

**A produção enxuta no contexto da Indústria 4.0: um estudo bibliométrico da produção acadêmica mundial publicada em periódicos indexados na Scopus e Web of Science**

**Lean Manufacturing in the context of Industry 4.0: a bibliometric study of world academic production published in journals indexed in the Scopus and Web of Science**

---

Gabriel Nardes Giampietro\* - [gabrielnardeslobao@gmail.com](mailto:gabrielnardeslobao@gmail.com)

Maria Caroline de Araujo Souza\* - [carol\\_mcas@outlook.com](mailto:carol_mcas@outlook.com)

Cássio Germano Lara de Souza\* - [contato@cassiogermano.com](mailto:contato@cassiogermano.com)

Weidy Luana Rocha Gervaz\* - [wgervaz@gmail.com](mailto:wgervaz@gmail.com)

Thales Botelho de Sousa\* - [thales.botelho@ifsp.edu.br](mailto:thales.botelho@ifsp.edu.br)

\*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus Registro - (IFSP), Registro, SP

---

**Article History:**

Submitted: 2021 - 02 - 12

Revised: 2021 - 02 - 17

Accepted: 2021 - 03 - 02

---

**Resumo:** Sistemas *Lean* são utilizados por indústrias que almejam melhorar sua competitividade por meio de maior flexibilidade, menores custos, melhorias na qualidade dos produtos e satisfação dos clientes. A Indústria 4.0 abrange componentes e máquinas inteligentes, integrados a uma rede digital comum onde microcontroladores flexíveis, poderosos e acessíveis são a principal tecnologia. Embora a Produção Enxuta contraste com alguns fundamentos da Indústria 4.0, diversos estudos vêm sendo realizados a respeito da integração entre estas duas áreas. Por meio da bibliometria, o presente artigo visa investigar o avanço do conhecimento científico sobre o tópico. Para tal, foram analisados documentos publicados em periódicos indexados na Scopus e Web of Science. Dentre os resultados obtidos, é relevante destacar o International Journal of Production Research, IFAC Papersonline e Procedia Manufacturing como as principais fontes; 41 países publicaram pesquisas sobre o tema, com destaque para a Itália, Brasil, Alemanha, China, Estados Unidos, Reino Unido, Índia e Espanha; e, dentre as tecnologias e soluções relacionadas à Indústria 4.0, a Internet das Coisas e os Sistemas Ciber-Físicos são os tópicos mais recorrentes nos trabalhos.

**Palavras-chave:** Produção Enxuta; Indústria 4.0; Estudo Bibliométrico; Scopus; Web of Science.

**Abstract:** Lean systems are used by industries that aim to improve their competitiveness through greater flexibility, lower costs, improvements in product quality and customer satisfaction. Industry 4.0 includes intelligent components and machines, integrated into a common digital network where flexible, powerful, and accessible microcontrollers are the main technology. Although Lean Manufacturing contrasts with some fundamentals of Industry 4.0, several studies have been carried out regarding the integration between these two areas. Through bibliometrics, this paper aims to investigate the advancement of scientific knowledge on the topic. For achieving this goal, documents published in journals indexed in the Scopus and Web of Science were analyzed. Among the results obtained, it is important to highlight the International Journal of Production Research, IFAC Papersonline and Procedia Manufacturing as the main sources; 41 countries published research on the topic, with Italy, Brazil, Germany, China, United States, United Kingdom, India and Spain among the most prolific; and, among the technologies and solutions related to the Industry 4.0, the Internet of Things and Cyber Physical Systems Ciber-Físicos are the most recurrent topics in the papers.

**Keywords:** Lean Manufacturing; Industry 4.0; Bibliometric Study; Scopus; Web of Science.

## 1. Introdução

A quarta revolução industrial é um desafio que está transformando irreversivelmente a humanidade, envolvendo todos os atores de todos os setores da economia, regiões e culturas do mundo para manter o processo centrado no ser humano; e, deste modo, tem reformulado a vida, o trabalho e a maneira de se relacionar, obrigando as pessoas a se esforçarem para entender e tirar proveito das mudanças tecnológicas (Mogoş *et al.*, 2018). Dentre as várias iniciativas desenvolvidas em muitos países para a sua inserção na quarta revolução industrial, a Indústria 4.0 é a que vem obtendo maior destaque. Como uma tendência na indústria alemã e mundial, a Indústria 4.0 deve encurtar significativamente o ciclo de vida do desenvolvimento de novos produtos e fornecer uma solução para os crescentes requisitos da demanda do mercado (Jovanović *et al.*, 2015).

A Indústria 4.0 é e será adotada em setores empresariais diversos e em diferentes graus, e segundo Vu (2018), a engenharia de produção e a automação de processos são os principais campos onde este paradigma é aplicado e vêm experimentando uma ampla implantação de várias soluções relacionadas no chão de fábrica. Segundo Lyu *et al.* (2020), por meio da eliminação de desperdícios, a Produção Enxuta visa reduzir o estoque ao nível mais baixo possível, e isso possibilita a redução de custos de armazenamento dos fabricantes, melhoria da eficiência e simplicidade de programação.

Nos últimos anos, é possível notar um progressivo aumento da literatura científica sobre Produção Enxuta no contexto da Indústria 4.0. Para Rossini *et al.* (2019), embora alguns autores defendam que a Indústria 4.0 possa entrar em conflito com os princípios básicos de simplicidade e melhorias contínuas e pequenas da Produção Enxuta, outros alegam que essas abordagens podem estar relacionadas positivamente. Segundo Buer *et al.* (2018), tanto a Indústria 4.0 quanto a Produção Enxuta utilizam controle descentralizado e visam aumentar a produtividade e a flexibilidade. De acordo com Kolberg *et al.* (2017), a automação tenta combinar a Produção Enxuta e a Indústria 4.0 para tirar o melhor dos dois mundos, e no contexto do desenvolvimento contínuo em direção a uma produção em massa de produtos personalizados, sistemas de tecnologia da informação altamente fragmentados e sistemas ciber-físicos autônomos, a comunicação por meio de interfaces padronizadas se torna crucial.

Com base em pesquisa bibliográfica realizada em periódicos científicos indexados na Scopus e/ou Web of Science, é possível observar que embora a literatura científica sobre

Produção Enxuta no contexto da Indústria 4.0 venha aumentando, nenhum estudo que analise seu progresso foi apresentado. Assim, considerando que a bibliometria é uma abordagem altamente útil para o desenvolvimento de uma visão geral de um campo de pesquisa, pois identifica as principais tendências por meio do uso de diferentes indicadores bibliométricos como o número de publicações e citações (Martínez-López *et al.*, 2020), este estudo visa apresentar um panorama geral da produção científica mundial sobre Produção Enxuta no contexto da Indústria 4.0.

O presente trabalho apresenta como foco de análise: (I) periódicos que constituem o principal fórum de discussão do tema, (II) países que mais publicaram artigos sobre o tema, (III) principais tópicos discutidos nos artigos, e (IV) fator de impacto dos artigos. Os resultados permitem discutir o estado atual de tais pesquisas, sugerir os trabalhos mais relevantes desenvolvidos, as melhores fontes de publicação e os tópicos de maior potencial de análise.

O restante deste trabalho é estruturado da seguinte maneira: A seção 2 apresenta uma breve fundamentação teórica sobre o tema. A seção 3 descreve os métodos utilizados na pesquisa, organização e análise da literatura, bem como os principais tópicos discutidos. A seção 4, registra os resultados da produção científica mundial sobre o tema, obtidos por meio da análise bibliométrica. A última seção apresenta as considerações finais relacionadas ao estudo, apontando as principais limitações da pesquisa.

## 2. Fundamentação teórica

A Produção Enxuta surgiu no Japão na década de 1950, dentro do Sistema Toyota de Produção, e pode ser definida como uma abordagem estratégica e operacional para a redução de desperdícios (Tortorella *et al.*, 2020b), através da identificação de atividades desnecessárias e padronização de processos (Buer *et al.*, 2018; Tortorella e Fettermann, 2018; Pagliosa *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2019; Lyu *et al.*, 2020; Tortorella *et al.*, 2020a). A adoção de seus princípios está ligada ao aumento do desempenho operacional (Buer *et al.*, 2018; Pagliosa *et al.*, 2020) por meio da eliminação de desperdícios de fabricação tais como defeitos, superprodução, tempo de espera, subutilização de mão de obra, transporte, estoque, movimentação e processamento extra (Amjad *et al.*, 2021).

O conceito de Indústria 4.0 foi anunciado na feira de Hannover Messe em 2011, na Alemanha (Buer *et al.*, 2018; Tortorella e Fettermann, 2018; Tortorella *et al.*, 2019; Tortorella

*et al.*, 2020a). Tal conceito está relacionado ao uso operacional de produtos e processos inteligentes que possibilitam a coleta e análise automática de dados, e a interação entre produtos, processos, fornecedores e clientes através da internet (Buer *et al.*, 2018). Apesar de ter foco no chão de fábrica a Indústria 4.0 também influencia o modelo de negócio das organizações, seus produtos e serviços (Tortorella *et al.*, 2019).

Amjad *et al.* (2021) afirmam que não há um consenso sobre o que constitui a Indústria 4.0 e que alguns pesquisadores sugerem que ela compreende mais de 50 tecnologias. Entretanto, ao analisar a literatura científica sobre o tópico, é possível observar que as tecnologias mais recorrentes são: *Big Data*, *Internet of Things*, *Radio Frequency Identification* (RFID), *Artificial Intelligence*, *Robots*, *Blockchain*, *Machine Learning*, *Additive Manufacturing* ou *3D Printing*, *Integrated Systems*, *Cyber Physical Systems*, *Cloud Computing*, *Augmented Reality* e *Cybersecurity*.

A integração de princípios Lean com tecnologias de automação de baixa complexidade começou a ganhar popularidade nos anos 1990, e foi chamada de *Lean Automation* (Buer *et al.*, 2018; Tortorella e Fettermann, 2018; Tortorella *et al.*, 2020b). Alguns autores dizem que a implementação da Produção Enxuta é pré-requisito para uma transformação em Indústria 4.0 (Buer *et al.*, 2018), ou ainda que auxilia sua adoção (Kamble, Gunasekaran, e Dhoni, 2020). Outros estudos também mostram que tecnologias da Indústria 4.0 eliminam barreiras na implementação da Produção Enxuta (Kamble *et al.*, 2020; Rosin *et al.*, 2020).

Uma forte correlação existe entre Produção Enxuta e Indústria 4.0, pois estas duas abordagens visam proporcionar às empresas desempenho superior e vantagem competitiva em relação aos concorrentes do mercado (Rahman *et al.*, 2021; Tortorella *et al.*, 2021). De acordo Tortorella *et al.* (2021), a Produção Enxuta fornece impacto positivo sobre o desempenho por meio de uma busca contínua e sistemática por melhorias e redução de desperdícios, ao passo que tecnologias da Indústria 4.0 introduzem automação e interconectividade que podem mitigar dificuldades de gestão preexistentes. A combinação destas abordagens ajuda empresas a alcançarem a Automação Enxuta, fornecendo maior mutabilidade e fluxos de informações mais curtos para atender às demandas futuras do mercado.

Alguns estudos mostram que a compatibilidade entre Produção Enxuta e Indústria 4.0 não é completa, com alta sinergia entre sistemas ciber-físicos e mapeamento da cadeia de valor, mas baixa sinergia entre robótica avançada e troca rápida de ferramentas (Pagliosa *et al.*, 2020).

Rosin *et al.* (2020) mostram que os princípios da Produção Enxuta mais impactados pelas tecnologias da Indústria 4.0 são *Just In Time*, estabilidade e *Jidoka*, e os menos impactados são redução de desperdício e pessoas e trabalho em equipe. Tortorella *et al.* (2019) mostram que algumas tecnologias da Indústria 4.0 moderam de forma negativa alguns aspectos da Produção Enxuta, de modo que a simples adoção de tecnologias da Indústria 4.0 não leva a resultados notáveis. Tortorella *et al.* (2020a) mostram uma alta relação entre mapeamento da cadeia de valor e *Big Data*. Tortorella e Fettermann (2018) mostraram uma baixa adoção da Produção Enxuta ou Indústria 4.0 no Brasil, porém as organizações que adotam a Indústria 4.0 também possuem alta implementação da Produção Enxuta, indicando alta relação entre as duas. Novas ferramentas que buscam integrar a Produção Enxuta e a Indústria 4.0 estão sendo desenvolvidas e aplicadas nas indústrias (Zhang *et al.*, 2019; Lyu *et al.*, 2020).

### 3. Metodologia

Com o intuito de obter resultados capazes de abordar o progresso da produção acadêmica mundial sobre a Produção Enxuta no contexto da Indústria 4.0 em periódicos indexados nas bases de dados Scopus e/ou Web of Science, adotou-se abordagem bibliométrica, utilizada para mapear estatisticamente os conjuntos de publicações-alvo de uma pesquisa, ou seja, busca monitorar e descrever através de frequência os registros escritos (Vanti, 2002).

Os critérios de seleção para os referidos bancos de dados foram a qualidade e a quantidade de publicações. Assim sendo, a Web of Science foi selecionada por poder atingir todos os periódicos indexados com um fator de impacto calculado no Journal Citation Report (JCR), e a Scopus foi selecionada por ser o maior banco de dados de literatura revisada por pares (Homrich *et al.*, 2018). A Scopus indexa 24.385 periódicos revisados por pares, enquanto a Web of Science indexa 16.257 (Vázquez *et al.*, 2019).

A busca bibliográfica foi finalizada no dia 05 de fevereiro de 2021, sendo selecionados 88 artigos em 49 periódicos. É relevante esclarecer que apenas estudos publicados em periódicos foram selecionados, visto que segundo Gupta e Müller-Birn (2018), os referidos são considerados como os estudos de mais alto nível. O Quadro 1 apresenta as etapas utilizadas para a seleção e obtenção dos artigos.

Quadro 1 – Etapas do levantamento bibliográfico dos artigos

<b>Formulação do problema de pesquisa</b>	A questão que levou ao desenvolvimento desta pesquisa foi: Qual o cenário das publicações científicas sobre Produção Enxuta no contexto da Indústria 4.0 nas bases de dados Scopus e Web of Science?
<b>Coleta de dados</b>	Para alcançar as publicações de interesse, foram utilizados os seguintes termos: - Scopus: TITLE-ABS-KEY (“Industr* 4.0” OR “Fourth Industrial Revolution”) AND TITLE-ABS-KEY (“Lean Manufacturing” OR “Lean Production” OR “Just in Time” OR “Toyota”) AND LIMIT-TO (LANGUAGE: “English”) AND LIMIT-TO (DOCTYPE: “ar”). - Web of Science: TOPIC (“Industr* 4.0” OR “Fourth Industrial Revolution”) AND TOPIC (“Lean Manufacturing” OR “Lean Production” OR “Just in Time” OR “Toyota”) AND LIMIT-TO (LANGUAGE: “English”) AND LIMIT-TO (DOCTYPE: “ar”).
<b>Avaliação dos dados</b>	A Figura 1 apresenta os resultados dos refinamentos realizados nas bases de dados. Após aplicar todos os filtros na coleta de dados, verificou-se que até o final de 2020, 97 artigos revisados por pares e com texto completo disponível foram encontrados na Scopus, 24 apenas na Web of Science e 53 em ambas as bases. Ao final do refinamento, o resumo e a introdução dos artigos foram analisados para verificar se eles realmente estavam relacionados ao tema ou apenas mencionavam os termos de busca no título e/ou palavras-chave e/ou resumo. Como resultado, pode-se concluir que 88 artigos publicados em periódicos indexados nas bases efetivamente apresentaram estudos sobre o assunto.

Fonte: Elaborado pelos autores.

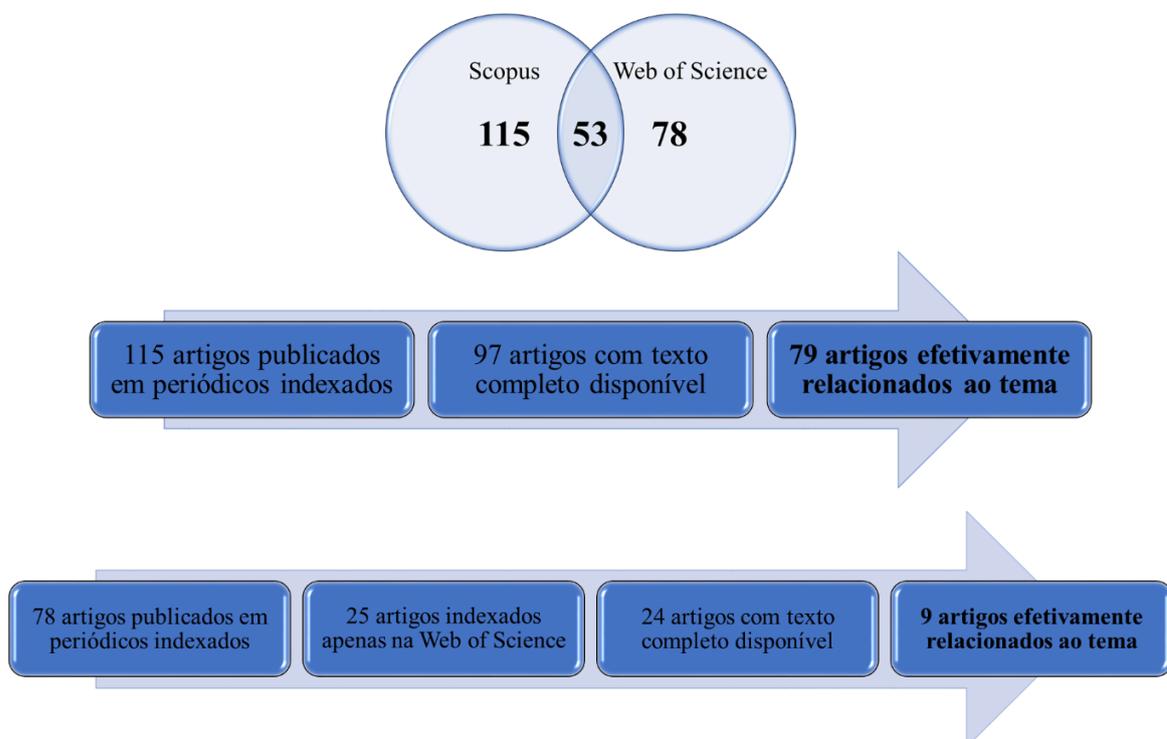


Figura 1 – Refinamento da pesquisa bibliográfica realizada nas bases de dados

Fonte: Elaborado pelos autores.

#### 4. Resultados do estudo bibliométrico

Na presente seção, serão apresentados, por meio de tabelas e figuras, a descrição da análise do estudo e dos resultados obtidos, após o processamento e tabulação dos dados.

##### 4.1. Periódicos

Num primeiro momento efetuou-se uma análise com o intuito de verificar quantos periódicos indexados as bases de dados Scopus e/ou Web of Science publicaram artigos a respeito do tema objeto desta pesquisa, obtendo-se a quantidade de 49 periódicos.

Outro ponto observado e analisado foi o principal fator de impacto dos periódicos em cada uma das bases. O fator de impacto auxilia na avaliação da importância relativa de um periódico, especialmente quando comparado com outros do mesmo campo.

Existem bases reconhecidas por avaliar periódicos indexados, sendo que na Web of Science, há o Journal Citation Report (JCR); e na Scopus, o SCImago Journal & Country Rank (SJR), embora a referida base também apresente os indicadores Source Normalized Impact per Paper (SNIP) e CiteScore (Al-Hoorie e Vitta, 2019).

O JCR é a métrica quantitativa mais conhecida aplicada a periódicos revisados por pares (Brown e Gutman, 2019), classificando-os de acordo com os estratos indicativos da qualidade, em ordem decrescente: Q1 (o de mais elevado impacto), Q2, Q3 e Q4 (Cardoso *et al.*, 2019). O SJR é um indicador semelhante ao JCR, porém, o seu cálculo leva em conta o prestígio ou influência de um periódico (Ghazavi *et al.*, 2019). Os periódicos com uma taxa de autocitação maior que 33% são automaticamente excluídos do ranking e o intervalo temporal para seu cálculo é de três anos, ao passo que o do JCR é de 2 anos (Lin, 2017).

A Tabela 1 apresenta os periódicos indexados na Scopus e/ou Web of Science que publicaram artigos sobre o tema e o principal fator de impacto dos periódicos em cada base, tomando como referência a última edição lançada (2019). No final da Tabela 1, a quantidade de artigos publicada em cada ano é apresentada.

Tabela 1 – Periódicos que contribuíram para a apresentação de pesquisas sobre Produção Enxuta no contexto da Indústria 4.0 na Scopus e/ou Web of Science

Periódico	JCR	SJR	Anos					Total
			2016	2017	2018	2019	2020	
International Journal of Production Research	4,577	1,776		1	3	1	7	12
IFAC PapersOnLine	-	0,332			2	7		9
Procedia Manufacturing	-	0,516		6				6
Journal of Manufacturing Technology Management	3,385	1,173			1	1	3	5
Sensors	3,275	0,653		1		1	3	5
International Journal of Advanced Manufacturing Technology	2,633	0,999				1	1	2
International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences	-	0,353					2	2
Management and Production Engineering Review	-	0,358				1	1	2
Production & Manufacturing Research	-	0,642			1		1	2
Production Planning & Control	3,605	1,394					2	2
Sustainability	2,576	0,581				1	1	2
TQM Journal	-	0,658					2	2
Acta Logistica	-	-				1		1
Applied Sciences	2,474	0,418					1	1
CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology	2,991	1,193					1	1
Cogent Business and Management	-	0,295					1	1
Computers in Industry	3,954	1,007				1		1
Construction Innovation	-	0,595					1	1
Direccion y Organizacion	-	0,181					1	1
Drvna Industrija	0,663	0,258			1			1
Eastern-European Journal of Enterprise Technologies	-	0,325					1	1
European Journal of Innovation Management	2,613	0,678				1		1
FME Transactions	-	0,329				1		1
IEEE Engineering Management Review	-	0,214				1		1
Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science	-	0,209					1	1
Information	-	0,353			1			1
International Journal of Business Information Systems	-	-			1			1
International Journal of Computer Integrated Manufacturing	2,861	0,658				1		1
International Journal of GEOMATE	-	0,300	1					1
International Journal of Quality and Service Sciences	-	0,420					1	1
International Journal of Operations & Production Management	4,619	2,187				1		1
International Journal of Simulation Modelling	2,492	0,624				1		1
International Journal of Supply Chain Management	-	0,190				1		1
Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing	0,517	0,267					1	1

Periódico	JCR	SJR	Anos					Total
			2016	2017	2018	2019	2020	
Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing	4,594	0,544				1		1
Journal of Fashion Marketing and Management	1,706	0,712					1	1
Journal of Industrial Engineering and Management	-	0,503	1					1
Journal of Mechanics of Continua and Mathematical Sciences	-	-				1		1
Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity	-	0,780				1		1
Journal of System and Management Sciences	-	0,660					1	1
Macromolecular Symposia	0,913 (2005)	0,239					1	1
New Technology, Work and Employment	3,219	1,141	1					1
Operations and Supply Chain Management	-	0,189					1	1
Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture	1,982	0,812			1			1
Robotics and Computer Integrated Manufacturing	5,057	1,795					1	1
Russian Metallurgy	0,007	0,265					1	1
Systematic Reviews in Pharmacy	-	0,424				1		1
Tehnički Vjesnik	0,670	0,242	1					1
Total Quality Management & Business Excellence	2,922	0,679					1	1
<b>Total</b>			4	8	11	26	39	88

Fonte: Elaborado pelos autores.

#### 4.2. Países que mais publicaram pesquisas sobre o tema

A Tabela 2 apresenta os países que publicaram artigos sobre o tema nas bases de dados, sendo que a coluna *Single Paper* (SP) informa que o artigo é redigido apenas por autores do país; a coluna *First Paper* (FP) indica colaboração internacional, sinalizando que o primeiro autor do artigo pertence ao país destacado; a *Collaboration Paper* (CP) também indica que a publicação foi elaborada com colaboração internacional, porém o primeiro autor não é do país em questão; e, por fim, a *Total Paper* (TP) refere-se à soma de todas as publicações do país em destaque.

Os resultados permitiram verificar que 41 países publicaram pesquisas relacionadas ao tema. Considerando os artigos publicados e a presença de pelo menos um autor do país (independentemente da ordem de autoria), os países que mais contribuíram para o desenvolvimento de pesquisas apresentadas nas bases de dados foram a Itália, Brasil, Alemanha, China, Estados Unidos, Reino Unido, Índia e Espanha.

Tabela 2 – Países que publicaram pesquisas sobre o tema nas bases de dados

<b>País</b>	<b>TP</b>	<b>TP (%)</b>	<b>SP</b>	<b>FP</b>	<b>CP</b>
Itália	15	17%	7	2	6
Brasil	12	14%	4	7	1
Alemanha	11	13%	7	2	2
China	9	10%	3	1	5
EUA	9	10%	1	1	7
Reino Unido	9	10%	6	1	2
Índia	6	7%	3	1	2
Espanha	5	6%	1	1	3
Noruega	4	5%	2	1	1
Portugal	4	5%	4	0	0
Japão	3	3%	0	3	0
Suíça	3	3%	0	1	2
Arábia Saudita	2	2%	0	1	1
Áustria	2	2%	1	0	1
Croácia	2	2%	2	0	0
França	2	2%	1	1	0
Malásia	2	2%	1	0	1
México	2	2%	0	1	1
Namíbia	2	2%	2	0	0
Polônia	2	2%	1	1	0
Suécia	2	2%	1	0	1
Tailândia	2	2%	1	1	0
Taiwan	2	2%	2	0	0
Turquia	2	2%	1	0	1
Argentina	1	1%	1	0	0
Austrália	1	1%	0	0	1
Canadá	1	1%	0	0	1
Eslováquia	1	1%	1	0	0
Eslovênia	1	1%	1	0	0
Hong Kong	1	1%	0	0	1
Marrocos	1	1%	1	0	0
Nigéria	1	1%	1	0	0
Países Baixos	1	1%	0	0	1
Palestina	1	1%	0	1	0
Paquistão	1	1%	1	0	0
Romênia	1	1%	0	1	0
Rússia	1	1%	1	0	0
Ucrânia	1	1%	1	0	0
Uruguai	1	1%	0	0	1
Vietnã	1	1%	0	0	1

Fonte: Elaborado pelos autores.

### 4.3. Principais tópicos discutidos nos artigos

Com o intuito de investigar os principais tópicos discutidos nos artigos pesquisados, foram analisadas as palavras-chave mais recorrentes nos 88 artigos estudados. A Figura 2 apresenta uma nuvem de palavras com as 100 palavras-chave mais recorrentes.



Figura 2 – Nuvem das 100 palavras-chave mais recorrentes nos artigos selecionados

Fonte: Elaborado pelos autores.

A nuvem de palavras-chave apresenta que a Internet das Coisas (*Internet of Things*) e os Sistemas Ciber-Físicos (*Cyber Physical Systems*) são as tecnologias da Indústria 4.0 mais estudadas nas pesquisas, e isto não é surpreendente, visto que elas estão entre as tecnologias mais implementadas e difundidas em empresas no contexto da quarta revolução industrial.

#### 4.4 Fator de impacto do artigo

A análise do impacto de um artigo para a ciência é uma tarefa difícil. Se você tomar como base o número de citações, pode criar um certo viés temporal, uma vez que artigos mais antigos têm grande vantagem proporcionada pelo tempo. Homrich *et al.* (2018) afirmam que a avaliação do impacto de um artigo para áreas científicas deve considerar tanto a média de citações anuais quanto o fator de impacto do periódico onde o artigo foi publicado, uma vez que o fator de impacto pode alterar a posição de um artigo no *ranking* de citações e a consideração da média anual de citações é menos sensível às variações anuais das citações. O Fator de Impacto do Artigo (FIA) foi desenvolvido por Carvalho, Fleury e Lopes (2013) e tem sido usado em muitas pesquisas, tais como: Homrich *et al.* (2018), Clemente *et al.*, (2019), Nadee e Carvalho (2019), Paes *et al.*, (2019), e Parizotto *et al.*, (2020). O cálculo do FIA é apresentado na equação abaixo.

$$\text{FIA} = \text{Média anual de citações} \times (1 + \text{fator de impacto do periódico na base de dados})$$

As Tabelas 3 e 4 apresentam os artigos sobre o tema com maior impacto para a ciência, considerando o número de citações recebidas nas bases de dados Scopus e Web of Science, respectivamente.

Tabela 3 – Artigos com maior fator de impacto na Scopus

Ano	Título do artigo	Periódico	SJR	Média anual de citações	FIA
2018	The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda	International Journal of Production Research	1,776	52,333	145,277
2018	The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0	International Journal of Production Research	1,776	46,667	129,547
2017	Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies	International Journal of Production Research	1,776	38,500	106,876
2016	Industry 4.0 Implies Lean Manufacturing: Research Activities in Industry 4.0 Function as Enablers for Lean Manufacturing	Journal of Industrial Engineering and Management	0,503	46,000	69,138
2019	Industry 4.0 and lean manufacturing practices for sustainable organisational performance in Indian manufacturing companies	International Journal of Production Research	1,776	21,000	58,296
2020	Industry 4.0 strategies and technological developments. An exploratory research from Italian manufacturing companies	Production Planning & Control	1,394	21,000	50,274

Ano	Título do artigo	Periódico	SJR	Média anual de citações	FIA
2016	Towards a lean automation interface for workstations	International Journal of Production Research	1,776	16,600	46,082
2019	Corporate survival in Industry 4.0 era: the enabling role of lean-digitized manufacturing	Journal of Manufacturing Technology Management	1,173	20,000	43,460
2019	The interrelation between Industry 4.0 and lean production: an empirical study on European manufacturers	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	0,999	20,000	39,980
2019	Industry 4.0 adoption as a moderator of the impact of lean production practices on operational performance improvement	International Journal of Operations & Production Management	2,187	11,500	36,651
2019	Lean management in the context of construction supply chains	International Journal of Production Research	1,776	11,000	30,536
2018	Industry 4.0 and lean management: a proposed integration model and research propositions	Production & Manufacturing Research	0,642	18,333	30,103
2019	Scopus scientific mapping production in industry 4.0 (2011–2018): a bibliometric analysis	International Journal of Production Research	1,776	10,000	27,760
2019	Organizational and managerial challenges in the path toward Industry 4.0	European Journal of Innovation Management	0,678	16,500	27,687
2019	The degree of readiness for the implementation of Industry 4.0	Computers in Industry	1,007	13,500	27,095
2020	Automating construction manufacturing procedures using BIM digital objects (BDOs)	Construction Innovation	0,595	15,000	23,925
2019	Impacts of Industry 4.0 technologies on Lean principles	International Journal of Production Research	1,776	8,500	23,596
2017	Transition towards an Industry 4.0 state of the LeanLab at Graz University of Technology	Procedia Manufacturing	0,516	15,000	22,740
2019	Industry 4.0 and Lean Manufacturing A systematic literature review and future research directions	Journal of Manufacturing Technology Management	1,173	9,500	20,644
2017	Interdependencies of Industrie 4.0 & Lean Production Systems: A Use Cases Analysis	Procedia Manufacturing	0,516	13,500	20,466
2019	Evaluation of the Relation between Lean Manufacturing, Industry 4.0, and Sustainability	Sustainability	0,581	12,500	19,763
2018	Empirical assessment of the future adequacy of value stream mapping in manufacturing industries	Journal of Manufacturing Technology Management	1,173	8,667	18,833

Ano	Título do artigo	Periódico	SJR	Média anual de citações	FIA
2017	Review of socio-technical considerations to ensure successful implementation of Industry 4.0	Procedia Manufacturing	0,516	12,000	18,192
2020	Designing lean value streams in the fourth industrial revolution era: proposition of technology-integrated guidelines	International Journal of Production Research	1,776	6,000	16,656
2019	Digital value stream mapping using the tecnomatix plant simulation software	International Journal of Simulation Modelling	0,624	10,000	16,240
2020	Integration of Lean practices and Industry 4.0 technologies: smart manufacturing for next-generation enterprises	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	0,999	8,000	15,992
2017	Process planning in Industry 4.0 environment	Procedia Manufacturing	0,516	9,000	13,644
2019	Production planning and scheduling in Cyber-Physical Production Systems: a review	International Journal of Computer Integrated Manufacturing Robotics and	1,795	4,500	12,578
2020	Towards Zero-Warehousing Smart Manufacturing from Zero-Inventory Just In-Time production	Computer Integrated Manufacturing	1,795	4,000	11,180
2017	SLAE-CPS: Smart Lean Automation Engine Enabled by Cyber-Physical Systems Technologies	Sensors	0,653	6,500	10,745

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 4 – Artigos com maior fator de impacto na Web of Science

Ano	Título do artigo	Periódico	JCR	Média anual de citações	FIA
2018	The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0	International Journal of Production Research	4,577	38,667	215,644
2018	The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda	International Journal of Production Research	4,577	34,000	189,618
2017	Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies	International Journal of Production Research	4,577	29,500	164,522
2019	Industry 4.0 and lean manufacturing practices for sustainable organisational performance in Indian manufacturing companies	International Journal of Production Research	4,577	24,000	133,848
2016	Towards a lean automation interface for workstations	International Journal of Production Research	4,577	13,400	74,732
2020	Industry 4.0 strategies and technological developments. An exploratory research from Italian manufacturing companies	Production Planning & Control	3,605	14,000	64,470

Ano	Título do artigo	Periódico	JCR	Média anual de citações	FIA
2019	Corporate survival in Industry 4.0 era: the enabling role of lean-digitized manufacturing	Journal of Manufacturing Technology Management	3,385	13,000	57,005
2019	Industry 4.0 adoption as a moderator of the impact of lean production practices on operational performance improvement	International Journal of Operations & Production Management	4,619	10,000	56,190
2019	The interrelation between Industry 4.0 and lean production: an empirical study on European manufacturers	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	2,633	13,000	47,229
2019	Scopus scientific mapping production in industry 4.0 (2011–2018): a bibliometric analysis	International Journal of Production Research	4,577	8,000	44,616
2019	Organizational and managerial challenges in the path toward Industry 4.0	European Journal of Innovation Management	2,613	12,000	43,356
2019	The degree of readiness for the implementation of Industry 4.0	Computers in Industry	3,954	8,500	42,109
2019	Lean management in the context of construction supply chains	International Journal of Production Research	4,577	7,500	41,828
2019	Impacts of Industry 4.0 technologies on Lean principles	International Journal of Production Research	4,577	7,000	39,039
2019	Evaluation of the Relation between Lean Manufacturing, Industry 4.0, and Sustainability	Sustainability	2,576	10,500	37,548
2016	Industry 4.0 Implies Lean Manufacturing: Research Activities in Industry 4.0 Function as Enablers for Lean Manufacturing	Journal of Industrial Engineering and Management	0,000	29,200	29,200
2020	Designing lean value streams in the fourth industrial revolution era: proposition of technology-integrated guidelines	International Journal of Production Research	4,577	5,000	27,885
2019	Digital value stream mapping using the technomatix plant simulation software	International Journal of Simulation Modelling	2,492	7,000	24,444
2019	IoT-enabled dynamic lean control mechanism for typical production systems	Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing	4,594	4,000	22,376
2018	Empirical assessment of the future adequacy of value stream mapping in manufacturing industries	Journal of Manufacturing Technology Management	3,385	5,000	21,925
2020	Integration of Lean practices and Industry 4.0 technologies: smart manufacturing for next-generation enterprises	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	2,633	6,000	21,798
2020	Towards Zero-Warehousing Smart Manufacturing from Zero-Inventory Just In-Time production	Robotics and Computer Integrated Manufacturing	5,057	3,000	18,171

Ano	Título do artigo	Periódico	JCR	Média anual de citações	FIA
2017	SLAE–CPS: Smart Lean Automation Engine Enabled by Cyber-Physical Systems Technologies	Sensors	3,275	4,250	18,169
2019	Characterization of Industry 4.0 Lean Management Problem-Solving Behavioral Patterns Using EEG Sensors and Deep Learning	Sensors	3,275	4,000	17,100
2016	When should workers embrace or resist new technology?	New Technology, Work and Employment	3,219	3,600	15,188
2019	Production planning and scheduling in Cyber-Physical Production Systems: a review	International Journal of Computer Integrated Manufacturing	2,861	3,500	13,514
2020	Towards the proposition of a Lean Automation framework - Integrating Industry 4.0 into Lean Production	Journal of Manufacturing Technology Management	3,385	3,000	13,155
2020	Geometric Deep Lean Learning: Deep Learning in Industry 4.0 Cyber–Physical Complex Networks	Sensors	3,275	3,000	12,825
2018	Industry 4.0 and lean management: a proposed integration model and research propositions	Production & Manufacturing Research	0,000	12,333	12,333
2019	A comparison on Industry 4.0 and Lean Production between manufacturers from emerging and developed economies	Total Quality Management & Business Excellence	2,922	3,000	11,766

Fonte: Elaborado pelos autores.

De modo geral, em ambas as bases de dados os mesmos artigos ocupam as 10 primeiras posições com relação ao fator de impacto do artigo. Entre as publicações com fator de impacto mais elevado, os temas mais discutidos foram: revisão sistemática da literatura sobre a ligação entre Indústria 4.0 e Produção Enxuta, revisão da literatura sobre a evolução de sistemas de produção, implantação de tecnologias da Indústria 4.0 e práticas da Produção Enxuta em empresas brasileiras e italianas, efeitos de tecnologias da Indústria 4.0 sobre práticas da Produção Enxuta e desempenho organizacional, digitalização de métodos da Produção Enxuta por meio do uso de Sistemas Ciber-Físicos, desenvolvimento de sistemas de Produção Enxuta digitalizados, e mapeamento bibliométrico da produção científica sobre Indústria 4.0.

Considerando o fator de impacto do artigo, autores da Noruega e de Hong Kong desenvolveram a pesquisa mais relevante sobre o tópico na Scopus (*The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda*), ao

passo que autores do Japão, Estados Unidos e China na Web of Science (The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0).

## 5. Considerações finais

O presente trabalho possibilitou a tessitura de um panorama geral da produção científica sobre Produção Enxuta no contexto da Indústria 4.0 publicada em periódicos indexados na Scopus e/ou Web of Science.

Foram analisados 88 artigos relacionados ao tema, publicados em 49 periódicos, o que permitiu a apresentação dos periódicos mais produtivos, o que possibilitará um direcionamento das principais fontes, com vistas à divulgação de trabalhos futuros. O estudo bibliométrico revelou que o International Journal of Production Research, IFAC PapersOnLine e Procedia Manufacturing apresentam-se como os periódicos mais prolíficos em relação à pesquisa publicada.

Em relação à participação dos países no desenvolvimento dos artigos, foi possível observar a presença de pesquisadores vinculados a 41 países, com destaque para a Itália, Brasil, Alemanha, China, Estados Unidos, Reino Unido, Índia e Espanha no número de publicações, e para os Estados Unidos e Brasil como os países que mais desenvolveram estudos em colaboração internacional.

Com relação aos tópicos analisados nas pesquisas, por meio da frequência nas palavras-chaves, é possível observar que a adaptação de tecnologias e soluções relacionadas à Indústria 4.0 ao paradigma da Produção Enxuta é a principal tendência até o momento, com destaque para a Internet das Coisas (*Internet of Things*) e Sistemas Ciber-Físicos (*Cyber Physical Systems*).

### 5.1. Limitações da pesquisa e oportunidades para futuros trabalhos

Como em qualquer estudo bibliométrico é relevante enfatizar que o método utilizado para o desenvolvimento deste artigo apresenta algumas limitações. A amostra de artigos analisada foi extraída de apenas duas bases de dados, o que pode ter desconsiderado estudos relevantes publicados em outras fontes. Além disso, o fato de terem sido analisados apenas artigos publicados em periódicos (devido à sua maior relevância e qualidade), não significa que artigos publicados em anais de congressos não apresentem contribuições importantes para o

desenvolvimento do tema. Ainda, vale ressaltar que o estudo bibliométrico desenvolvido baseou-se nas percepções dos autores, o que pode desconsiderar aspectos tidos como importantes a partir de outros pontos de vista.

No entanto, apesar das limitações, este estudo apresenta sua contribuição para a literatura científica Produção Enxuta no contexto da Indústria 4.0, uma vez que apresenta os principais periódicos de exposição do tema na Scopus e na Web of Science, os países que mais publicaram pesquisas e os tópicos mais analisados. Outros estudos bibliométricos poderão ir além dos tópicos discutidos aqui, para que uma visão geral da produção científica seja mais ampla e/ou mais detalhada em relação ao tópico.

## REFERÊNCIAS

- Al-Hoorie, A.H., & Vitta, J.P. (2019). The seven sins of L2 research: A review of 30 journals' statistical quality and their CiteScore, SJR, SNIP, JCR Impact Factors. *Language Teaching Research*, 23(6): 727-744. <https://doi.org/10.1177/1362168818767191>
- Amjad, M.S., Rafique, M.Z., & Khan, M.A. (2021). Leveraging Optimized and Cleaner Production through Industry 4.0. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 859-871. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.01.001>
- Brown, T., & Gutman, S.A. (2019). Impact factor, eigenfactor, article influence, scopus SNIP, and SCImage journal rank of occupational therapy journals. *Scandinavian Journal of Occupational Therapy*, 26(7): 475-483. <https://doi.org/10.1080/11038128.2018.1473489>
- Buer, S-V., Strandhagen, J.O., & Chan, F.T. (2018). The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda. *International Journal of Production Research*, 56(8): 2924-2940. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1442945>
- Cardoso, K.A.D.S.W., Costa, H.G., Silveira, H.M.C., Rodriguez, M.V.R.Y., & Dias, A.C. (2019). Análise dos aspectos que mais influenciam a publicação de artigos em periódicos de elevado impacto científico: revisão sistematizada. *Sistemas & Gestão*, 14(1): 13-27. <https://doi.org/10.20985/1980-5160.2019.v14n1.1412>
- Carvalho, M.M., Fleury, A., & Lopes, A.P. (2013). An overview of the literature on technology roadmapping (TRM): Contributions and trends. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(7): 1418-1437. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.11.008>
- Clemente, D.H., Hsuan, J., & Carvalho, M.M. (2019). The intersection between business model and modularity: an overview of the literature. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 16(3): 387-397. <https://doi.org/10.14488/BJOPM.2019.v16.n3.a3>
- Ghazavi, R., Taheri, B., & Ashrafi-Rizi, H. (2019). Article Quality Indicator: Proposing a New Indicator for Measuring Article Quality in Scopus and Web of Science. *Journal of Scientometric Research*, 8(1): 9-17. <https://doi.org/10.5530/jscires.8.1.2>
- Gupta, S., & Müller-Birn, C. (2018). A study of e-research and its relation with research data life cycle: A literature perspective. *Benchmarking*, 25(6): 1656-1680. <https://doi.org/10.1108/BIJ-02-2017-0030>
- Homrich, A.S., Galvão, G., Abadia, L.G., & Carvalho, M.M. (2018). The circular economy umbrella: Trends and gaps on integrating pathways. *Journal of Cleaner Production*, 175, 525-543. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.064>
- Jovanović, M., Lalić, B., Mas, A., & Mesquida, A-L. (2015). The agile approach in industrial and software engineering project management. *Journal of Applied Engineering Science*, 13(4): 213-216. <https://doi.org/10.5937/jaes13-9577>
- Kamble, S., Gunasekaran, A., & Dhone, N. C. (2020). Industry 4.0 and lean manufacturing practices for sustainable

- organisational performance in Indian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 58(5): 1319-1337. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1630772>
- Kolberg, D., Knobloch, J., & Zühlke, D. (2017). Towards a lean automation interface for workstations. *International Journal of Production Research*, 55(10): 2845-2856. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1223384>
- Lin, W-Y.C. (2017). The performance of Asian S&T journals in international citation indicators. *Learned Publishing*, 30(3): 193-204. <https://doi.org/10.1002/leap.1100>
- Lyu, Z., Lin, P., Guo, D., & Huang, G.Q. (2020). Towards zero-warehousing smart manufacturing from zero-inventory just-in-time production. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 64, 101932. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2020.101932>
- Martínez-López, F.J., Merigó, J.M., Gázquez-Abad, J.C., & Ruiz-Real, J.L. (2020). Industrial marketing management: Bibliometric overview since its foundation. *Industrial Marketing Management*, 84, 19-38. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2019.07.014>
- Mogoş, R-I., Bodea, C-N., Dascălu, M-I., Safonkina, O., Lazarou, E., Trifan, E-L., & Nemoianu, I. V. (2018). Technology enhanced learning for industry 4.0 engineering education. *Revue Roumaine des Sciences Techniques – Série Électrotechnique et Énergétique*, 63(4): 429-435.
- Nadae, J.D., & Carvalho, M.M. (2019). Integrated management systems as a driver for sustainability: the review and analysis of the literature and the proposition of the conceptual framework. *Production*, 29, e20180048. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20180048>
- Paes, L.A.B., Bezerra, B.S., Deus, R.M., Jugend, D., & Battistelle, R.A.G. (2019). Organic solid waste management in a circular economy perspective – A systematic review and SWOT analysis. *Journal of Cleaner Production*, 239, 118086. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118086>
- Pagliosa, M., Tortorella, G., & Ferreira, J.C.E. (2020). Industry 4.0 and lean manufacturing: a systematic literature review and future research directions. *Journal of Manufacturing Technology Management*, In Press. <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2018-0446>
- Parizotto, L.A., Tonso, A., & Carvalho, M.M. (2020). The challenges of project management in small and medium-sized enterprises: a literature review based on bibliometric software and content analysis. *Gestão & Produção*, 27(1): e3768. <https://doi.org/10.1590/0104-530x3768-20>
- Rahman, M.S.B.A., Mohamad, E., & Rahman, A.A.B.A. (2021). Development of IoT – enabled data analytics enhance decision support system for lean manufacturing process improvement. *Concurrent Engineering*, In Press. <https://doi.org/10.1177/1063293X20987911>
- Rosin, F., Forget, P., Lamouri, S., & Pellerin, R. (2020). Impacts of Industry 4.0 technologies on Lean principles. *International Journal of Production Research*, 58(6): 1644-1661. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1672902>
- Rossini, M., Costa, F., Tortorella, G.L., & Portioli-Staudacher, A. (2019). The interrelation between Industry 4.0 and lean production: an empirical study on European manufacturers. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 102(9): 3963-3976. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03441-7>
- Tortorella, G.L., Giglio, R., & Van Dun, D.H. (2019). Industry 4.0 adoption as a moderator of the impact of lean production practices on operational performance improvement. *International Journal of Operations & Production Management*, 36(6-8): 860-886. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-01-2019-0005>
- Tortorella, G.L., Narayanamurthy, G., & Thurer, M. (2021). Identifying pathways to a high-performing lean automation implementation: An empirical study in the manufacturing industry. *International Journal of Production Economics*, 231, 107918. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107918>
- Tortorella, G.L., Pradhan, N., Anda, E.M., Martinez, S. T., Sawhney, R., & Kumar, M. (2020a). Designing lean value streams in the fourth industrial revolution era: proposition of technology-integrated guidelines. *International Journal of Production Research*, 58(16), 5020-5033. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1743893>
- Tortorella, G.L., Sawhney, R., Jurburg, D., Paula, I.C., Tlapa, D., & Thurer, M. (2020b). Towards the proposition of a Lean Automation framework. *Journal of Manufacturing Technology Management*, In Press. <https://doi.org/10.1108/JMTM-01-2019-0032>

Tortorella, G.L., & Fettermann, D. (2018). Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 56(8): 2975-2987. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1391420>

Vanti, N.A.P. (2002). Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. *Ciência da Informação*, 31(2): 369-379. <https://doi.org/10.1590/S0100-19652002000200016>

Vázquez, Á.D., Vázquez-Cano, E., Montoro, M.R.B., & Meneses, E.L. (2019). Análisis bibliométrico del impacto de la investigación educativa en diversidad funcional y competencia digital: Web of Science y Scopus. *Aula Abierta*, 48(2): 147-156. <https://doi.org/10.17811/rifie.48.2.2019.147-156>

Vu, T.L.A. (2018). Building CDIO approach training programmes against challenges of industrial revolution 4.0 for engineering and technology development. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 11(7): 1129-1148.

Zhang, K., Qu, T., Zhou, D., Thürer, M., Liu, Y., Nie, D., Li, C., & Huang, G.Q. (2019). IoT-enabled dynamic lean control mechanism for typical production systems. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 10(3): 1009-1023. <https://doi.org/10.1007/s12652-018-1012-z>