYER, D.; TRANFIELD, D. Producing a systematic review. In: BUCHANAN, D. A.; BRYMAN, A. (Eds.). **The Sage handbook of organizational research methods**. Sage Publications, 2009. p. 671-689.

ELSEVIER. A principal plataforma da Elsevier para a literatura com revisão por pares. Disponível em: <https://www.elsevier.com/pt-br/solutions/sciencedirect>. Acesso em: 18 ago. 2021.

FIGUEIREDO, R. *et al.* The role of knowledge intensive business services in economic development: a bibliometric analysis from Bradford, Lotka and Zipf laws. **Gestão & Produção**, v.26, n.4, p.1-12, 2019.

FRANK, A. G. *et al.* Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, v.141, n.1, p.341-351, 2019.

GOERZIG, D.; BAUERNHANSL, T. Enterprise Architectures for the Digital Transformation in Small and Medium-sized Enterprises. **Procedia CIRP**, v.67, n.1, p.540-545, 2018.

GÜLER, M.; BÜYÜKÖZKAN, G. Analysis of Digital Transformation Strategies with an Integrated Fuzzy AHP-Axiomatic Design Methodology. **IFAC-PapersOnLine**, v.52, n.13, p.1186-1191, 2019.

GUZMÁN, V. E. *et al.* Characteristics and Skills of Leadership in the Context of Industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, v.43, n.1, p.543-550, 2020.

HORVAT, D.; KROLL, H.; JÄGER, A. Researching the Effects of Automation and Digitalization on Manufacturing Companies' Productivity in the Early Stage of Industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, v.39, n.1, p.886-893, 2019.

HORVÁTH, D.; SZABÓ, R. Z. Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? **Technological Forecasting and Social Change**, v.146, n.1, p.119-132, 2019.

IBARRA, D.; GANZARAIN, J.; IGARTUA, J. I. Business model innovation through Industry 4.0: A review. **Procedia Manufacturing**, v.22, n.1, p.4-10, 2018.

JAVOID, M. *et al.* Industry 4.0 technologies and their applications in fighting COVID-19 pandemic. **Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews**, v.14, n.4, p.419-422, 2020.

KADIR, B. A.; BROBERG, B. A. Human well-being and system performance in the transition to industry 4.0. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v.76, n.1, p.1-13, 2020.

KAMBLE, S. S.; GUNASEKARAN, A.; GAWANKAR, S. A. Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. **Process Safety and Environmental Protection**, v.117, n.1, p.408-425, 2018.

KERIN, M.; PHAM, D. T. A review of emerging industry 4.0 technologies in remanufacturing. **Journal of Cleaner Production**, v.237, n.1, p.1-16, 2019.

LEE, E. A. Cyber Physical Systems: Design Challenges. *In*: IEEE SYMPOSIUM ON OBJECT ORIENTED REAL-TIME DISTRIBUTED COMPUTING, 1., 2008, Orlando, Flórida, USA. **Anais ...** Orlando, Flórida, USA, 2008, p. 363-369. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/proceedings/10.5555/1371608>. Acesso em: 01 maio 2022.

LI, D. *et al.* Human-Centred Dissemination of Data, Information and Knowledge in Industry 4.0. **Procedia CIRP**, v.84, n.1, p.380-386, 2019.

LI, Y.; DAI, J.; CUI, L. The impact of digital technologies on economic and environmental performance in the context of industry 4.0: A moderated mediation model. **International Journal of Production Economics**, v.229, n.1, p.1-13, 2020.

LU, Y. Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. **Journal of Industrial Information Integration**, v. 6, p. 1-10, 2017.

MCKINSEY. Industry 4.0 at McKinsey's model factories: Get ready for the disruptive wave. 2016. Disponível em: <http://sf-eu.net/wp-content/uploads/2016/08/mckinsey-2016-industry-4.0-at-mckinseys-model-factories-en.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2022.

MELO, R. **A Industria 4.0 e seus impactos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências e Tecnologia), Universidade Federal Rural do Semiárido, 2020. Disponível em:

https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/4987/1/RummeniggeM_ART.pdf.

Acesso em: 14 abr. 2022.

MITTAL, S. *et al.* A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). **Journal of Manufacturing Systems**, v.49, n.1, p.194-214, 2018.

MUHURI, P. K.; SHUKLA, A. K.; ABRAHAM, A. Industry 4.0: A bibliometric analysis and detailed overview. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v.78, n.1, p.218-235, 2019.

MÜLLER, E.; HOPF, H. Competence Center for the Digital Transformation in Small and Medium-Sized Enterprises. **Procedia Manufacturing**, v.11, n.1, p.1495-1500, 2017.

NIEMEYER, L. C. *et al.* Getting Small Medium Enterprises started on Industry 4.0 using retrofitting solutions. **Procedia Manufacturing**, v.45, n.1, p.208-214, 2020.

OESTERREICH, T. D.; TEUTEBERG, F. Understanding the implications of digitization and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. **Computers in Industry**, v.83, n.1, p.121-139, 2016.

OSTERRIEDER, P.; BUDDE, L.; FRIEDLI, T. The smart factory as a key construct of industry 4.0: A systematic literature review. **International Journal of Production Economics**, v.221, n.1, p.1-16, 2020.

PASQUINI, N. C. Revoluções Industriais: uma abordagem conceitual. **Revista Tecnológica da Fatec Americana**, v.8, n.1, p.29-44, 2020.

PEREIRA, A. C.; ROMERO, F. A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. **Procedia Manufacturing**, v.13, n.1, p.1206-1214, 2017.

POONPAKDEE, P.; KOIWANIT, J.; YUANGYAI, Chumpol. Decentralized Network Building Change in Large Manufacturing Companies towards Industry 4.0. **Procedia Computer Science**, v.110, n.1, p.46-53, 2017.

QIN, J.; LIU, Y.; GROSVENOR, R. A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. **Procedia CIRP**, v.2, n.1, p.173-178, 2016.

RAJ, A. *et al.* Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective. **International Journal of Production Economics**, v.224, n.1, p.1-50, 2020.

SANTOS, A. S. dos; SANTOS, C. A. dos; SILVA, G. C. da; PINHO, L. O. Indústria 4.0: O setor da agricultura em crescimento tecnológico. **Fateclog - Logística 4.0 & A Sociedade do Conhecimento**, v.10, n.1, p.1-9, 2019.

SCHUMACHER, A; EROL, S.; SIHN, W. A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. **Procedia CIRP**, v.52, n.1 p.161-166, 2016.

SCHWAB, K. **The Fourth Industrial Revolution**. Genebra: World Economic Forum, 2016.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. Zurique: Edipro, 2019.

SERENKO, A. Meta-analysis of scientometric research of knowledge management: discovering the identity of the discipline. **Journal of Knowledge Management**, v.17, n.1, p.773-812, 2013.

SOARES, M. G. A Quarta Revolução Industrial e seus possíveis efeitos no Direito, economia e política. **Boletim Jurídico, Uberaba/MG**, v. 13, 2018.

SOUSA, M. J., ROCHA, A. Digital learning: Developing skills for digital transformation of organizations. **Future Generation Computer Systems**, v.91, n.1, p.327-334, 2019.

SOUZA, M. L. H. *et al.* A survey on decision-making based on system reliability in the context of Industry 4.0. **Journal of Manufacturing Systems**, v.56, n.1, p.133-156, 2020.

SOUZA, P. H. M.; CAVALLARI Jr., S. J.; NETO, G. G. D. Indústria 4.0: Contribuições Para Setor Produtivo Moderno. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 37., 2017, Joinville. **Anais...** Joinville: ABEPRO, 2017, p. 1-15. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/tn_wic_238_384_34537.pdf. Acesso em: 09 abr. 2022.

TEKTÜFEKÇI, F. A Bibliometric Analysis of Industry 4.0-Focused Turkish E-Accounting Applications. **Procedia Computer Science**, v.158, n.1, p.602-608, 2019.

TESSARINI, G.; SALTORATO, P. Impactos da indústria 4.0 na organização do trabalho: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Produção Online**, v.18, n.2, p.743-769, 2018.

TORTORELLA, G. L. *et al.* Organizational learning paths based upon industry 4.0 adoption: An empirical study with Brazilian manufacturers, **International Journal of Production Economics**, v.219, n.1, p.284-294, 2020.

TRAPPEY, A. J. C. *et al.* A review of essential standards and patent landscapes for the Internet of Things: A key enabler for Industry 4.0. **Advanced Engineering Informatics**, v.33, n.1, p.208-229, 2017.

WANG, L.; WANG, G. Big data in cyber-physical systems, digital manufacturing and Industry 4.0. **International Journal of Engineering and Manufacturing**, v.6, n.4, p.1-8, 2016.

WARNER, K. S. R.; WÄGER, M. Building dynamic capabilities for digital transformation: An ongoing process of strategic renewal. **Long Range Planning**, v.52, n.3, p.326-349, 2019.

ZAMBETTI, M. *et al.* Enabling servitization by retrofitting legacy equipment for Industry 4.0 applications: benefits and barriers for OEMs. **Procedia Manufacturing**, v.48, n.1, p.1047-1053, 2020.

ZIKOPOULOS, P. *et al.* **Harness the power of Big Data** - The IBM Big Data Platform. Emeryville: McGraw-Hill Osborne Media, 2012. Disponível em: <https://mhebooklibrary.com/doi/book/10.1036/9780071808187>. Acesso em: 01 maio 2022.