



## Indústria 4.0 e Logística: um estudo bibliométrico

Área Temática: Gestão de Operações e Logística

Gisele Raiane Alves Silva, Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix<sup>1</sup>  
Itatiane Rodrigues de Almeida, Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix<sup>2</sup>  
Letícia Dornas Cruzeiro, Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix<sup>3</sup>  
Alexandre de Cássio Rodrigues, Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix<sup>4</sup>  
Tiago Silveira Gontijo, Universidade Federal de Minas Gerais<sup>5</sup>

### Resumo

Muitas pesquisas sobre os impactos da Indústria 4.0 têm sido desenvolvidas nos últimos anos. Por um lado isso tem ampliado o conhecimento sobre o tema, por outro tem dificultado o acompanhamento dos avanços pelos pesquisadores. Neste artigo analisamos a produção científica sobre Indústria 4.0 e Logística. Para isso, realizamos um estudo bibliométrico a partir de 182 artigos que tratam destes assuntos, os quais foram publicados entre 2003 e 2018 em periódicos e conferências indexados à *Web of Science*. Descrevemos as características destas publicações quanto aos países de origem, identificamos os principais periódicos/conferências e os autores mais produtivos, bem como as contribuições dos artigos mais influentes e assuntos mais abordados. Acreditamos que nosso estudo possa ser um ponto de partida para pesquisadores interessados em encontrar *gaps* de conhecimento sobre os impactos da Indústria 4.0 na área de Logística.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0; Logística 4.0; Bibliometria.

### INTRODUÇÃO

O termo Indústria 4.0 foi utilizado pela primeira vez em 2011 na Feira de Hannover/Alemanha para descrever um conjunto de inovações tecnológicas aplicadas aos processos de manufatura (Muhuri et al., 2019; Frazzon et al., 2019; Hofmann, & Rüsçh, 2017). Desde então, o uso de tecnologias que permitem a fusão dos mundos físico, digital e biológico (Manufatura Aditiva, Inteligência Artificial, *Big Data*,

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia de Produção, gisele-alves123@hotmail.com

<sup>2</sup> Graduanda em Engenharia de Produção, itatianealmeida@gmail.com

<sup>3</sup> Graduanda em Engenharia de Produção, leticia.dornas.cruzeiro@hotmail.com

<sup>4</sup> Mestre e graduado em Engenharia de Produção, alexanderodrigues.engprod@gmail.com

<sup>5</sup> Doutorando e mestre em Engenharia de Produção, tsgontijo@hotmail.com



*Internet* das Coisas, *Biologia Sintética* e *Sistemas Ciber Físicos*, por exemplo) tem sido apontado como uma das principais estratégias para tornar as fábricas inteligentes (Muhuri et al., 2019; Müller, Buliga & Voigt, 2018; Piccarozzi, Aquilani & Gatti, 2018). Muitos pesquisadores acreditam que a Indústria 4.0 promoverá a Quarta Revolução Industrial (Popkova, Ragulina & Bogoviz, 2019; Morrar, Arman & Mousa, 2017; Zhou, Liu & Zhou, 2015). Eles argumentam que a Indústria 4.0 gerará um expressivo aumento da eficiência dos processos produtivos, semelhante (ou até superior) ao ocorrido quando surgiram a máquina a vapor, a eletricidade ou a automação.

O tema Indústria 4.0 tem ocupado posição de destaque nas pesquisas em ciências gerenciais (Piccarozzi, Aquilani & Gatti, 2018). Vários autores têm tentando sistematizar o conhecimento construído, seja por meio estudos bibliométricos (Muhuri et al., 2019; Cobo et al. 2018; Trotta & Garengo, 2018) ou de revisão de literatura (Xu, Xu & Li, 2018; Piccarozzi, Aquilani & Gatti, 2018; Hofmann, & Rüsçh, 2017; Liao et al. 2017). Em particular, alguns trabalhos têm revisado os efeitos da Indústria 4.0 na Logística (Frazzon et al, 2019; Glistau & Machado, 2018). Apesar de haver um consenso entre os pesquisadores de que a Indústria 4.0 parece ter um grande potencial para aprimorar a gestão logística, suas reais consequências são bastante incertas, pois a Indústria 4.0 ainda está no início (Hofmann & Rüsçh, 2017).

Neste artigo analisamos a produção científica sobre Indústria 4.0 e Logística. Para isso, realizamos um estudo bibliométrico de 182 artigos, os quais foram publicados até 2018 em conferências e periódicos indexados à *Web of Science*. Além de traçar a evolução da produção científica, caracterizamos as publicações quanto aos seus países de origem, identificamos as relações entre os principais periódicos/conferências, os autores mais produtivos, as contribuições dos artigos influentes e os assuntos mais abordados. Esperamos que nossos achados possam ajudar os pesquisadores a encontrar *insights* para o desenvolvimento de futuras pesquisas sobre os impactos da Indústria 4.0 na gestão logística das organizações.



## MÉTODOS

Escolhemos a base de dados *ISI Web of Knowledge (Web of Science - WoS)* para selecionar as publicações que abordassem os temas Indústria 4.0 e Logística. Criada na década de 1960, a WoS é um amplo banco de publicações científicas, que contém registros de mais de 20.000 periódicos e possui dados de artigos, documentos de conferências, revisões e livros. Outra vantagem da WoS é que as suas publicações são selecionadas por meio de rigorosos critérios de qualidade. Além disso, justificamos a opção pela WoS pelo fato de seus registros serem suportados por *softwares* que permitem recuperar uma grande variedade de metadados de interesse da pesquisa, tais como: *abstract, cited references, times cited, authors, institutions* e *countries*. Salientamos que os processos de busca na WoS também localizam artigos publicados em outras bases, desde que os seus *abstracts* estejam nela indexados.

Definida a nossa base de dados, estabelecemos o critério de busca das publicações. Nesta etapa o nosso desafio foi determinar os termos que conseguissem abranger o assunto que desejávamos pesquisar. Por isso, primeiramente, identificamos trabalhos (em geral, revisões de literatura) sobre Indústria 4.0 e/ou Logística (Quadro 1). A partir dos termos correlatos utilizados nestes trabalhos, construímos nosso critério de busca. Para isso, utilizamos as conjunções AND e OR para agregar os termos, além de curingas (\*), os quais permitiram, por exemplo, encontrar publicações que tivessem utilizado o termo *industry* no singular ou plural.

**QUADRO 1:** Estabelecimento do critério de busca

Temas	Termos correlatos	Trabalhos
Indústria 4.0	<i>Industry 4.0, Industries 4.0, 4th Revolution Industry, 4th Industrial Revolution</i>	Muhuri, Shukla & Abraham (2019), Cobo et al. (2019), Kamble, Gunasekaran & Gawankar (2018), Piccarozzi, Aquilani & Gatti (2018), Saucedo-Martínez (2018), Trotta, & Garengo (2018), Liao et al. (2017)
Logística	<i>Logistic, Supply chain</i>	Gong et al. (201), Hajduk (2017), Tinello et al. (2017), Wang et al. (2017), Georgi, Darkow & Kotzab, (2013)
Indústria 4.0 e Logística	<i>Logistic 4.0</i>	Frazzon et al. (2019), Strandhagen et al. (2017), Barreto, Amaral & Pereira (2017), Galindo (2016)
<b>Critério de busca</b>	(((“Industr* 4.0”)OR(“4th Revolution Industry”)OR(“4th industrial revolution”))AND((logistic*) OR (“supply chain”)))OR(“logistic* 4.0”)	



**Fonte:** Elaborado pelos autores

Em seguida, introduzimos o critério de busca no campo tópico da WoS. Isso nos possibilitou recuperar os metadados dos trabalhos publicados até 2018 que continham aqueles termos em seu título, resumo ou palavras-chaves (dados e resultados serão compartilhados com os leitores interessados mediante simples solicitação aos autores). Posteriormente, realizamos o estudo bibliométrico destas publicações. Especificamente, classificamos os artigos segundo o ano de publicação, país, periódico, número de citações e autoria. Também criamos uma rede partir das palavras-chaves mais utilizadas nos artigos. Os metadados foram analisados com o auxílio dos *softwares* R (pacote Bibliometrix) e VOSviewer. O Bibliometrix permite construir uma linha do tempo que mostra a relação entre o nível de citação entre os autores e o respectivo ano no qual isso ocorreu (Aria & Cuccurullo, 2017). Já o VOSviewer possibilita elaborar mapas que exploram o conteúdo das publicações sob diferentes perspectivas, tais como nuvens de palavras-chave, co-ocorrência de citações, entre outras (Van Eck & Waltman, 2017).

### **3.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na WoS encontramos 182 trabalhos (122 artigos de conferências, 56 publicações em periódicos, 05 revisões e 01 resumo de encontro) sobre Indústria 4.0 e Logística, os quais foram publicados entre 2013 e 2018. Haja vista que o termo Indústria 4.0 foi utilizado pela primeira em 2011, não nos causou surpresa o fato de não termos encontrado publicações anteriores àquele ano. Na sequência apresentamos outras características destas publicações. Em particular, mostramos a evolução da produção científica, bem como os principais países responsáveis por esta produção, os periódicos que mais publicaram sobre o assunto, os artigos mais citados, os autores mais produtivos e os principais assuntos abordados nas publicações.

#### **Evolução da produção científica**

Na Figura 1 mostramos que a produção científica sobre Indústria 4.0 e Logística tem crescido nos últimos anos (coluna cinza). Enquanto em 2013 somente dois trabalhos foram publicados, em 2018 este número subiu para 69. Além de estar em expansão, podemos afirmar que as pesquisas sobre Indústria 4.0 e Logística constituem um tópico



emergente, pois apenas 25% dos artigos foram publicados até 2016 (linha pontilhada), ou seja, 75% dos trabalhos foram publicados nos últimos dois anos. Evidenciamos, ainda, que ao longo do período analisado as publicações sobre Indústria 4.0 e Logística ocorreram mais em conferências (coluna laranja) do que em periódicos (coluna azul). Acreditamos que pode isso pode ser explicado pelo aumento da chance de publicação e/ou da diminuição do tempo de publicação. Sobretudo para um campo de pesquisa que está em estágio inicial (Hofmann & Rüsç, 2017), pode ser que o percurso natural de um texto científico de boa qualidade seja ser publicado em anais de conferências e, na sequência, em um periódico (Guimarães, 2004). Afinal, quando um autor apresenta seu trabalho em uma conferência está submetendo-o à análise crítica de uma audiência especializada, podendo, com isso, receber sugestões de melhoria, que devem aumentar a chance de aceite em um bom periódico. Além disso, tem sido comum que os melhores artigos apresentados em conferências sejam indicados para *fast track* em periódicos (por exemplo, no Brasil, o SemeAd adota este procedimento). Através de *fast tracks* a etapa de revisão dos trabalhos é acelerada, o que pode encurtar o tempo de publicação e, consequentemente potencializar a contribuição da pesquisa desenvolvida.

FIGURA 1: Evolução temporal da produção científica sobre Indústria e Logística 4.0



Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa

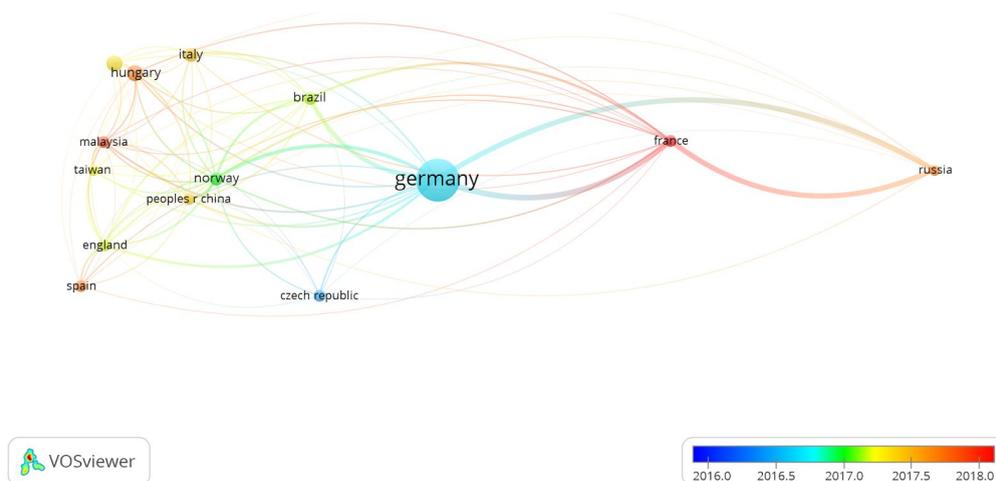
### Principais países



Constatamos que os 182 artigos sobre Indústria 4.0 e Logística foram produzidos por pesquisadores de 46 países distintos, o que corresponde a uma média de 4,0 artigos por país. Contudo, a produção científica foi concentrada em poucos países. Na Figura 2 mostramos que apenas 14 países publicaram ao menos cinco artigos (portanto, mais que a média por país). Nesta figura cada país é representado por um círculo, cujo o diâmetro é diretamente proporcional ao número de artigos produzidos. A espessura das linhas curvas ilustram as relações de coautoria entre os pesquisadores de dois países conectados. Por sua vez, as cores azul e vermelho indicam, respectivamente, a publicação de artigos em anos próximos a 2016 e 2018.

Assim, inferimos que a Alemanha é o país que mais desenvolveu pesquisas sobre Indústria 4.0 e Logística. Especificamente, o país no qual o termo Indústria 4.0 foi usado pela primeira vez publicou 73 artigos sobre Indústria 4.0 e Logística (40% do total), sendo que os seus autores mantiveram relacionamentos de coautoria com pesquisadores de todos os demais treze países mais produtivos. Frisamos que a supremacia germânica se deve a artigos publicados sobretudo em 2016. Mais recentemente (2018), tem-se destacado a produção científica da França e da Malásia.

**FIGURA 2:** Relacionamento de coautoria entre países



**Fonte:** Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa

### Principais fontes

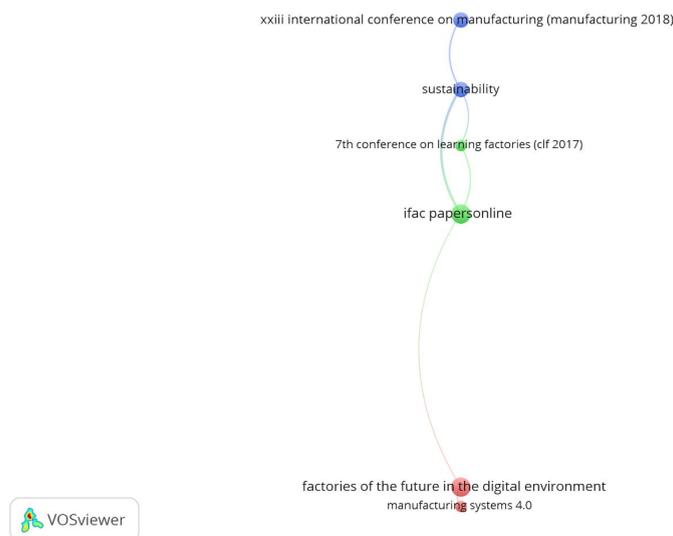
Os 182 artigos sobre Indústria 4.0 e Logística foram publicados em 145 periódicos/conferências diferentes. Contudo, apenas em seis foram publicados entre três



e cinco (máximo) artigos. Juntos, eles publicaram 23 artigos, o que correspondeu a 13% da amostra. Este resultado se alinha à Lei de Bradford, segundo a qual poucas fontes concentram a maior parte dos artigos de determinada área do conhecimento (Friedman, 2015).

Na Figura 3 cada uma daquelas seis fontes é representada por um círculo, cujo o diâmetro é diretamente proporcional ao número de artigos que publicou. A espessura das linhas curvas ilustram quantas referências em comum os artigos de duas fontes conectadas possuem. Por sua vez, as cores dos clusters indicam as fontes que possuem proximidade temática, a qual é consequência de os seus artigos terem compartilhado várias referências. Então, por exemplo, as publicações do cluster azul, que é composta pela *XXIII International Conference Manufacturing* e pelo periódico *Sustainability* estão bastante relacionados entre si. Por outro lado, não parece haver relação entre estas fontes e *Factories of the future in the digital environment* ou *Manufacturing Systems 4.0*.

**FIGURA 3:** Relacionamento de entre as conferências e periódicos que publicaram sobre Indústria 4.0 e Logística



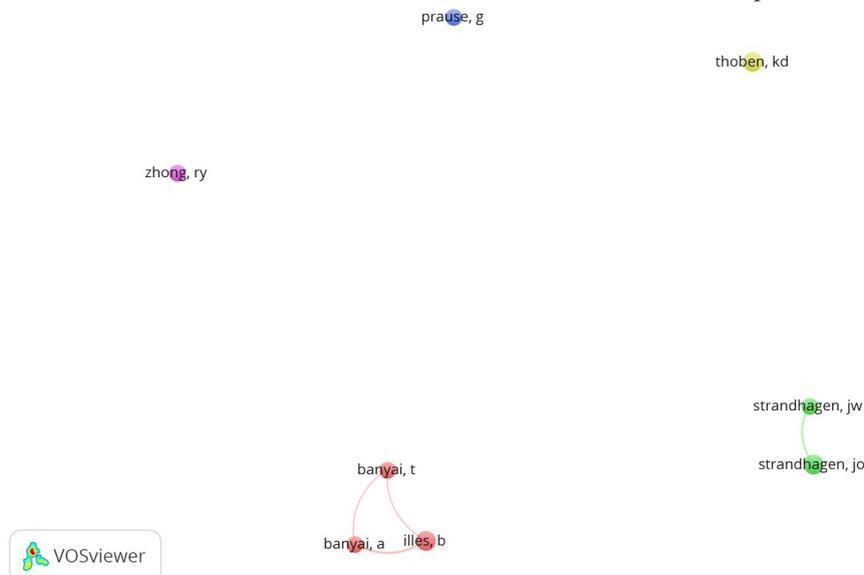
**Fonte:** Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa

### **Autores mais produtivos**



Os 182 artigos sobre Indústria 4.0 e Logística foram produzidos por 511 autores distintos, o que corresponde a uma média de 2,8 autores por artigo. Observamos que a maioria dos autores produziu apenas um artigo e que apenas três autores (Bélla Illés, Klaus-Dieter Thoben e Jan Ola Strandhagen) produziram quatro artigos (o número máximo). Este resultado é coerente com a Lei de Lotka (Lotka, 1926), segundo a qual poucos são os pesquisadores que produzem muito em determinada área do conhecimento (Friedman, 2015). Na Figura 4 mostramos a relação de coautoria entre os oito autores que produziram ao menos três artigos. Nesta visualização, cada autor é representado por um círculo, cujo diâmetro é proporcional ao número de artigos produzidos enquanto que as linhas representam relações de coautoria. Assim, vemos que, em geral, a produção científica sobre Indústria 4.0 e Logística é fragmentada, pois há poucas relações de coautoria/colaboração entre os pesquisadores mais produtivos. Este resultado sugere que este campo de pesquisa constitui um tópico emergente, que, portanto, ainda não está maduro.

**FIGURA 4:** Relacionamento de coautoria entre os autores mais produtivos



**Fonte:** Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa

### Artigos mais influentes



O número de citações é comumente utilizado para identificar a influência de um artigo. Até 2018, os 182 artigos sobre Indústria 4.0 e Logística haviam sido citados 575 vezes. Isso implica em um baixo número médio de citações (3,3 por artigo), o que pode ser justificado pelo fato de a maioria dos trabalhos serem muito recentes. Especificamente, a nossa amostra apresentou índice h igual a 14, o que diz que 14 artigos dela (7,7% do total) foram citados ao menos 14 vezes durante o período analisado. No Quadro 2 destacamos as contribuições dos 10 artigos mais citados.

**QUADRO 2:** Os dez artigos Indústria 4.0 e Logística mais citados

<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Citações</b>	<b>Contribuição</b>
<i>Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics</i>	Hofmann & Rüsç (2017)	94	Apresenta oportunidades da Indústria 4.0 no contexto da Logística, especialmente em sistemas Kanban e Just in Time
<i>Cloud-assisted industrial cyber-physical systems: An insight</i>	Yue et al. (2015)	49	Mostra que a adoção de sistemas ciber físicos podem aumentar a eficiência de operações logísticas
<i>Industry 4.0 Implies Lean Manufacturing: Research Activities in Industry 4.0 Function as Enablers for Lean Manufacturing</i>	Sanders, Elangeswaran & Wulfsberg (2016).	41	Defende que a Indústria 4.0 pode potencializar os resultados da manufatura enxuta
<i>New logistics and production trends as the effect is global economy changes</i>	Kovács & Kot (2016)	26	Destaca que a logística será drasticamente impactada pela Indústria 4.0, especialmente em relação ao tratamento das demandas dos clientes e da gestão de estoques
<i>Requirements and concept for Plug-and-Work Adaptivity in the context of Industry 4.0</i>	Schleipen (2015)	23	Apresenta uma proposta de automatização de mudanças em sistemas de produção
<i>Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations</i>	Jabour et al. (2018)	22	Discute maneiras como as tecnologias da Indústria 4.0 podem contribuir para a sustentação da Economia Circular
<i>On sustainable production networks for Industry 4.0</i>	Prause & Atari (2017)	20	Investiga a relação entre redes, desenvolvimento organizacional, condições de estrutura estrutural e sustentabilidade no contexto da Indústria 4.0
<i>Ubiquitous manufacturing: Current practices, challenges, and opportunities</i>	Chen & Tsai (2017)	19	Defende que a manufatura onipresente – projetar, fabricar e vender em qualquer hora e lugar – é uma meta viável no contexto da Indústria 4.0
<i>Real-Time Decision Making in First Mile and Last Mile Logistics: How Smart Scheduling Affects</i>	Bányai (2018)	16	Argumenta que as tecnologias da Indústria 4.0 possibilitam a construção de soluções logísticas

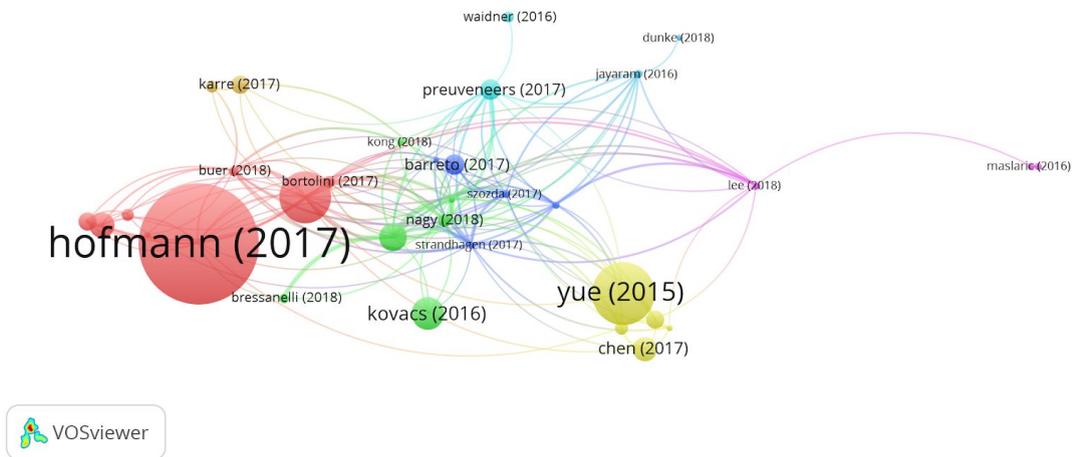


<i>Energy Efficiency of Hyperconnected Supply Chain Solutions</i>			hiperconectadas, propiciando diminuição do consumo de energia.
<i>The intelligent industry of the future: A survey on emerging trends, research challenges and opportunities in Industry 4.0</i>	Preuveneers & Ilie-Zudor (2017)	16	Identifica oportunidades de pesquisa sobre Indústria 4.0, com destaque para as implicações legais, riscos de mudança de inteligência e garantia do comportamento previsível dos sistemas

**Fonte:** Elaborado pelos autores

No Quadro 2 mostramos que artigo de Hofmann & Rüsç (2017) é o trabalho mais citado sobre Indústria 4.0 e Logística. Reforçamos a influência deste artigo naquele campo de pesquisa na Figura 5. Nesta visualização representamos a rede de acoplamentos bibliográficos dos artigos sobre Indústria 4.0 e Logística que tenham sido citados ao menos cinco vezes. Proposto por Kessler (1963), o acoplamento bibliográfico entre dois artigos ocorre quando estes referenciam ao menos uma publicação em comum, indicando, assim, que possuem uma proximidade temática, teórica e/ou metodológica, na visão dos autores de seus autores. Logo, quanto maior a quantidade de referências em comum, mais intensa será a força do acoplamento. Como esta força não se altera com o tempo, pois o número de referências compartilhadas é fixo, o acoplamento bibliográfico é, essencialmente, uma análise retrospectiva (Grácio, 2016), a qual é útil para identificar os núcleos de pesquisa, os pesquisadores e os artigos mais importantes em um dado domínio científico (Hjørland, 2013). Por isso, interpretamos que o artigo de Hofmann & Rüsç (2017), por ser o mais compartilhado, é, neste momento, o principal trabalho sobre Indústria 4.0 e Logística.

**FIGURA 5:** Acoplamento bibliográfico dos artigos sobre Indústria 4.0 e Logística



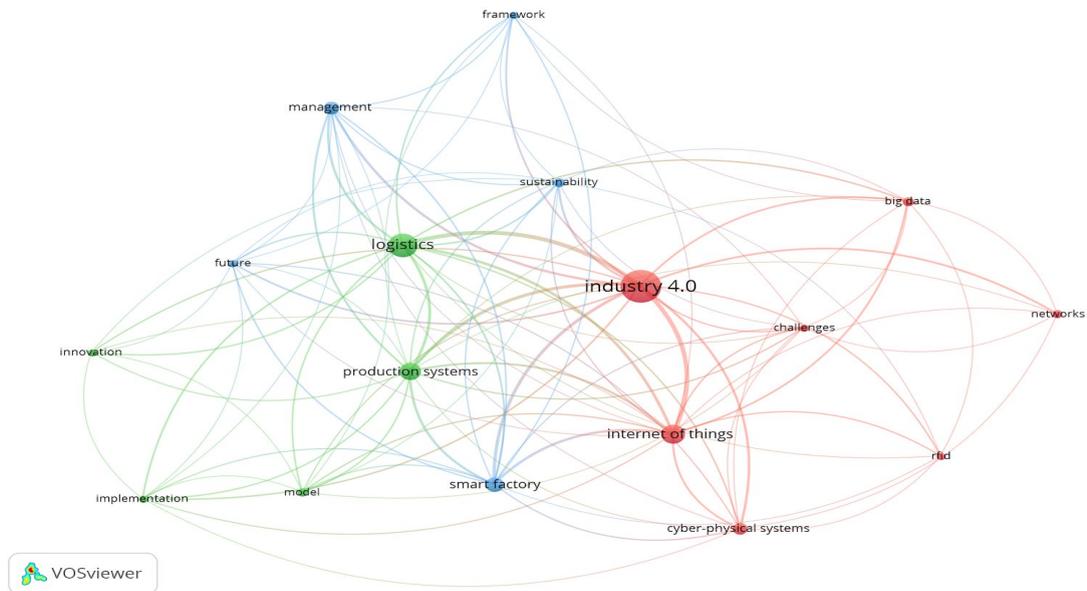
**Fonte:** Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa

### Assuntos mais abordados

Para identificar os assuntos mais abordados pelos artigos da amostra construímos uma rede a partir de suas palavras-chaves. Tivemos algumas dificuldades para implementar esta tarefa, pois palavras que tivessem significado semelhante poderiam ter sido grafadas de modo diferente. Por isso, criamos um dicionário para, por exemplo, considerar como iguais expressões como “*iot*” e “*Internet of things*”.

Feito isso, apuramos que os artigos utilizaram 738 palavras-chaves distintas. As 17 palavras-chaves que ocorreram ao menos cinco vezes são mostradas na Figura 6. Nesta visualização, o diâmetro dos círculos é diretamente proporcional ao número de ocorrências das palavras-chave que eles rotulam e as linhas curvas ilustram as 97 relações de co-ocorrência delas. Assim, a proximidade entre os círculos realça a intensidade da relação entre as palavras-chave, enquanto que as cores dos círculos indicam o cluster ao qual as palavras-chave similares foram atribuídas.

**FIGURA 6:** Rede de palavras-chaves dos títulos dos artigos da amostra



**Fonte:** Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa

Diante disso, interpretamos que há três debates em andamento. No cluster vermelho, o principal, a preocupação é com sobre os impactos/potencialidades de tecnologias como Internet das Coisas, *Big Data*, RFID e Sistemas Ciber Físicos. Há, no cluster azul, um interesse em estudar a gestão de fábricas inteligentes, especialmente no tocante à sustentabilidade e inovação. No *cluster* verde, o foco é a implementação de tecnologias 4.0 nos sistemas de produção e logística. De certo modo, estas constatações se aproximam as conclusões de Hofmann & Rüsç (2017). Para estes autores, a Indústria 4.0 promove oportunidades para que a Logística se torne mais descentralizada e eficientes. Eles entendem que a Indústria 4.0 pode possibilitar uma melhor avaliação da demanda, a redução dos tempos de ciclo de produção e aprimoramento da tomada de decisão, que poderá ser feita a partir de informações geradas em tempo real. Contudo, enfatizam que haja vista a abrangência da Indústria 4.0, as organizações precisarão definir individualmente o que entendem por este conceito.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo analisamos a produção científica sobre Indústria 4.0 e Logística. Com base em estudo bibliométrico de 182 artigos publicados entre 2013 e 2018, constatamos que o interesse da academia sobre Indústria 4.0 e Logística está em forte ascensão. Apesar



de o debate ainda estar mais concentrado em conferências, o número de publicações em periódicos tem crescido significativamente. Muitos são os autores que estão publicando sobre o tema, mas são poucos aqueles que o fazem regularmente.

Embora os nossos achados tenham sido obtidos a partir dos dados de uma única fonte (*Web of Science*), acreditamos haver muitas oportunidades de pesquisas sobre os impactos da Indústria 4.0 no contexto da Logística. Tais impactos podem incluir, por exemplo, os custos ou as limitações legais da implementação de tecnologias da Indústria 4.0. A maioria dos trabalhos enfatizam os benefícios da Indústria 4.0, porém seus custos podem não compensar ou restrições legais podem impedir que sejam implantadas. Nesse sentido, esperamos que este estudo bibliométrico possa ser o ponto de partida para pesquisadores interessados neste tópico.

#### REFERÊNCIAS

Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975.

Bányai, T. (2018). Real-time decision making in first mile and last mile logistics: How smart scheduling affects energy efficiency of hyperconnected supply chain solutions. *Energies*, 11(7), 1833.

Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245-1252.

Cobo, M. J., Jürgens, B., Herrero-Solana, V., Martínez, M. A., & Herrera-Viedma, E. (2018). Industry 4.0: a perspective based on bibliometric analysis. *Procedia computer science*, 139, 364-371.

Frazzon, E. M., Rodriguez, C. M. T., Pereira, M. M., Pires, M. C., & Uhlmann, I. (2019). Towards Supply Chain Management 4.0. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 16(2), 180-191.

Chen, T., & Tsai, H. R. (2017). Ubiquitous manufacturing: Current practices, challenges, and opportunities. *Robotics and computer-integrated manufacturing*, 45, 126-132.

Galindo, L. D. (2016). *The Challenges of logistics 4.0 for the Supply chain management and the Information Technology* (Master's thesis, NTNU).



Georgi, C., Darkow, I. L., & Kotzab, H. (2013). Foundations of logistics and supply chain research: a bibliometric analysis of four international journals. *International Journal of logistics research and applications*, 16(6), 522-533.

Glistau, E., & Coello Machado, N. I. (2018). Industry 4.0, logistics 4.0 and materials—Chances and solutions. In *Materials Science Forum* (Vol. 919, pp. 307-314). Trans Tech Publications.

Gong, R., Xue, J., Zhao, L., Zolotova, O., Ji, X., & Xu, Y. (2019). A Bibliometric Analysis of Green Supply Chain Management Based on the Web of Science (WOS) Platform. *Sustainability*, 11(12), 3459.

Govindan, K., Soleimani, H., & Kannan, D. (2015). Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. *European Journal of Operational Research*, 240(3), 603-626.

Grácio, M. C. C. (2016). A coplamento bibliográfico e análise de cocitação: revisão teórico-conceitual. *Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação*, 21(47).

Guersola, M., Lima, E. P. D., & Steiner, M. T. A. (2018). Supply chain performance measurement: a systematic literature review. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 31(1), 109-131.

Guimarães, T. A (2004). Editorial. *Revista de Administração Contemporânea*, v.8, n.4.

Hajduk, S. (2017). Bibliometric analysis of publications on city logistics in international scientific literature. *Procedia Engineering*, 182, 282-290.

Hjørland, B. (2013). Theories of knowledge organization—theories of knowledge: Keynote March 19, 2013. *13th Meeting of the German ISKO in Potsdam. Knowledge organization*, 40(3), 169-181.

Hofmann, E., & Rüscher, M. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, 89, 23-34.

Jabbour, A. B. L. S., Jabbour, C. J. C., Godinho Filho, M., & Roubaud, D. (2018). Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations. *Annals of Operations Research*, 270(1-2), 273-286.

Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Gawankar, S. A. (2018). Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 408-425.



Kessler, M. M. (1963). Bibliographic coupling between scientific papers. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 14(1), 10-25.

Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. D. F. R., & Ramos, L. F. P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal. *International journal of production research*, 55(12), 3609-3629.

Liao, H., Wu, D., Huang, Y., Ren, P., Xu, Z., & Verma, M. (2018). Green logistic provider selection with a hesitant fuzzy linguistic thermodynamic method integrating cumulative prospect theory and PROMETHEE. *Sustainability*, 10(4), 1291.

Lotka, A. J. (1926). The frequency distribution of scientific productivity. *Journal of the Washington academy of sciences*, 16(12), 317-323.

Kovács, G., & Kot, S. (2016). New logistics and production trends as the effect of global economy changes. *Polish Journal of Management Studies*, 14.

Morrar, R., Arman, H., & Mousa, S. (2017). The fourth industrial revolution (Industry 4.0): A social innovation perspective. *Technology Innovation Management Review*, 7(11), 12-20.

Muhuri, P. K., Shukla, A. K., & Abraham, A. (2019). Industry 4.0: A bibliometric analysis and detailed overview. *Engineering applications of artificial intelligence*, 78, 218-235.

Müller, J. M., Buliga, O., & Voigt, K. I. (2018). Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 2-17.

Piccarozzi, M., Aquilani, B., & Gatti, C. (2018). Industry 4.0 in management studies: A systematic literature review. *Sustainability*, 10(10), 3821.

Popkova, E. G., Ragulina, Y. V., & Bogoviz, A. V. (2019). Fundamental differences of transition to industry 4.0 from previous industrial revolutions. In *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century* (pp. 21-29). Springer, Cham.

Prajapati, H., Kant, R., & Shankar, R. (2018). Bequeath life to death: State-of-art review on reverse logistics. *Journal of cleaner production*.

Prause, G., & Atari, S. (2017). *On sustainable production networks for Industry 4.0*.



- Preuveneers, D., & Ilie-Zudor, E. (2017). The intelligent industry of the future: A survey on emerging trends, research challenges and opportunities in Industry 4.0. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 9(3), 287-298.
- Rojko, A. (2017). Industry 4.0 concept: background and overview. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 11(5), 77-90.
- Sanders, A., Elangeswaran, C., & Wulfsberg, J. P. (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 (JIEM)*, 9(3), 811-833.
- Saucedo-Martínez, J. A., Pérez-Lara, M., Marmolejo-Saucedo, J. A., Salas-Fierro, T. E., & Vasant, P. (2018). Industry 4.0 framework for management and operations: a review. *Journal of ambient intelligence and humanized computing*, 9(3), 789-801.
- Schleipen, M., Lüder, A., Sauer, O., Flatt, H., & Jasperneite, J. (2015). Requirements and concept for Plug-and-Work. *at-Automatisierungstechnik*, 63(10), 801-820.
- Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. *Procedia Cirp*, 40, 536-541.
- Strandhagen, J. O., Vallandingham, L. R., Fragapane, G., Strandhagen, J. W., Stangeland, A. B. H., & Sharma, N. (2017). Logistics 4.0 and emerging sustainable business models. *Advances in Manufacturing*, 5(4), 359-369.
- Tinello, D., Knödl, M., Jodin, D., & Winkler, H. (2017). Study of biomimetics applied to logistics, material handling, SCM and manufacturing: A bibliometric analysis (1990-2013). *Logistics Journal: referierte Veröffentlichungen*, 2017(01).
- Trappey, A. J., Trappey, C. V., Fan, C. Y., Hsu, A. P., Li, X. K., & Lee, I. J. (2017). IoT patent roadmap for smart logistic service provision in the context of Industry 4.0. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 40(7), 593-602.
- Trotta, D., & Garengo, P. (2018, March). Industry 4.0 key research topics: A bibliometric review. In *2018 7th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)* (pp. 113-117). IEEE.
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2017). Citation-based clustering of publications using CitNetExplorer and VOSviewer. *Scientometrics*, 111(2), 1053-1070.