



Escola de Ciências Sociais e Humanas

Departamento de Economia Política

Génese e dinâmica atual do Conceito “Indústria 4.0”:  
Uma abordagem bibliométrica

Ana Carolina Fernandes

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre  
em Economia Monetária e Financeira

Orientador:

Sandro Mendonça, Prof. Auxiliar, Departamento de Economia,  
ISCTE Business School

Setembro 2018

*Àquele que “trabalhou com mãos humanas, pensou com inteligência humana,  
agiu com uma vontade humana e amou com um coração humano”*

[Gaudium et Spes, 22]

## **Agradecimentos**

Agradeço à minha família, perante a qual qualquer formulação ficará aquém, e qualquer agradecimento ínfimo. São expressão dos “melhores companheiros de viagem”.

Aos meus amigos, presentes em momentos que atravessam gerações, raças e religiões. Representação física de um espaço que vai muito além do geográfico e palpável, transportando-nos para lugares de encontro, crescimento e autenticidade.

E àqueles para quem quer a expressão “família” quer a expressão “amigos” é simultaneamente verdadeira e desadequada por serem misto, fermento e mistério indizível. Estes que partilham comigo o seu tempo, a sua fé, os seus conhecimentos e sobretudo os seus valores vividos de forma coerente, e são donos de uma participação silenciosa, mas efetiva e afetiva.

Por fim, academicamente, aos profissionais da educação que dedicam a sua vida à construção integral de outros. Um agradecimento especial àqueles que neste percurso souberam que somos compostos por mais do que uma área do saber. Nesta dissertação, um obrigado ao Bruno Tomás pela partilha de saberes e ao professor Sandro Mendonça pela sua disponibilidade, abertura, acompanhamento e partilha do seu abrangente conhecimento.

## **Resumo**

O atual estudo tem por objetivo apresentar uma descrição do panorama da literatura científica sobre o conceito “indústria 4.0”.

A indústria 4.0, o seu conceito, abrangência e prática tem sido um tema de elevada importância e conseqüente debate nos mais diferentes meios e áreas. Assim, pela consciência da importância da bibliografia académica, aplicamos um estudo bibliométrico, aos dados recolhidos e selecionados, que tem por vista compreender e obter um perfil como chave da padronização e tendência na inovação em especial aplicada a esta terminologia. O estudo bibliométrico foi levado a cabo para artigos publicados nas bases de dados Scopus e Web of Science até ao ano de 2017, inclusive, com uma chave de pesquisa que conjuga diferentes sinónimos de “industry 4.0” para artigos apresentados em inglês e focados nas áreas económica e social. Mantivemos na nossa base de dados os artigos que faziam corresponder o seu conceito “indústria 4.0” a uma combinação de métodos de produção com tecnologias de informação e comunicação capazes de provocar mudanças no trabalho e/ou na fabricação, produção ou indústria.

Os resultados obtidos são fruto das informações bibliográficas recolhidas junto dos artigos, tais como título, resumo, palavras-chave, datação, fonte, autoria, citações e filiação. A metodologia adotada permite a extração de informação quantitativa das redes bibliográficas por forma a detetar tópicos e revelar a dinâmica e evolução da produção científica. Este estudo sumariza assim o atual estado da arte indicando ainda deficiências e potenciais direções de pesquisa.

**Palavras-chave:** bibliometria; inovação bibliométrica; industria 4.0; science mapping

**Classificação JEL:** O14 (Industrialization; Manufacturing and Service Industries; Choice of Technology); O30 (Innovation; Research and Development; Technological Change; Intellectual Property Rights: General)

## Abstract

The present study aims to present a description of the panorama of the scientific literature on the concept "industry 4.0".

Industry 4.0, its concept, scope and practice has been a subject of great importance and consequent debate in the most different media and areas. Thus, due to the awareness of the importance of the academic bibliography, we applied a bibliometric study to the data collected. We also selected which aims to understand and obtain a profile as a key to the standardization and innovation trend especially applied to this terminology. The bibliometric study was carried out for articles published in the Scopus and Web of Science databases: up to and including the year 2017; with a search key that conjugates different synonyms of "industry 4.0"; presented in English; and focused on the areas economic and social development. We kept in our database the articles that matched its "industry 4.0" concept to a combination of production methods with information and communication technologies capable of bringing about changes in work and/or manufacturing, production or industry.

The results obtained are the outcome of the bibliographical information collected in the articles, such as title, abstract, keywords, date, source, authorship, citations and affiliation. The methodology adopted allows the extraction of quantitative information from bibliographic networks in order to detect topics and reveal the dynamics and evolution of scientific production. This study summarizes the current state of the art thus indicating deficiencies and potential research directions.

**Keywords:** bibliometric study; bibliometric innovation; industry 4.0; science mapping

**JEL Classification:** O14 (Industrialization; Manufacturing and Service Industries; Choice of Technology); O30 (Innovation; Research and Development; Technological Change; Intellectual Property Rights: General)

## Índice

1.	Introdução .....	1
2.	Revisão de literatura.....	2
2.1.	Origem e explicação do termo “industry 4.0” .....	2
2.2.	Planos institucionais ou governamentais.....	6
2.2.1.	Governo Português .....	6
2.3.	Condutores da “indústria 4.0” .....	7
2.4.	Necessidades, características, ações desencadeadoras e consciência ambiental da indústria 4.0.....	9
2.5.	Conclusões Preliminares .....	11
3.	Metodologia .....	12
3.1.	Introdução.....	12
3.2.	Objetivos .....	13
3.3.	Base de dados .....	13
3.3.1.	Scopus .....	14
3.3.2.	Web of science .....	14
3.4.	Aquisição de dados e identificação da amostra.....	15
3.5.	“Instrumentos e técnicas” .....	18
4.	Análise de Resultados .....	19
4.1.	Evolução ao longo do tempo .....	19
4.2.	Revistas .....	20
4.3.	Autores mais importantes.....	25
4.4.	Rede de coautoria .....	28
4.5.	Rede de cocitação.....	31
4.6.	Artigos mais citados e influentes em “Indústria 4.0” .....	33
4.6.1.	Análise de palavras-chave para os artigos mais citados e influentes.....	34
4.7.	Rede de copulação bibliográfica .....	37
4.8.	Rede de coocorrência de palavras chave de autor .....	38
4.9.	Distribuição geográfica da produção de literatura.....	40
4.10.	Discussão de Resultados.....	41
5.	Conclusão, caminhos futuros e limitações .....	43
	Bibliografia.....	45
	Anexos.....	50

## **Índice de quadros**

Tabela 3.1 - Critérios de identificação de estudos.....	15
Tabela 3.2 - Top 12 palavras-chave e respetiva percentagem no total.....	17
Tabela 4.1 - Top 7 jornais e respetivas descrições .....	22
Tabela 4.2 - Distribuição por quartis das 7 principais revistas por tema e por ano.....	23
Tabela 4.3 - Autores com pelo menos 3 artigos na base de dados .....	27
Tabela 4.4 - Top 13 dos artigos com mais citações.....	36
Tabela 4.5 - Distribuição global da literatura por continente.....	41

## Índice de Figuras

Figura 3.1 - Diagrama de Venn da composição da pesquisa através das duas bases de dados .....	16
Figura 4.1 - Acréscimos anuais de documentos (relativamente à base de dados).....	20
Figura 4.2 - Histórico do número de documentos .....	20
Figura 4.3 - Documentos anuais por revista.....	24
Figura 4.4 - Evolução da qualidade média das revistas.....	25
Figura 4.5 - Rede completa de coautoria.....	28
Figura 4.6 - Rede de ligações de coautoria.....	30
Figura 4.7 - Rede de cocitação .....	31
Figura 4.8 - Rede de Copulação Bibliográfica .....	37
Figura 4.9 - Rede de coocorrência de palavras chave de autor .....	39
Figura 4.10 - Distribuição geográfica da produção científica presente na amostra.....	40



## **Glossário de siglas**

CPS – Cyber-physical system (Sistemas ciber-físicos)

FEDER – Fundo europeu de desenvolvimento regional

GTAI – German trade & invest

I&D – Investigação e desenvolvimento

IAPMEI – Instituto de apoio às pequenas e médias empresas e à inovação

IBM - International Business Machines

II – Industrial internet (Internet industrial)

IoT – Internet of things (Internet das coisas)

SJR - SCImago Journal Rank

SNIP - Source Normalized Impact per Paper

TIC – Tecnologia de informação e comunicação

WEF – World Economic Forum

WoS – Wef of Science

4RI – Quarta Revolução Industrial

## 1. Introdução

Historicamente passamos já por três revoluções industriais (Freeman e Louçã, 2001). A primeira marcada pela mecanização da energia natural (como exemplo temos a máquina a vapor) (Ashton, 1997). A segunda caracterizada pela produção em massa e pelas linhas de montagem com recurso à energia elétrica e ao petróleo (Mokyr, 1998). E por último, a terceira revolução industrial, aquela que tem início no final do séc. XX, e implementa o uso de eletrónica e tecnologias de Informação na automação da produção com base na alta tecnologia (Dosi e Galambos, 2013). A revolução industrial tem inserido complexidade, autonomia e sustentabilidade no processo produtivo tendo por vista um incremento da produtividade industrial (Vaidya et al., 2018).

É neste contexto que se insere o termo “industrie 4.0”, “industry 4.0” ou “indústria 4.0”. O termo indústria 4.0 surge, pela primeira vez, com destaque internacional aquando da sua apresentação na Hannover Messe Fair na Alemanha fruto da proposta de três engenheiros alemães “industrie 4.0” (Rojko, 2017). Apresentam a terminologia que, acreditam, designa uma nova revolução iminente – a quarta, uma crença tida por muito como visionária mas realista (Vaidya et al., 2018) - consolidada por algumas tecnologias e aplicações como os sistemas ciber-físicos, a Internet das coisas (Internet of Things – IoT) ou tecnologias de nuvem (Atzori et al. 2010).

Podemos notar, mesmo através de pequenas e rápidas pesquisas, que a importância do tema “indústria 4.0” ao nível internacional é extremamente relevante. Este assunto apresenta-se como um tema emergente e em expansão em múltiplas áreas. Desta fora, a principal pergunta como mote da pesquisa é: Qual a relevância, as raízes, a evolução e a dinâmica da literatura produzida a propósito do conceito “indústria 4.0” na área económica e social?

O objetivo deste estudo é analisar e compreender a atividade académica já existente no campo. Pretende-se perceber qual a importância, o interesse e a qualidade da literatura existente com o uso de indicadores e análises bibliométricas por forma a observar, formular e quantificar os comportamentos da comunicação escrita no assunto. No presente caso o foco pretendido é delineado pelas ciências sociais e humanas pelo que as limitações irão nessa direção.

Esta dissertação está organizada da seguinte forma. O Capítulo 2 apresentará uma análise de literatura pertinente para o estudo em questão permitindo já uma exposição do estado do tema na atualidade. O Capítulo 3 apresentará a metodologia utilizada e o tratamento aplicado aos dados obtidos. No Capítulo 4 proceder-se-á à análise dos resultados após o tratamento. Por fim, no Capítulo 5 serão apresentadas as principais conclusões do estudo e propostas para futuras pesquisas, bem como as limitações inerentes ao estudo e análise aqui aplicada.

## **2. Revisão de literatura**

### **2.1. Origem e explicação do termo “industry 4.0”**

O termo ‘industrie 4.0’ surge pela primeira vez na Hannover Messe Fair em 2011 na Alemanha (Drath e Horch, 2014). Termo esse que pretende antever uma nova revolução industrial, a quarta, que ocupa a nossa história num “agora” (Hermann et al., 2016) e que tem por objetivo melhorar os sistemas de produção, as cadeias de valores e os modelos de negócio na indústria (Beyerer et al., 2015). No relatório final do grupo de trabalho ‘Industrie 4.0’ formulam-no como sendo “melhorias fundamentais nos processos industriais envolvidos na fabricação, na engenharia, no uso de materiais, na cadeia de fornecimento e no ciclo de vida de gestão” (Kagermann et al., 2013). São apresentados sistemas de produção futuros onde uma produção individualizada e altas condições de flexibilidade são características inerentes num processo de negócio, e onde clientes e comerciais são diretamente envolvidos dando espaço a um controle e a uma otimização das operações efetuadas pelas empresas (Beyerer et al., 2015).

Desde 2011 o termo tem vindo a ser extremamente debatido começando pelo público alemão e mais tarde, progressivamente, veio a ganhar uma dimensão global (Pfeiffer, 2017). “Industrie 4.0” é proposto originalmente por três engenheiros alemães, Henning Kagermann (físico), Wolfgang Wahlster (professor de inteligência artificial) e Wolf. Dieter Lukas (físico e sênior do Ministério Federal Alemão da Educação e Investigação - German Federal Ministry of Education and Research). Engenheiros esses que acabaram por deixar de ser a força essencial que proporciona e segue alimentando o debate, pois, a

sua visão era a de angariar fundos visando atingir certos objetivos técnicos. Por esta razão, a Alemanha é considerada o berço desta nova revolução industrial não surpreendendo já que o país é um dos mais competitivos na indústria de manufatura e um líder global neste setor (Rojko, 2017). Assim sendo, acaba por ser uma iniciativa estratégica do governo alemão por forma a garantir e sustentar esta posição sem esquecer que se trata de uma consequência natural do avanço tecnológico e digitalização, bem como da carência de explorações para aumento de lucro na indústria já que quase se esgotaram a possibilidades existentes (Rojko, 2017).

O estado alemão, no seu site de “Germany Trade & Invest” (GTAI)<sup>1</sup> descreve a “industrie 4.0” como sendo uma combinação entre métodos de produção e tecnologia de informação e comunicação. Tomam a digitalização da economia e da sociedade como um dado assumido e, fazendo disso uma força, acreditam e apostam na mudança futura do trabalho e da fabricação. A sua base tecnológica é fornecida por sistemas inteligentes onde pessoas, máquinas, equipamentos e sistemas lógicos comunicam e cooperam entre si. O projeto “INDUSTRIE 4.0” é considerado uma das maiores oportunidades alemãs, no que diz respeito à indústria, e por isso é parte da sua estratégia de alta tecnologia 2020.

A ideia pretende conjugar o avanço técnico com uma melhoria na indústria por forma a lidar com os atuais desafios globais (Wang et al., 2016), desafios esses assentes numa competição, também ela global, e uma necessidade de adaptação rápida da produção a cada mudança requerida pelo mercado (Rojko, 2017).

O discurso e a discussão em torno do tema atingem um pico em 2016 quando o Fórum Económico Mundial (World Economic Forum, WEF), em Davos, apresenta o tema “Mastering The Fourth Industrial Revolution” e faz com que um debate iniciado pela preocupação com as novas tecnologias da fabricação se expanda, posteriormente, até distintas esferas da sociedade (Liao et al., 2017). A terminologia é apresentada por três engenheiros que pretendem relançar a produção industrial para o centro das atenções e acabam por fazer surgir várias discussões em torno da mesma (Pfeiffer, 2017).

Neste ponto é possível perceber, pela prática, percurso e consequências do tema, o impacto que continua a ter a inovação na sociedade e em especial na economia de uma forma extremamente significativa. Descobrimos a ciência como impulsionadora das

---

<sup>1</sup> A agência de desenvolvimento económico da República Federal da Alemanha, que se define com um suporte para as empresas alemãs nas suas atividades e negócios internacionais bem como para empresas que se pretendam estabelecer na Alemanha (<http://www.gtai.de>).

instituições contemporâneas, e no presente caso compreendemos como a ciência social (ramo ao qual pertence a inovação), a matemática, a física e a engenharia jogam a favor de toda a atualização de software e hardware necessária à chamada 4RI (quarta revolução industrial) (Castellaci et al., 2005; Caraça et al., 2009).

De acordo com o Dicionário de Oxford inovação significa “fazer mudanças em algo estabelecido, especialmente pela introdução de novos métodos, ideias ou produtos”, enquanto a OCDE na publicação conjunta com a Eurostat do Manual de Oslo (OCDE, 2005: 48) apresenta:

- Inovação como “The implementation of a new or significantly improved product (good or service), or process, a new marketing method, or a new organisational method in business practices, workplace organisation or external relations.”<sup>2</sup> (OCDE, 2005:46);
- Atividades de inovação como “all scientific, technological, organisational, financial and commercial steps which actually, or are intended to, lead to the implementation of innovations”<sup>3</sup> (OCDE, 2005: 47)
- E uma empresa inovadora “is one that has implemented an innovation during the period under review”<sup>4</sup> (OCDE, 2005: 47). A OCDE faz ainda distinção entre os principais tipos de inovação: inovação de produtos, inovação de processo, inovação de marketing e inovação organizacional.

Grande atenção é captada já que o tema visa anunciar uma revolução dizendo-a eminente. Assim, pela expectativa de determinado acontecimento no futuro, caímos na hipótese de uma revolução industrial planeada, uma revolução “prevista” (Lasi et al., 2014) que providencia a possibilidade, para o mais variado lote de instituições, de adaptar e moldar ativamente o futuro (Hermann et al., 2016). As revoluções industriais anteriores são um efeito das mudanças, quer dos métodos de produção quer do trabalho mais do que por motivação de avanços e novidades tecnológicas (Drath e Horch, 2014).

Nos últimos anos a 4RI tornou-se um dos pontos mais frequentemente discutidos nos fóruns, exposições, apresentações e conferências no que diz respeito à fabricação,

---

<sup>2</sup> “A implementação de um novo ou significativamente melhorado produto (bem ou serviço), ou processo, um novo modelo de marketing ou um novo método organizacional na prática de negócios, organização do local de trabalho ou relação externa”.

<sup>3</sup> “Todos os passos científicos, tecnológicos, organizacionais, financeiros e comerciais que, na verdade, levam ou pretendem levar à implementação de inovações”.

<sup>4</sup> “Aquela que implementou inovação durante o período de análise”

enquanto, simultaneamente cresce o interesse sobre o assunto por parte dos centros de pesquisa e investigação, universidades e dos seus académicos e empresas que contribuem para este novo estímulo desde as suas experiências laboratoriais ou até mesmo através das suas aplicações industriais (Liao et al., 2017). Facto que é comprovado pela tendência crescente do número de conferências e publicações académicas evidenciando não só a importância atual do tema, como também a sua previsível incessante importância para um futuro próximo. A promessa é apresentada por muitos como promissora onde a adoção e/ou construção de fábricas inteligentes pode resultar numa diminuição muito significativa de custos de produção, logística e gestão, onde para alguns dos casos atinge o valor de 30% (Bauernhansel et al., 2016).

O anúncio parece ser o terceiro passo das linhas de produção que como resultado tem sistemas de manufatura reconfiguráveis e habilitados para adaptar os seus componentes, quer de hardware quer de software, conseguindo um ajuste à constante mudança de produtos e quantidades exigidas pelo mercado (Koren & Shpitalni, 2010; Nayak et al., 2015) por oposição a umas “primeiras linhas de montagem” dedicadas a tarefas específicas e apenas à produção de um produto, ou ainda, por oposição às “segundas linhas de montagem” onde os sistemas passaram a ser programáveis permitindo a produção de produtos distintos mas sem flexibilidade no que toca à capacidade de produção (Dhar, 1989).

Contudo, acaba por ser conflituosa a quantidade de definições existentes para a mesma terminologia causando, em alguns momentos, mais confusão que transparência. Dado que não existe uma perceção aceite unanimemente, a discussão do tópico ao nível académico torna-se difícil em paralelo com uma implementação na prática também ela não óbvia (Hermann et al., 2016). Enquanto alguns acreditam ser uma visão acertada outros apresentam-na como uma visão exagerada questionando o potencial por detrás da indústria 4.0 (Drath e Horch, 2014). É necessária uma distinção clara entre o efeito real e o efeito especulado, entre um sério discurso e uma “campanha publicitária” (Pfeiffer, 2017). Continua a não ser evidente o que constitui esta dita revolução industrial (Maynard, 2015). Para exemplificar a dificuldade por detrás da ideia, um gerente de produção da Audi afirma: “Embora a Indústria 4.0 seja um dos tópicos mais discutidos nos dias de hoje, eu não conseguiria explicar ao meu filho o que é que realmente significa” (Hermann et al., 2016: 3928).

## **2.2. Planos institucionais ou governamentais**

O desencadear deste tema não passou indiferente nem às indústrias, nem às instituições, nem aos governos (Liao et al., 2017) que acabam por orientar parte das suas forças na recolha dos benefícios da nova onda de revolução industrial (Ridgway et al., 2013; Siemieniuch et al., 2015).

Consequentemente governos por todo o mundo introduzem várias iniciativas nesse sentido (Rojko, 2017). A Comissão Europeia lança novos contratos de parcerias publico privadas com a visão de fábricas do futuro (European Commission, 2013), o governo alemão lançou a sua estratégia “High-Tech Strategy 2020 Action Plan<sup>5</sup>” (Kagermann et al., 2013), o governo francês “La Nouvelle France Industrielle<sup>6</sup>” (Anon., 2016) e o governo do Reino Unido apresenta a imagem “Future of Manufacturing<sup>7</sup>” entre muitas outras iniciativas por todo o mundo destacando-se os Estados Unidos da América, Coreia do Sul, Japão, China e Singapura. Paralelamente, surgem também inúmeras iniciativas de planos industriais com destaque para o plano que junta AT&T, Cisco, General Electric, IBM e Intel que assinaram o “Industrial Internet Consortium (IIC)<sup>8</sup>” (Evans e Annunziata, 2012; Liao et al., 2017).

### **2.2.1. Governo Português**

No que diz respeito ao caso português a iniciativa governamental surge com o nome “Portugal i4.0” ou ainda “i4.0: Indústria 4.0 – Economia Digital” introduzida pelo Ministério da Economia naquela que é a Estratégia Nacional para a Digitalização da Economia. Neste sentido em 2017 foi lançado pelo Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e à Inovação (IAPMEI) o “Guia de Informação Indústria 4.0 Sistemas de Incentivos à Economia Digital”(IAPMEI, Portugal 2020 e União Europeia, 2017) apoiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do acordo de parceria existente entre Portugal e a Comissão Europeia atuante através de cinco

---

<sup>5</sup> <http://www.gtai.de/GTAI/Navigation/EN/invest,t=smart-health-and-the-hightech-strategy,did=772002.html>

<sup>6</sup> <https://www.economie.gouv.fr/nouvelle-france-industrielle/accueil>

<sup>7</sup> <https://innovateuk.blog.gov.uk/2017/07/26/predictions-future-of-manufacturing/>

<sup>8</sup> <https://www.iiconsortium.org/>

Fundos Europeus Estruturais e de Investimento com especial ênfase em políticas de desenvolvimento social, económico e territorial, denominado “Portugal 2020”<sup>9</sup>.

O IAPMEI - que tem por visão a parceria estratégica com pequenas e médias empresas, os seus empresários e os seus empreendedores, com foco na inovação e no crescimento – apresenta um conjunto de iniciativas, medidas e propostas que se apresentam como assentes em três objetivos centrais: 1. “acelerar a adoção de i4.0 pelo tecido empresarial português”; 2. “promover os fornecedores tecnológicos portugueses como *players* i4.0”; e por fim 3. “tornar Portugal um polo atrativo para o investimento em i.4.0”. Na prática distribuem a atenção em três campos de atuação distintos sendo eles Inovação e Desenvolvimento<sup>10</sup>, Inovação Produtiva<sup>11</sup> e Economia Digital<sup>12</sup>. Todo o trabalho apresentado e proposto é fruto da participação de vários empresários e instituições portuguesas relevantes a operar no setor automóvel, moda e retalho, agroalimentar e ainda no turismo, selecionados segundo a sua importância na economia nacional, pertinência no contexto de pequenas e médias empresas e suscetibilidade à transformação digital.

### 2.3. Condutores da “indústria 4.0”

A indústria apresentada para a 4RI prevê uma fábrica, e posteriormente uma indústria, onde os componentes, os produtos, e as entidades estão interconectados e podem negociar entre si e para tal recorrem a diferentes aplicações e propostas tecnológicas mais recentes (Drath e Horch, 2014). Acontece assim, inúmeras vezes, uma confusão ou fusão entre o termo “indústria 4.0” e as tecnologias que possibilitam a sua criação, ou seja, acaba por existir na prática dificuldade em distinguir os condutores e aqueles que viabilizam o processo revolucionário da própria revolução (Li et al., 2017).

A chamada 4RI é então possível através de tecnologia digital, sendo esta a principal força motriz (Li et al., 2017), essencialmente manifestada em aspetos e aplicações como são os sistemas ciber-físicos (Cyber-Physical System - CPS) (Khaitan e McCalley, 2014) ou a

---

<sup>9</sup> <https://www.portugal2020.pt>

<sup>10</sup> “Projetos de I&D em sistemas ciber-físicos; Virtualização e Simulação; Inteligência Artificial; Digitalização; Realidade Aumentada e *wearables*; Nanotecnologia e materiais avançados; Energia.”

<sup>11</sup> “Projetos de Inovação Produtiva em Conetividade; Processos produtivos inteligentes; Produção aditiva; máquina inteligentes; Materiais avançados; operações modulares; impressão 3D; Robôs autónomos.”

<sup>12</sup> “Infraestrutura digital, cloud computing e cyber security; Advanced analytics e AI; User-Centered Design; WCM e CRM - Web Content & Customer Relationship Management; E-Commerce e E-Marketplaces; SEO e SEA - Search Engine Optimization/Advertising Social media, content & mobile Marketing; Web Analytics.”



Internet Industrial (II) e a Internet das coisas (Internet of Things – IoT) (Atzori et al. 2010). Os sistemas de controlo descentralizados e a conectividade avançada recolhem e trocam informação em tempo real ganhando a capacidade de identificar, localizar, rastrear, motorizar e otimizar o processo (Rojko, 2017). O material combina com o digital introduzindo o máximo número possível de elementos que estão envolvidos no processo de produção (Pfeiffer, 2017). Desta forma, os avanços tecnológicos contínuos sustentam a industrialização global (Belvedere et al., 2013; Liao et al., 2017). As combinações apresentadas parecem provocar uma mudança de paradigma fundamental na produção industrial sendo que esta visão comporta sistemas de produção que controlam o seu próprio processo de fabricação (Lasi et al., 2014), onde a mudança tem como núcleo uma conversão entre o físico e o digital que proporciona um sistema de fabricação reconfigurável (Rojko, 2017).

Os CPS apresentam-se como sendo sistemas que colaboram com entidades computacionais intensamente conectadas e conectando em torno do mundo físico usando simultaneamente o acesso e o processamento de dados que é disponibilizado pela Internet (Beyerer et al., 2015). Os CPS têm assim três requisitos essenciais: o objeto físico, um molde que possibilite a sua menção na estrutura da rede, e serviços que se baseiam nos dados disponível ao longo de todo o sistema (Drath e Horch, 2014). Estes sistemas são sistemas autónomos com capacidade para tomarem as suas próprias decisões baseadas em algoritmos de aprendizagem em tempo real, que têm por base os dados capturados e a análise de resultados e comportamentos considerados de sucesso (Rojko, 2017). Percebemos assim que fatores importantes da Indústria 4.0 são a interoperabilidade do sistema, ou seja, a sua capacidade de interagir e comunicar com outro, e ainda a sua conectividade.

Outros conceitos e aplicações são também extremamente importantes na realidade do tema. A IoT, II ou a inteligência artificial, permite que o CPS funcione devidamente dada a sua função de conectar componentes fazendo com que interajam. Os mega-dados (*big data*) são também importantes como combustível para os sistemas e as suas tomadas de decisões, a computação em nuvem que é considerada como uma espinha dorsal técnica (Vaidya et al., 2018) e as fábricas inteligentes que acabam por ser a aplicação prática da indústria (Strozzi et al., 2017). Outras noções parecem ter também um papel relevante como são as tecnologias inseridas no conceito de nuvem (Zhan et al., 2015), a integração

de distintas tecnologias (Bangemann et al., 2016), e os serviços de provisão (Rennung et al., 2016), entre alguns outros.

Um dos projetos a ter em linha de conta no entendimento da envolvimento do conceito industrial é o modelo “Reference Architecture Model for the Industry 4.0” (RAMI4.0). Este projeto está registado na Alemanha e é considerado a primeira compilação dos elementos fundamentais para a “Industrie 4.0”, sendo cada elemento reconhecido como pré-condição para o possível desenvolvimento de uma fábrica ou indústria inteligente. Contudo, na prática o modelo ainda continua a requerer alguma aceitação internacional (Lasi et al., 2014).

Em suma, as máquinas consideradas inteligentes deverão ter a capacidade de tomar decisões por si próprias ao invés de uma instrução direta e exterior podendo ainda dar espaço a uma negociação com outras máquinas ou outros produtos inteligentes (Wang et al., 2016). O algoritmo aparece, desta forma, revolucionando toda a automação e resposta de máquinas (Drath e Horch, 2014).

#### **2.4. Necessidades, características, ações desencadeadoras e consciência ambiental da indústria 4.0**

Um dos fatores de contexto é a contextualização económica e social em que surge a ideia e não apenas uma contextualização tecnológica e geográfica. A ideia está inscrita na sombra da crise financeira internacional onde se redescobriu a significância do setor industrial, que volta a trazer para a agenda pública a tecnologia e o emprego, já que é real que coloca o seu foco na produção e no emprego industrial (Pfeiffer, 2017).

A tendência da fabricação inteligente pretende substituir os trabalhadores qualificados por máquinas movidas a algoritmos processando dados massivos, pelo menos parcialmente (Pfeiffer, 2017). Pela primeira vez uma revolução industrial ameaça afetar categoricamente a parte mais qualificada da mão de obra utilizada na fabricação. A produção industrial que até há poucos anos fazia parte da “velha economia” parece trazer consigo a capacidade de transformar o trabalho tal como o conhecemos.

Para um bom desenvolvimento, a nova indústria deve dar passos no sentido da proteção do investimento através da estabilidade pelo não comprometimento da produção que

deve, por sua vez, respeitar a procura em tempo real e a disponibilidade. A privacidade de dados e a cibersegurança ganham agora outro alcance e importância já que se tratam de dados relacionados quer com a produção, serviços e produtos, quer com a empresa diretamente, quer com o consumidor, prevenindo problemas económicos e prejuízos humanos (Drath e Horch, 2014).

É ainda de interesse referir que a esta proposta industrial se apresenta com habilidade não só para hoje, como também para o futuro especialmente em questões ambientais já que lida com a descarbonização da cadeia de energia, desastres naturais e escassez de reservas naturais (Drath e Horch, 2014) na consciência de que o padrão atual de produção não é sustentável (Alkaya et al., 2015) já que a produção industrial produz uma grande destruição ambiental, contribui amplamente para o aquecimento global e é o local onde se consume uma relevante parte de recursos não renováveis como o petróleo e o carvão (Wang et al., 2016).

Algumas ações principais desencadeadoras da nova revolução são apresentadas por Lasi (2014), tais como: a proposta de pequenos períodos de desenvolvimento, ou seja, um encurtamento do tempo de inovação demonstrando que uma elevada capacidade de inovação tem-se tornado um fator essencial de sucesso; tendência para os chamados “lote tamanho 1” onde a procura é extremamente individualizada evidenciado a mudança de paradigma seguido por décadas já que o consumidor passa agora, em grande medida, a definir as condições de comércio e ainda sustentando a rápida adaptabilidade da manufatura, isto é, proporcionando maior flexibilidade e reconfiguração; flexibilidade na produção; descentralização para lidar com condições específicas e garantir rápidas tomadas de decisão; uso eficiente de recursos reforçando a preocupação ecológica; aumento da digitalização como resultado, em parte, do aumento do número de atores participantes do sistema; e ainda a tendência em direção à minimalização refletindo a melhoria na performance de instalação de hardware tecnológico que progressivamente tem necessitado de menos espaço físico (Lasi et al., 2014).

No relatório final do grupo de trabalho ‘Industrie 4.0’ (Henning et al., 2013) são apresentadas três características de integração. Uma integração horizontal através da cadeia de valor, a integração dos vários e diferentes sistemas utilizados na fabricação e nos planos de negócio da empresa ou empresas. Assim, corporações relacionadas podem formar ecossistemas eficientes. Uma integração vertical através dos sistemas de manufatura, onde máquinas inteligentes formam uma organização própria capaz de ser

reconfigurada dinamicamente para adaptação a diferentes tipos de produtos. É uma integração digital da engenharia ‘end-to-end’, uma integração ao longo da cadeia de valor em diferentes empresas que enquadram e incorporam também os requisitos dos clientes (Wang et al., 2016; Liao et al., 2017).

O mesmo relatório (Henning, et al. 2013) propõe também oito áreas como prioritárias: desenvolvimento de um padrão comum providenciando uma descrição técnica; gerir sistemas complexos desenvolvendo um plano apropriado e modelos explicativos; fornecer uma infraestrutura abrangente fortalecendo uma comunicação confiável, compreensiva e de alta qualidade; garantir a segurança e a proteção de modo que esta produção não represente um perigo para pessoas e ambiente; implementação de abordagens sociotécnicas para organização do trabalho oferecendo oportunidades a trabalhadores e realçando o seu desenvolvimento pessoal; formação e desenvolvimento pessoal contínuo realizando formações estratégicas; mútua adaptação de inovações e legislação através de quadro de regulamento; e por fim proporcionar ganho de produtividade e eficiência de recursos. Outros artigos adicionam ainda a flexibilidade que garante a reconfiguração automaticamente, e a transparência alcançável através de megadados em tempo real e de forma completa e eficiente para cada aspeto da fábrica viabilizando rápidas e precisas tomadas de decisão (Wang et al., 2016).

Assim, para um profissional, é importante a atenção à conectividade, como capacidade de conexão dos sistemas físicos por meio da IoT, à descentralização, à autonomia nos CPS que envolve monitorização, previsão de falhas, planos de manutenção, ações corretivas entre outros e deve ainda estar atento ao foco no serviço, integrando sempre a realidade de serviço ao cliente (Portugal Ventures).

## **2.5. Conclusões Preliminares**

A realidade de um novo eixo de atividades económicas parece ser algo inevitável independentemente da nomação de “revolução industrial” - ponto em que muitas opiniões divergem entre verdade e exagero (Drath e Horch, 2014).

A investigação e criação de software e hardware bem como novas análises de experiências laboratoriais e aplicações industriais parecem ser um grande campo de desenvolvimento.

As principais disciplinas contribuintes e promotoras são a engenharia elétrica, a administração de empresas, a ciência de computadores, a engenharia de sistemas de negócios e informação, a engenharia mecânica e alguns pequenos segmentos participativos (Rojko, 2017).

Contudo, ainda que atraídos por atenção ao nível global, a literatura corrente ainda continua a ter falhas, especialmente no que diz respeito à revisão sistemática sobre o estado na arte da nova onda de revolução industrial (Liao et al., 2017), sem esquecer que este é um tema que surgiu há apenas sete anos. Os estudos acadêmicos são fundamentais para a vitalidade do tema em questão, sendo por isso uma parte indispensável no melhoramento e fortalecimento da 4RI (Lasi et al., 2014) porém um comum entendimento do termo é necessário para uma razoável discussão científica ainda mais aprofundada (Hermann et al., 2016).

Podemos observar que o termo “Indústria 4.0” descreve distintas alterações no sistema de manufatura, desta forma não apresenta e propõe apenas implicações técnicas mas também uma versatilidade organizativa (Rojko, 2017). Enquanto o seu objetivo é ganhar força competitiva considerando os mercados de globalização (Wang et al., 2016). Por fim, será extremamente necessária a consciência de que as fabricas inteligentes trazem consigo inúmeros problemas de segurança (Wang et al., 2016) que deverão ser ultrapassados com um investimento em ciber-proteção (Vaidya et al., 2018).

### **3. Metodologia**

#### **3.1. Introdução**

A metodologia aplicada aos dados obtidos será a bibliometria. Segundo Lopes et al. (2012: 1): “bibliometria é uma técnica quantitativa e estatística para medir índices de produção e disseminação do conhecimento, bem como acompanhar o desenvolvimento de diversas áreas científicas e os padrões de autoria e publicação”.

### 3.2. Objetivos

A bibliometria pode ser vista como uma forma de entender a estrutura do conhecimento. No glossário de termos estatísticos disponibilizado pela OCDE é possível encontrar o termo “bibliometrics” que define “bibliometria como a análise estatística de livros, artigos e outras publicações”. Informa ainda que, na sua origem, o objetivo era a construção de indicadores para a pesquisa académica avaliando dados como o número de artigos e publicações, autores e campos da ciência. Posteriormente, com a análise de citações, as técnicas começam a ganhar mais sofisticação e hoje são um bom rastreador do desenvolvimento e mesmo da qualidade da ciência produzida, isto é, do estado da arte.

Desta forma, as ferramentas e os indicadores, como é o índice  $H^{13}$  (Hirsch, 2005), que temos à disposição através da bibliometria serão utilizados dada a sua capacidade para detetar tendências, descontinuidades, grupos de autores, perceber e antever a direção das investigações ou pesquisas, o seu impacto e até as suas influências e deste modo obter respostas à questão de partida: “Qual a relevância, as raízes, a evolução e a dinâmica da literatura produzida a propósito do conceito “Indústria 4.0” na área económica e social?”. Sintetizar descobertas anteriores é uma das tarefas consideradas mais importantes quando tomamos uma linha de pesquisa (Zupic e Čater, 2015).

### 3.3. Base de dados

Como principais variáveis a analisar serão usados elementos como o ano da publicação, o autor, a fonte ou o título da revista, as referências, as palavras-chave, o abstract, as citações, a afiliação (dos autores dos documentos), o país ou território aonde foram produzidos, o tipo de documento, a área de conhecimento a que pertence e ainda a sua evolução histórica. Estes componentes permitem construir uma imagem daquelas que são as contribuições para o tópico pesquisado.

---

<sup>13</sup> Quanto ao índice  $h$ , índice considerado de relevância em estudos bibliométricos, com principal foco na comparação de autores, e definido pelo seu autor (Jorge Hirsch) em 2005 como: “Um cientista tem índice  $h$  se  $h$  dos seus  $Np$  artigos têm, pelo menos,  $h$  citações cada, e os restantes  $(Np - h)$  artigos têm não mais do que  $h$  citações cada” (Hirsch, 2005: 16569)

Duas das ferramentas bibliométricas mais utilizadas para a obtenção de dados bibliográficos são a Scopus e Web of Science<sup>14</sup>.

### **3.3.1. Scopus**

A Scopus é conhecida como sendo uma das maiores bases de dados de resumos e citações de bibliografia contendo cerca de 27 milhões de resumos capazes de conectarem citações até ao ano de 1966 (Burnham, 2006). Quando introduzida em 2004 passou rapidamente a ser uma alternativa viável à grande e até então solitária ISI Web of Science (Vieira e Gomes, 2009). Esta base de dados ajuda o utilizador a avaliar os autores e ainda a tendência das pesquisas e das revistas. Um dos seus mais mencionados pontos fortes é a sua facilidade de pesquisa com ênfase na multidisciplinaridade permitindo que um pesquisador facilmente encontre documentos relevantes mesmo fora da sua área de pesquisa inicial (Burnham, 2006). A Scopus é propriedade da Elsevier, editora de revistas científicas importantes, e disponibilizada na Web para os seus assinantes.

### **3.3.2. Web of science**

A Web of Science (WoS) é o novo nome da antiga Web of Knowledge, desde Janeiro de 2014, mantida por Clarivate Analytics. A WoS, de elevada importância especialmente no que diz respeito a revistas científicas, permite o acesso a várias bases de dados como SciELO Citation Index, Derwent innovations Index, entre outras e destacando-se a própria base de dados - “Web of Science Core Collection”. Até 2004 (ano de lançamento da Scopus) esta base de dados detinha o domínio enquanto base de indicadores bibliométricos de um modo geral para qualquer área da ciência (Vieira e Gomes, 2009). A WoS apresenta como fortaleza a sua vasta coleção com capacidade de recuar até ao ano de 1945 (Burnham, 2006). Mais uma vez, esta trata-se de uma base de dados disponibilizada para assinantes.

---

<sup>14</sup> Ainda assim é importante referir que existem muitas outras bases de dados bibliográficas entre as quais se destaca a Google Scholar enquanto motor de busca de bibliografia académica acessível de forma gratuita não necessitando, ao contrário da Scopus e WoS, de qualquer subscrição.

### 3.4. Aquisição de dados e identificação da amostra

A informação e os dados recolhidos para a análise ao longo desta dissertação foram obtidos nas bases de dados bibliográficos apresentadas anteriormente (a Scopus e WoS) já que ambas são de elevada importância no estudo bibliométrico, fornecendo relevantes informações para a investigação (Lopes et al., 2012).

A primeira grande questão apresentada na pesquisa tem a ver com a terminologia utilizada na mesma, isto é, a limitação do alvo de estudo através de inclusão e exclusão de artigos dada uma chave de pesquisa (Chabowski et al., 2013). Para a localização de estudos foram aplicados vários critérios que podem ser resumidos pela Tabela 3.1.

<b>Critério de identificação de dados</b>	
Abrangência temporal	- Até 2017
Base de Dados	- Scopus - WoS
Tipos de Documentos	- Artigos académicos (artigos e reviews) - Publicações em inglês - Área económica e social
Pesquisa	- Pesquisa na Scopus e Web of Science no título, resumo e palavras-chave - Descritores “industry 4.0” AND “fourth industrial revolution” AND “4th industrial revolution” AND “industrie 4.0”
<b>Assim foram obtidos um total de 158 artigos para a base de dados Scopus e 69 para WoS (38 destes artigos são comuns)</b>	

Tabela 3.1 - Critérios de identificação de estudos

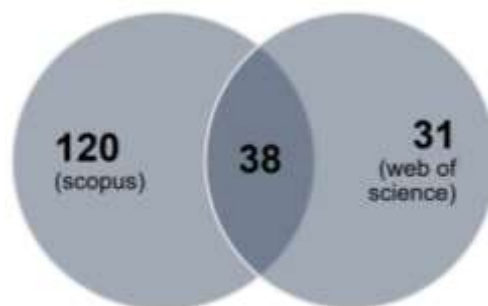
Primeiramente, para limitação do estudo, foi constituído um conjunto de diferentes sinónimos de “industry 4.0” expandindo este mesmo termo às diferentes grafias da expressão “quarta” e adicionando “industrie 4.0”, a equivalente expressão utilizada na língua alemã, que foi tomada como relevante não só por ser a origem da terminologia mas também pelo facto de cobrir mais uma pequena área de publicações que remetiam ao termo alemão (Hermann et al., 2016). Foram assim combinadas, através do operador



booleano “OR” entre cada um dos seguintes termos, as palavras-chave: “industry 4.0”, “fourth industrial revolution”, “4th industrial revolution” e “industrie 4.0” que efetuaram a sua pesquisa nos campos de “título do artigo”, “resumo” e “palavras-chave”.

Com a anterior conjugação obtivemos uma chave de pesquisa<sup>15</sup> que nos permitiu a obtenção de 3.069 documentos na base de dados Scopus e 1.834 documentos na base de dados WoS<sup>16</sup>. Ao total de artigos em bruto aplicamos vários filtros por forma a constituir uma base de dados pronta a analisar, sendo eles: (1) espectro de tempo limitado ao ano 2017 (incluindo este ano) por forma a obter informação de anos com publicação fechada viabilizando uma análise temporal mais pormenorizada, (2) documentos publicados em inglês mantendo aberta e praticável a possibilidade de análise, (3) apenas admitindo artigos e *review*, (4) e por fim focamos nas áreas económica e social dada a nossa área de investigação e conhecimento<sup>17</sup>. Assim, atingimos um total de 158 artigos para a base de dados Scopus e 69 artigos para a WoS onde 38 artigos constavam em ambas as bases de dados, assim obtivemos um total de 189 artigos diferentes.

Figura 3.1 - Diagrama de Venn da composição da pesquisa através das duas bases de dados



Extraindo os resultados de ambas as bases de dados foi estabelecida correspondência entre as palavras-chave dos autores e cada um dos artigos por vista a perceber que outras palavras-chave pareciam merecer incorporação numa segunda pesquisa nas bases de dados através da sua frequência. Entre as 791 palavras-chave utilizadas pelos autores

<sup>15</sup> A chave de pesquisa utilizada na Scopus foi: title-abs-key ("industry 4.0" or "4th industrial revolution" or "fourth industrial revolution" or "industrie 4.0" ) enquanto na WoS utilizou-se: tópico: (industry 4.0) or tópico: (4th industrial revolution) or tópico: (fourth industrial revolution) or tópico: (industrie 4.0).

<sup>16</sup> Os valores apresentados nesta fase correspondem a informação bruta, isto é, ainda não se procedeu à filtragem pretendida para obtenção de base de dados final.

<sup>17</sup> Todo o processo de filtragem pode ser acompanhado de uma forma mais pormenorizada no Anexo I.

existiam 540 expressões distintas. Destacamos as 12 palavra-chave<sup>18</sup> mais utilizadas que foram empregadas pelo menos 5 vezes na lista de artigos obtida, sendo apresentadas na tabela seguinte (tabela 3.2).

<b>Palavra(s)-chave</b>	<b>Frequência</b>	<b>Porcentagem<sup>19</sup></b>
“Industry 4.0”	74	39,15%
“Internet of Things-(IoT)”	16	8,47%
“Fourth Industrial Revolution”	15	7,94%
“Cyber Physical Systems-(CPS)”	15	7,94%
“Industrie 4.0”	10	5,29%
“Innovation”	9	4,76%
“Sustainability”	7	3,70%
“Automation”	6	3,17%
“Digitalization”	6	3,17%
“SME”	6	3,17%
“Big Data”	5	2,65%
“Smart Factory”	5	2,65%

Tabela 3.2 - Top 12 palavras-chave e respetiva percentagem no total

Após a observação dos resultados concluímos que nenhum novo termo chave foi encontrado que representasse palavras-chave de autores de pelo menos 10% dos artigos, ou seja, com frequência mínima de 19. Passando a uma significância inferior, de pelo menos 5% (frequência mínima de 9), temos dois novos termos chave, “Internet of Things – (IoT)” e “Cyber Physical System – (CPS)” que dada a abrangência de temas, e considerando que a “Indústria 4.0” se serve destas tecnologias mas que as mesmas não necessariamente representam esta nova revolução descrita, foi dada preferência à chave de pesquisa inicial, não admitindo assim nenhum novo termo. Contudo, na consciência da importância da IoT e dos CPS para o desenvolvimento e veracidade desta Indústria, os conceitos são apresentados e expostos no Capítulo 1 desta dissertação, bem como outra terminologia que se julga relevante para a evolução deste conceito. Portanto, nesta fase a nossa amostra mantém-se com um total de 189 artigos (120 na base da Scopus, 31 na base da WoS e 38 comuns a ambas as bases de dados).

<sup>18</sup> O Anexo II mostra em detalhe os resultados obtidos para palavras-chave.

<sup>19</sup> Relativa à totalidade dos artigos referentes à primeira “base em bruto” (189).

### 3.5. “Instrumentos e técnicas”

Para o tratamento, análise e mapeamento dos dados recorreremos a diferentes *softwares*. O suporte do Microsoft Excel© foi utilizado quer para a análise temporal quer para a construção do perfil de autoria, fonte, filiação ou proveniência mais relevantes.

No que diz respeito à construção de redes de coautoria, cocitação e acoplamento bibliográfico foi utilizado o *software* VOSviewer<sup>20</sup>. Esta é uma ferramenta que permite a construção e visualização de redes e conexões bibliográficas desenvolvida por Nees Jan van Eck e Ludo Waltman em 2010 na Universidade de Leiden (Holanda), um *software* disponível gratuitamente (van Eck and Waltman, 2009a). Foi apresentado pela Scientometrics em 2010 e o método de visualização é essencialmente baseado na distância entre nós e na sua dimensão, sendo que a relação entre nós é tanto maior quanto menor a distância entre eles e a importância tanto maior quanto maior a sua dimensão (van Eck e Waltman, 2014). Assim, utilizaremos este *software* para analisar o corpo da literatura produzida em torno do termo ‘indústria 4.0’.

Nesta fase da investigação foi tomada a decisão de permanecer apenas com os documentos considerados mais influentes e pertinentes para a área de pesquisa em questão permanecendo, desta forma, com uma base de tamanho razoável para gerir (Zupic e Čater, 2015). Sabemos ainda que os resultados que nos são apresentados pela Scopus e pela WoS se encontram correlacionados (Oakleaf, 2009 e Yang & Meho, 2007). A Scopus apresenta ainda um perfil mais detalhado quer de composição de artigos e panorama, quer de informação bibliográfica pelo que passamos a trabalhar apenas com os resultados ali obtidos eliminando desta feita também o problema de conjugação de informações bibliográficas (já que as duas bases de dados a apresentam de forma distinta) nos *softwares* através dos quais procederemos à análise de dados. A opção de investigar apenas uma base de dados é tomada somente neste momento por forma a manter a expansão (considerada uma mais valia) da recolha apresentada ao longo das secções anteriores.

---

<sup>20</sup> <http://www.vosviewer.com/>

Assim, sob a descrição de “indústria 4.0” como uma combinação de métodos de produção com tecnologias de informação e comunicação (TIC) capazes de provocar mudanças no trabalho e/ou na fabricação/produção/indústria, foram lidos integralmente os resumos dos 158 artigos *output* da base de dados Scopus dada a compreensão de que, mesmo com uma chave de pesquisa aplicada corretamente, podem existir artigos que persistem na nossa pesquisa mas não se enquadram no panorama geral que procuramos, introduzindo assim *outliers* e reduzindo a validade dos resultados (Zupic e Čater, 2015). Foi tido por objetivo mitigar o enviesamento provocado pela subjetividade decorrente da exclusão por leitura de resumo através da descrição apresentada no início deste parágrafo. Após a leitura foram excluídos 13 artigos, dos 158 *outputs* da Scopus segundo a pesquisa filtrada efetuada, sendo deste modo a base de dados composta por 145 artigos que a partir do presente momento passam a integrar as análises que serão apresentadas.

## **4. Análise de Resultados**

### **4.1. Evolução ao longo do tempo**

Conforme seria de esperar, a produção de artigos considerados relevantes para o tema e as áreas pesquisadas têm, de um modo geral, uma tendência crescente com exceção do ano 2017 que registou uma produção destes documentos inferior à do ano 2016. A primeira entrada ocorre em 2012, ano subsequente ao de apresentação da terminologia na “Hannover Messe Fair”, com apenas 1 artigo, enquanto que no último ano analisado (2017) estamos perante uma lista de 73 artigos no total (Figura 4.1). Contudo, a maior contribuição acontece no ano 2016, ano em que a WEF em Davos apresenta o tema “Mastering The Fourth Industrial Revolution” (Figura 4.2).

Figura 4.2 - Histórico do número de documentos

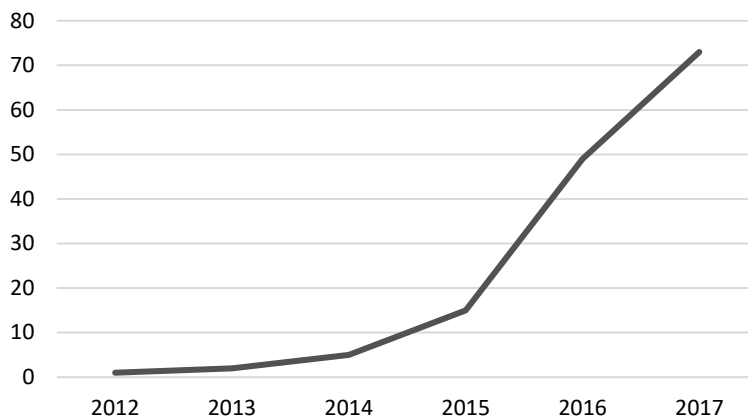
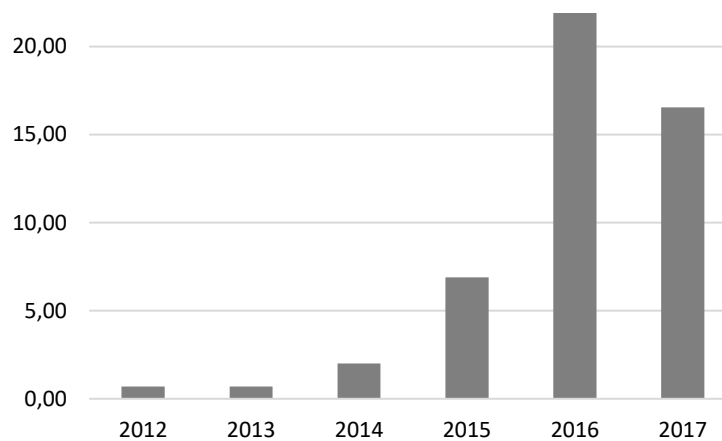


Figura 4.1 - Acréscimos anuais de documentos (relativamente à base de dados)



## 4.2. Revistas

A base dos artigos pertence a 77 revistas distintas. Seleccionando aquelas revistas que contribuem com, pelo menos, três artigos para a base de dados encontramos e construímos o top 7 das revistas que são apresentadas na Tabela 4.1, que na sua soma representam exatamente 40% da nossa base de dados. Por uma larga escala a nossa fonte mais importante é a revista “*ZWF Zeitschrift Fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*”<sup>21</sup>

<sup>21</sup> Uma proposta de tradução para a língua portuguesa seria “Revista de Operações Económicas em Fábrica”.

colaborando em 22,07% para a amostra com os seus 32 artigos captados na nossa pesquisa.

A Figura 4.3 apresenta-nos as contribuições anuais para cada uma das revistas consideradas mais relevantes no estudo por adicionarem o maior número de artigos à base por nós analisada. E mais uma vez observamos que a maior contribuição de uma fonte acontece em 2016, também ela pela revista “*ZWF Zeitschrift Fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*” com um total de 20 artigos (Figura 4.3)<sup>22</sup>.

Para estas sete revistas mais importantes no estudo temos ainda os indicadores CiteScore – ferramenta métrica da Scopus que apresenta a média de citações recebidas por documento publicado na revista para uma média de três anos – o SCImago Journal Rank (SJR) – medida de influência científica que avalia não só as citações como o prestígio do jornal – e ainda o indicador Source Normalized Impact per Paper (SNIP) – que mede o impacto da citação tendo por base de comparação o número total de citações no campo de assunto a que a mesma pertence.

Para a lista apresentada na tabela 4.1 as médias são 1.35, 0.515 e 0.867 para os indicadores CiteScore, SJR e SNIP respetivamente. A revista “*Industrial Management and Data System*” é, de entre todas, a que apresenta CiteScore e SNIP mais elevado enquanto a “*International Journal of Production Research*” apresenta o melhor resultado SJR.

---

<sup>22</sup> As informações utilizadas para produção do gráfico apresentado podem ser consultada no Anexo III.e IV.

Revista	Foco da Revista	Número de Artigos na Amostra	Porcentagem total de artigos na amostra	2017		
				CiteScore	SJR	SNIP
ZWF Zeitschrift Fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb	A revista pretende entregar ao leitor fundamentalmente artigos especializados em desenvolvimentos recentes na engenharia de produção e ainda processos de serviços industriais. Coloca especial ênfase na eficiência do processo produtivo e na redução dos custos	32	22,07%	0,25	0,365	0,656
Productivity Management	Tem o seu núcleo em questões essencialmente ligadas tanto à gestão e contabilidade como à engenharia industrial e de fabricação	7	4,83%	0,05	0,113	0,115
International Journal Of Production Research	A presente revista visa abordar tópicos que conectam engenharia e gestão, temas relacionados ao processo de fabricação e produção em geral.	5	3,45%	2,90	1,432	1,483
Plant Engineer	Revista fortemente ligada à indústria e engenharia dentro da mesma. Pretender fornecer informações práticas e atualizadas profissional.	5	3,45%	0,00	0,100	-
Industrial Management And Data Systems	O foco da revista recai sobre temas que visam integrar a gestão de operações com sistemas de informação com o objetivo de potencializar a aplicação de novas tecnologias.	3	2,07%	3,43	0,904	1,425
Journal Of Industrial Engineering And Management	Trata-se de uma revista científica que promove temas relacionados com a engenharia e gestão industrial.	3	2,07%	0,74	0,215	0,557
Journal Of Security And Sustainability Issues	Fundamentalmente ligado a relações internacionais, política global e assuntos internacionais.	3	2,07%	2,08	0,473	0,968

Tabela 4.1 - Top 7 jornais e respetivas descrições

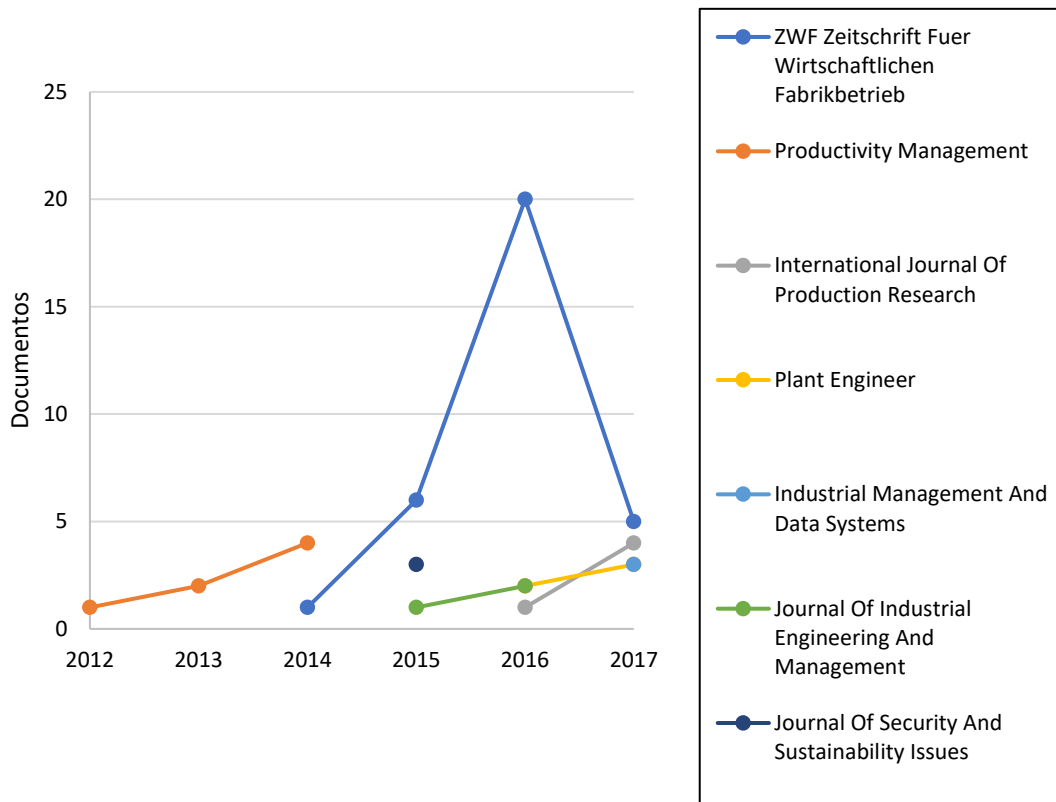
Revista	Categoria	2012	2013	2014	2015	2016	2017
ZWF Zeitschrift Fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb	Negócios, Gestão e Contabilidade	Q2	Q2	Q2	Q2	Q3	Q2
	Ciências da Decisão	Q3	Q3	Q3	Q3	Q3	Q3
	Engenharia	Q2	Q2	Q2	Q2	Q2	Q2
Productivity Management	Negócios, Gestão e Contabilidade	Q3	Q3	Q2	Q3	Q3	Q4
	Engenharia	Q3	Q3	Q2	Q2	Q3	Q4
International Journal Of Production Research	Negócios, Gestão e Contabilidade	Q1	Q1	Q1	Q1	Q1	Q1
	Ciências da Decisão	Q1	Q1	Q1	Q1	Q1	Q1
	Engenharia	Q1	Q1	Q1	Q1	Q1	Q1
Plant Engineer	Negócios, Gestão e Contabilidade	Q4	Q4	Q4	Q4	Q4	Q4
	Engenharia	Q4	Q4	Q4	Q4	Q4	Q4
Industrial Management And Data Systems	Negócios, Gestão e Contabilidade	Q1	Q1	Q1	Q1	Q1	Q1
	Ciências da Informática	Q1	Q1	Q1	Q2	Q2	Q1
	Engenharia	Q1	Q1	Q1	Q1	Q1	Q1
Journal Of Industrial Engineering And Management	Negócios, Gestão e Contabilidade	Q3	Q3	Q3	Q3	Q3	Q3
	Engenharia	Q2	Q2	Q2	Q2	Q2	Q3
Journal Of Security And Sustainability Issues	Energia	Q3	Q3	Q3	Q3	Q3	Q3
	Ciências Sociais	Q3	Q3	Q3	Q3	Q2	Q2

Tabela 4.2 - Distribuição por quartis das 7 principais revistas por tema e por ano

Quartil de posicionamento da Revista	Descrição da categoria segundo SCImago JR
Q1	Alta
Q2	Média-alta
Q3	Média-baixa
Q4	Baixa



Figura 4.3 - Documentos anuais por revista

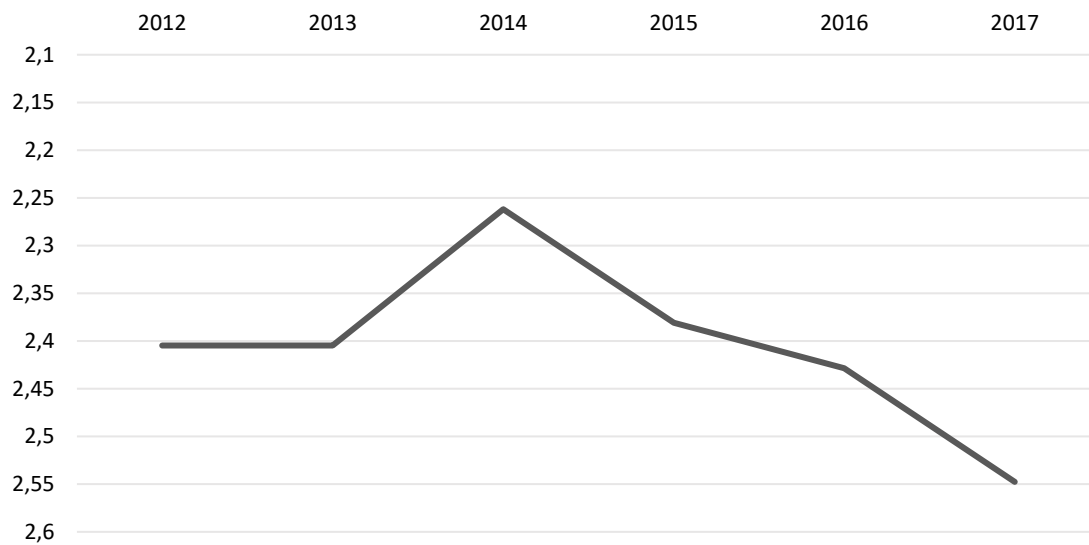


A Tabela 4.2 apresenta a classificação para cada uma das principais 7 revistas, por quartis para as distintas áreas das mesmas, segundo a *SCImago JR* (que tem por base de dados a Scopus). A escala divide-se entre Q1 – para a qualidade mais alta - e Q4 – para a qualidade mais baixa.

Podemos observar que, para a mesma revista, em diversos casos a classificação em quartis é diferente, consoante a categoria a que nos referimos. De um modo geral, a maioria das revistas pertence ao quartil Q2 e Q3 apresentando uma qualidade média. Contudo, destacamos as revistas “International Journal Of Production Research” e “Industrial Management And Data Systems” dada a qualidade acima da média (Q1 para o período analisado com exceção do ano 2015 e 2016 para a segunda revista).

A qualidade média das revistas pode ser observada na Figura 4.4 entre o ano de 2012 e o ano de 2017, onde constatamos que a média para as 7 revistas apresentadas está entre 2,3 e 2,6, assim entre o Q2 e o Q3. Até 2014 verificou-se um aumento de qualidade, contudo, desde então a qualidade tem vindo a deteriorar-se (para a média das revistas).

Figura 4.4 - Evolução da qualidade média das revistas



### 4.3. Autores mais importantes

Os 145 artigos que constituem a base de dados têm autoria e coautoria de 350 autores individuais. A grande parte dos autores publicou apenas 1 artigo (329 autores que corresponde a 94% do espectro de autoria), 18 autores publicaram 2 artigos (5,14% do total) e apenas 3 autores publicaram 3 artigos (0,86% da totalidade dos autores)<sup>23</sup>.

Quanto aos autores mais relevantes no presente estudo (Gunther Reinhart, Adam Sanders e Jens Peter Wulfsberg) podemos observar que ambos se encontram filiados em universidades alemãs e dentro destes, dois na “Helmut Schmidt University - University of the Federal Armed Forces Hamburg, Institute of Production Engineering, Hamburg, Germany”. Alargando o estudo aos autores que contribuem com pelo menos 2 artigos para a presente base de dados (adição de 18 autores aos 3 iniciais)<sup>24</sup> mantem-se a prevalência de filiação alemãs (Christian Arnold, Hertmut F. Binner, Stefan Braunreuther, Enayat Danishjoo, Oliver Herkommer, Daniel Kiel, Jan Klöber-Koch, Joachim Metternich, Kai Ingo Voigt e Hartmut Zeeb), mas desta feita com contributos de filiações a Universidades, Politécnicos e Instituições de Itália (Patrick Dallasega e Erwin

<sup>23</sup> Mais detalhes podem ser encontrados na tabela 4.4

<sup>24</sup> Mais detalhes podem ser encontrados no Anexo V - Descrição dos autores considerados relevantes.

Rauch), Reino Unido (Mark Venables), Rússia (Elizaveta A. Gromova e Elena Balashova), Eslováquia (Naqib Daneshjo e Milan Majerník) e Estónia (Gunnar Prause).

As principais áreas de estudo, entre os autores mais influentes (tendo em conta os 21 anteriormente apresentados), são engenharia, negócios, gestão, contabilidade e ciências da computação, da decisão e sociais. As áreas mais mencionadas para descrição dos estudos dos autores confirmam a importância da indústria 4.0 na área da engenharia, tendo em conta não só a sua origem como também a vasta área para progressão, e ainda a nossa opção de filtragem por áreas económicas e sociais. Outras áreas de estudo relacionadas fazem também parte da lista, tais como economia, econometria, finanças, ciências dos materiais entre outras.

Relativamente à produtividade dos autores que mais têm contribuído para a área em investigação percebemos que estes são relativamente produtivos, com uma média de 30 artigos, apesar da discrepância de produtividade entre eles – 12 dos 21 autores têm 10 ou mais artigos indexados na base de dados Scopus, 7 deles mais de 20 artigos e 2 (Gunther Reinhart com 238 e Mark Venables com 108) com mais de 100 artigos disponibilizados na Scopus.

Percebemos que para o grupo em questão os valores apresentados para os respetivos índices  $H^{25}$  são relativamente distintos. Oito dos autores têm um índice  $H$  menor ou igual a três, sete autores entre 4 e 6 e por fim destacam-se Patrick Dallasega com índice  $H$  de 8, Erwin Rauch e Jens Peter Wulfsberg com um índice  $H$  de 9, e uma vez mais no topo tabela Gunther Reinhart com índice  $H$  de 19.

Do presente grupo de autores o mais produtivo e influente é Gunther Reinhart, professor na faculdade de mecânica da Universidade Técnica de Munique (Technical University of Munich) e investigador essencialmente na área de tecnologia de montagem, automação e robótica, e ainda gestão de produção e logística. Reinhart é, desde Julho de 2016, presidente do Bavarian Cluster for Mechatronics and Automation<sup>26</sup>, diretor executivo da

---

<sup>25</sup> Descrição efetuada na secção 3.2.

<sup>26</sup> Iniciado na política de aglomerados em 2007 abrange 17 grupos ou plataformas nacionais de alta tecnologia considerados de elevada importância para Baviera. Organizados especialmente em cinco campos: mobilidade, materiais, saúde e ciências da vida, digitalização e energia. (<https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/regional-innovation-monitor/policy-document/cluster-offensive-bavaria> ; <https://www.cluster-bayern.de/> )

Fraunhofer Research Institution for Casting, Composite and Processing Technology<sup>27</sup> (IGCV) além de membro do conselho e conselheiro de várias empresas.

Nome do Autor	Filiação	Área de Estudos (Scopus)	Número de documentos (artigos) na Scopus	Índice h na Scopus	Número de Citações <sup>28</sup> (Scopus)
Reinhart, Gunther <sup>29</sup>	Technical University of Munich, Munich, Germany	Engenharia; Ciência da Computação; Negócios, Gestão e Contabilidade; Ciência da Decisão; Matemática; Ciência dos Materiais; Física e Astronomia; Energia; Engenharia Química; Ciências Sociais; Bioquímica, Genética e Biologia Molecular; Química	399 (238)	19	1487
Sanders, Adam <sup>30</sup>	Helmut Schmidt University - University of the Federal Armed Forces Hamburg, Institute of Production Engineering, Hamburg, Germany	Engenharia; Ciência da Decisão; Negócios, Gestão e Contabilidade; Ciência dos Materiais; Física e Astronomia; Ciências Ambientais; Artes e Humanidades	7 (3)	2	17
Wulfsberg, Jens Peter <sup>31</sup>	Helmut Schmidt University - University of the Federal Armed Forces Hamburg, Institute of Production Engineering, Hamburg, Germany	Engenharia; Ciência de Materiais; Negócios, Gestão e Contabilidade; Ciência da Decisão; Física e Astronomia; Ciências Ambientais; Ciência da Computação; Ciências Sociais; Medicina	122 (47)	9	267

Tabela 4.3 - Autores com pelo menos 3 artigos na base de dados

<sup>27</sup> Instituto que tem como principais serviços a consultoria e otimização da tecnologia, a análise de materiais e componentes, desenvolvimento de protótipos e análise de cadeia produtiva.

<sup>28</sup> Cada documento apenas contribui com uma citação (independentemente do número de vezes que o cita na sua extensão)

<sup>29</sup><https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7101858932&origin=resultsAnalyzer&zone=authorName>

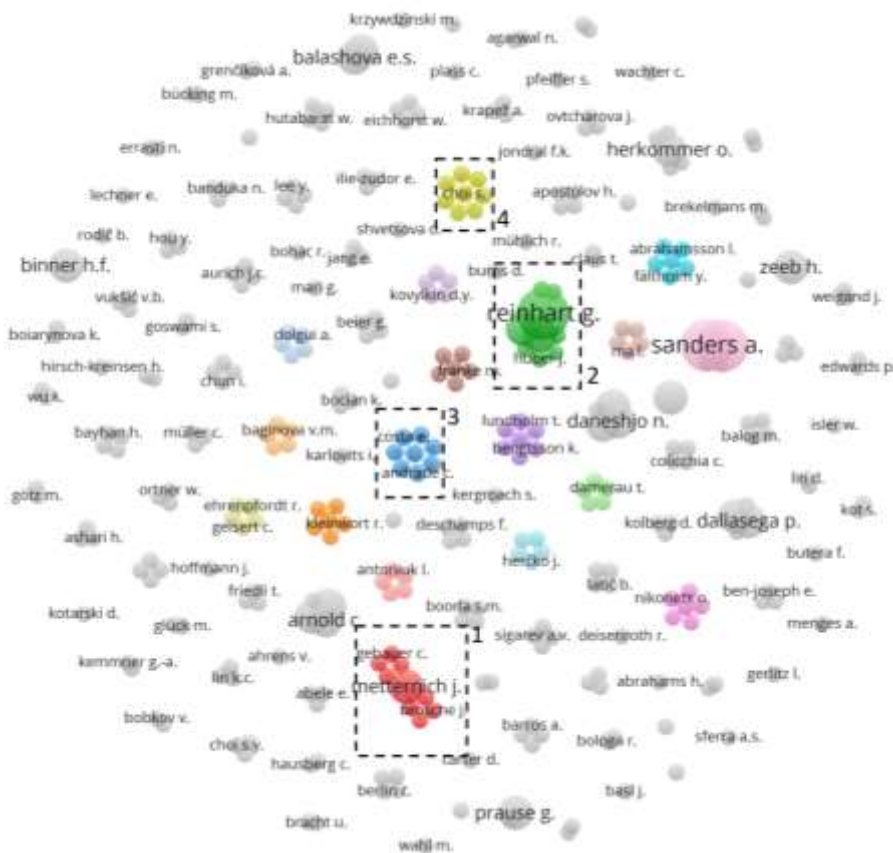
<sup>30</sup><https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56239980200&origin=resultsAnalyzer&zone=authorName>

<sup>31</sup><https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6507805051&origin=resultsAnalyzer&zone=authorName>

#### 4.4. Rede de coautoria

Através da rede de coautoria apresentada, uma rede normalizada (van Eck e Waltman, 2009b) que posiciona nós numa rede bidimensional, é possível reconhecer a relação entre autores relacionando-o diretamente com o número de estudos que realizaram e publicaram conjuntamente (van Eck e Waltman, 2014).

Figura 4.5 - Rede completa de coautoria



Fonte: VOSviewer

Cada autor é representado por um círculo - em proporção do seu número de artigos, e as cores determinam o cluster a que pertencem (com exceção do cinzento)

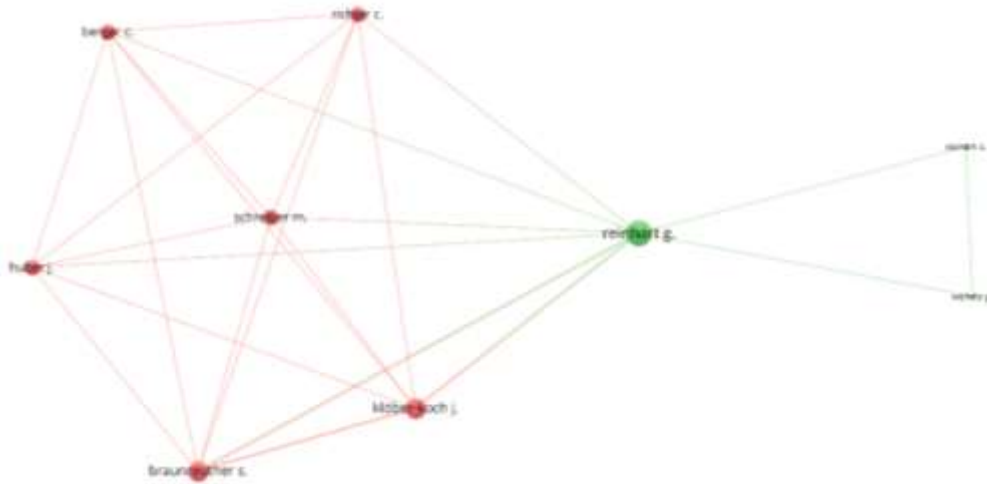
A Figura 4.5 apresenta as redes de coautoria presentes na base de dados, numa análise e elaboração de mapa que tem por unidade o autor, e através do método de contagem nomeado “full counting” onde cada ligação de coautoria tem exatamente o mesmo peso (por oposição a uma contagem fracionária). Na figura acima a dimensão dos círculos está

diretamente relacionada com o número de artigos do autor em questão, nomeados na amostra – evidenciando-se Reinhart G., Sanders A. e Wulfsberg J. conforme seria de esperar pelo apresentado no ponto anterior. A presença de Wulfsberg é impercetível na Figura 4.5 por pertencer ao mesmo *cluster* que Sanders, que a este se sobrepõe, e demonstrando a ligação entre estes dois autores que se encontram filiados à mesma universidade (Helmut Schmidt University). Cada cor determina um *cluster* (van Eck e Waltman, 2010; van Eck e Waltman, 2013) e para esta construção admitimos qualquer autor pertencente à base de dados.

Dadas as características da análise foram produzidos 127 *clusters*, o que demonstra a dispersão ao nível de autoria dos artigos que constituem a nossa amostra. Os *clusters* que mais se destacam nesta rede são aqueles que têm mais nós, ou seja, onde mais autores colaboram entre si. Os *clusters* 1 e 2 são compostos por 9 itens cada um, onde se destacam Matternich J. e Reinhart G. para cada um dos *clusters* respetivamente, os *clusters* 3 e 4 compostos por 8 itens cada, sem qualquer destaque para algum autor específico dentro de ambos os *clusters*, dado terem igual ponderação e importância, e por fim o *cluster* 5 com 7 itens também sem especial destaque para alguma autoria. Entre o *cluster* 6 e o 86 o número de autores varia entre 6 e 2, e para os restantes (do *cluster* 87 ao 127) encontramos autores isolados, isto é, autores que não partilham autoria com nenhum dos restantes pertencentes à rede.

Contudo, quando restringimos a nossa análise apenas a itens conectados entre si, ou seja, autores de diferentes artigos que continuam a partilhar uma rede de coautoria obtemos a Figura 4.6, um mapa com apenas 9 itens interligados que constituem 2 *clusters* (o vermelho e o verde) e onde a dimensão dos círculos é diretamente proporcional à quantidade de ligações do autor.

Figura 4.6 - Rede de ligações de coautoria



Fonte: VOSviewer

Cada autor é representado por um círculo - em proporção do número de ligações do autor, e as cores determinam o cluster a que pertencem (com exceção do cinzento)

Uma vez mais, a saliência é detida por Reinhard G (que se encontra no *cluster 2* com apenas 3 itens) apresentando ligações com todos os restantes autores. Estas ligações são fruto de três artigos: “*OpenServ4P – Open, inteligente services for production system*” de Berger C., Huber J., Klöber-Koch J., Schreiber M., Braunreuther S., Richter, C. e Reinhard, G. (2016); “*Cyber-physical systems as field of action*” de Reinhard G., Klöber-Koch J. e Braunreuther, S.; e ainda “*Development trends for the production work of tomorrow*” de Vernim S., Wehrle P. e Reinhard G. Com dois dos autores Reinhard G. partilha 2 ligações de coautoria – Braunreuther<sup>32</sup> e Klöber-Koch – ambos filiados à “Fraunhofer Research Institution for Casting, Composite and Processing Technology IGCV<sup>33</sup>” onde Reinhard é um dos responsáveis pela gestão.

Assim, apesar da dispersão de autoria apresentada na Figura 4.5 podemos também considerar que o núcleo mais relevante ao nível da coautoria tem predominantemente a mesma fonte e proveniência geográfica – a revista alemã “*ZWF Zeitschrift Fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*”, apresentada no ponto 2 deste capítulo como a principal

<sup>32</sup> Autor integrante na lista alargada dos autores admitidos como relevantes na base de dados. Pode ser consultado no Anexo V – Descrição dos autores considerados relevantes.

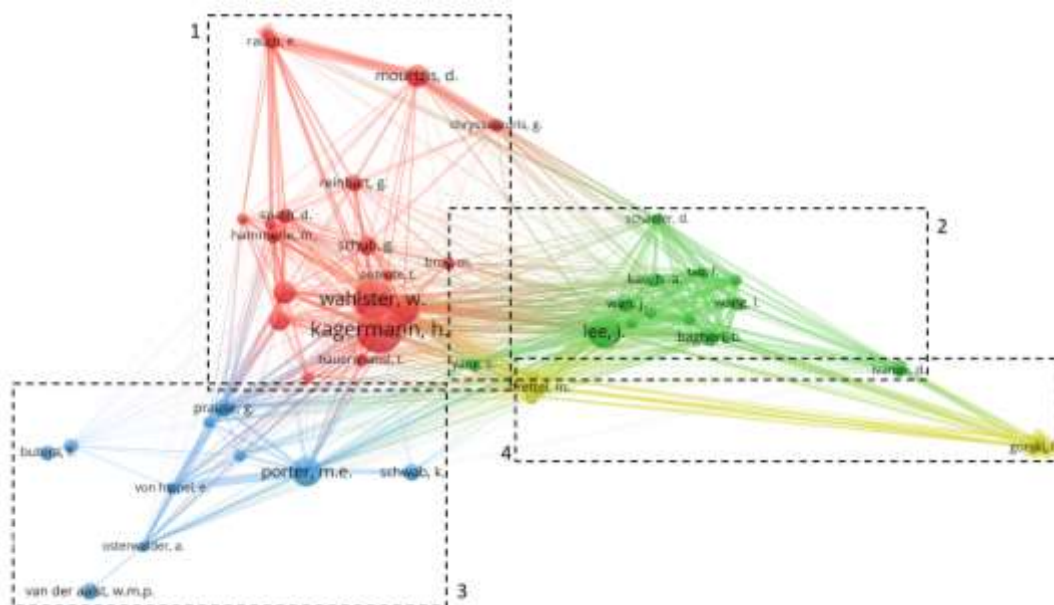
<sup>33</sup> <https://www.igcv.fraunhofer.de/en.html>

contribuinte da nossa amostra, aonde foram publicados qualquer um dos artigos apresentado.

#### 4.5. Rede de cocitação

A figura exibida posteriormente (Figura 4.7) apresenta a rede de cocitação da constituída base de dados, através da qual podemos expor a frequência com que dois autores são citados conjuntamente por um terceiro autor (Lima e Leocádio, 2017), ou seja, a relação de cocitação é tanto mais forte quanto maior for o número de documentos em que dois autores são citados em simultâneo (van Eck e Waltman, 2014). Foi feita assim a opção de analisar a rede de cocitação de autores em detrimento de uma cocitação de artigos. A rede abaixo disposta toma como unidades de referência os autores sobre os quais nos referiremos durante a exposição de cocitação, num método de contagem “full counting” e com um mínimo de 10 citações por autor. Os nós presentes nas figuras são, em medida, diretamente proporcionais ao número de citações correspondentes a cada um dos autores a que diz respeito.

Figura 4.7 - Rede de cocitação



Fonte: VOSviewer

Cada autor é representado por um círculo - em proporção do número de citações do autor, e as cores determinam o cluster a que pertencem



Obtivemos, conforme podemos visualizar na Figura 4.7, uma rede constituída por 4 *clusters*. O primeiro *cluster* constituído por 19 itens, o segundo por 15, o terceiro por 10 e o último e quarto por 7 itens.

O primeiro *cluster*, representado pela cor vermelha, apresenta como autores mais cocitados Wolfgang Wahlster<sup>34</sup>, filiado ao Centro Alemão de Pesquisa para a Inteligência Artificial (German Research Center For Artificial Intelligence) com índice *H* de 11, 580 citações e 51 documentos relatados pela Scopus, e Henning Kagermann<sup>35</sup> também este com filiação alemã à Academia de Ciências da República Democrática Alemã (Academy Of Sciences Of The German Democratic Republic) com índice *H* de 3, 737 citações e 10 documentos apresentados pela Scopus. Quer Wahlster, quer Kagermann obtiveram especial importância dadas as suas 45 ligações a autores presentes na rede.

No *cluster 2* o autor mais influente é Jay Lee<sup>36</sup>, vinculado à Universidade de Cincinnati nos Estados Unidos, com um índice *H* de 36, 6577 citações e 226 documentos na base de dados Scopus.

No terceiro *cluster*, dos 10 itens existentes, Michael E. Porter<sup>37</sup> estabelece 36 ligações de cocitação enquanto Gerhard. Prause<sup>38</sup> estabelece 22. Porter está filiado à Harvard Business School nos Estados Unidos da América, com um índice *H* de 46, 2497 citações e 87 documentos, já Prause, austríaco, apresenta vinculação à University Hospital Graz com um índice *H* de 14, 2497 citações e 68 documentos. Qualquer dos dados de autores apresentados são retirados da base de dados Scopus.

Por fim, o *cluster 4* sinaliza quatro autores com 44 ligações cada, Rosenberg<sup>39</sup>, Keller<sup>40</sup>, Brettel<sup>41</sup> e Friederichsen<sup>42</sup>

Os autores presentes na rede são, de modo geral, autores associados às áreas de engenharia, gestão, contabilidade, negócios, matemática, ciência de computadores e ciências da decisão e uma larga maioria ligado a instituições alemãs.

---

<sup>34</sup> <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?origin=resultslist&authorId=6603343006&zone=>

<sup>35</sup> <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?origin=resultslist&authorId=24457556200&zone=>

<sup>36</sup> <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?origin=resultslist&authorId=7601455731&zone=>

<sup>37</sup> <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?origin=resultslist&authorId=7201468200&zone=>

<sup>38</sup> <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?origin=resultslist&authorId=55998700900&zone=>

<sup>39</sup> <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?origin=resultslist&authorId=35260557300&zone=>

<sup>40</sup> <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?origin=resultslist&authorId=7409823131&zone=>

<sup>41</sup> <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?origin=resultslist&authorId=24402546200&zone=>

<sup>42</sup> <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?origin=resultslist&authorId=37048395500&zone=>

#### 4.6. Artigos mais citados e influentes em “Indústria 4.0”

Avaliando as citações recebidas por cada um dos artigos na base de dados Scopus obtivemos uma soma de 448 citações para a totalidade da amostra. Através desta avaliação de citações podemos perceber que mais de metade (82 artigos que representam 56,55% do total) não receberam qualquer citação, 44 (30,34%) artigos receberam entre uma e cinco citações (totalizando 111 citações), 14 (9,66%) documentos receberam entre seis e vinte citações (totalizando 151 citações) e 5 (3,45%) artigos receberam mais de 20 citações (totalizando 186 citações). Foi construída a tabela do top 13 com os artigos que receberam mais de 10 citações, que podem ser consultados em pormenor na tabela 4.4, estes arrecadaram 66,07% do total das citações.

Os três artigos mais influentes, dado serem os mais citados são:

- “Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions” de Kang, H.S. et al. (2016) que tendo sido publicado em 2016 recebeu 72 citações (36 citações por ano);
- “A dynamic model and an algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0” de Ivanov et al. (2016) com 44 citações (22 citações por ano) desde a sua publicação em 2016;
- E por fim “Smart product design and production control for effective mass customization in the industry 4.0 concept” de Zawadzki, P.e Zywicki, K. (2016) que obteve, desde 2016 até ao momento, 26 citações (13 citações por ano).

Nos artigos mais influentes, as principais ideias e debates giram em torno da produção inteligente (*smart manufacturing*). A produção inteligente é tida como uma grande condutora, capaz de realizar o conceito de indústria 4.0 uma vez que é descrita como um mecanismo que tem por objetivo um crescimento sustentável, quer por via da gestão quer por via de melhoria dos fatores de produção (Kang et al., 2016). As fábricas inteligentes são apresentadas como uma série de técnicas que têm por vista a personalização em massa (Zawadzki e Zywicki, 2016), uma vez que a satisfação dos requisitos individuais dos clientes é atualmente uma das chaves de deliberação da competitividade de uma empresa.

Para possibilitar a realidade das fábricas inteligentes são apresentados conceitos e/ou aplicações de necessidade básica e primária (Kang et al., 2016) como a internet das coisas, a análise de mega-dados, *cloud manufacturing*, sensores inteligentes e sistemas ciber-

físicos. Dentro das aplicações apresentadas anteriormente um grande destaque é feito para os sistemas ciber-físicos, em paralelo com a algoritmização, combinando um contínuo máximo de produção e eficiência com otimização matemática. Estes sistemas são considerados representativos de uma forma futura e esperada de redes industriais que têm como grande desafio a atual estrutura de maquinaria existente (Ivanov et al., 2016), sendo mesmo efetuadas análises detalhadas e complexas ao nível teórico e computacional. Assim, a junção de feitos tecnológicos recentes com uma perspectiva de sistemas de produção automatizados e inteligentes abrem a descrição do conceito “industry 4.0”, onde é assegurada a eficiência face à informação disponível, a integração de atividades distintas e a comunicação efetiva entre cliente - produtor e produtor - fornecedor (Zawadzki e Zywicki, 2016).

As áreas disciplinares abrangidas pelas revistas às quais pertencem os artigos apresentados na Tabela 4.4 são, em primeiro lugar engenharia, negócios, gestão e contabilidade, passam ainda pelas áreas das ciências da decisão e sociais e, em mínima representação as ciências computacionais, artes e humanidades e energia.

Ao nível governamental são apresentadas algumas políticas com ênfase sobre a Alemanha e Estados Unidos, enquanto os artigos disponibilizam por fim as tendências, o estado de desenvolvimento e as direções das tecnologias e investigações (Kang et al., 2016). Contudo para Zawadzki e Zywicki (2016) atingir a capacidade máxima organizativa de produção, especialmente para pequenas e médias empresas, levará entre 10 a 20 anos.

#### **4.6.1. Análise de palavras-chave para os artigos mais citados e influentes**

Para o top 13 dos artigos com mais citações, extraímos a informação acerca das palavras chave dos autores por forma a traçar uma chave temática para o conjunto de artigos em questão (apresentados na tabela 4.4), percebendo assim que apenas quatro palavras se repetiam: *industry 4.0* (9 ocorrências), *internet of things* (4 ocorrências), *smart factory* (2 ocorrências) e *automation* (2 ocorrências). Desta forma, entendemos que a “industry 4.0” continua a ser um dos descritores principais dentro da literatura mais relevante, a “internet of things” e a “automation” um meio neste processo que têm por vista atingir as chamadas “smart factory”.

Ano	Título	Autores	Fonte	Citações totais <sup>43</sup>	Citações por ano
2016	Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions	Kang, H.S., Lee, J.Y., Choi, S., Kim, H., Park, J.H., Son, J.Y., Kim, B.H., Noh, S.D.	International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology	72	36,0
2016	A dynamic model and an algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0	Ivanov, D., Dolgui, A., Sokolov, B., Werner, F., Ivanova, M.	International Journal of Production Research	44	22,0
2016	Smart product design and production control for effective mass customization in the industry 4.0 concept	Zawadzki, P., Zywicki, K.	Management and Production Engineering Review	26	13,0
2016	A Complex View of Industry 4.0	Roblek, V., Meško, M., Krapež, A.	SAGE Open	23	11,5
2017	An event-driven manufacturing information system architecture for Industry 4.0	Theorin, A., Bengtsson, K., Provost, J., Lieder, M., Johnsson, C., Lundholm, T., Lennartson, B.	International Journal of Production Research	21	21,0
2017	Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal	Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E.F.R., Ramos, L.F.P.	International Journal of Production Research	18	18,0
2015	Industrial revolution - Industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution?	Sommer, L.	Journal of Industrial Engineering and Management - Journal of Industrial Engineering and Management	16	5,3
2016	Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function	Sanders, A., Elangeswaran, C., Wulfsberg, J.	Journal of Industrial Engineering and Management	14	7,0

<sup>43</sup> Informações revistas a 5 de Julho de 2018

	as enablers for lean manufacturing				
2015	Global drivers, sustainable manufacturing and systems ergonomics	Siemieniuch, C.E., Sinclair, M.A., Henshaw, M.J.C.	Applied Ergonomics	14	4,7
2015	Sustainable business models and structures for industry 4.0	Prause, G.	Journal of Security and Sustainability Issues	14	4,7
2016	New logistics and production trends as the effect of global economy changes	Kovács, G., Kot, S.	Polish Journal of Management Studies	13	6,5
2016	Discrete Event Simulation and Virtual Reality Use in Industry: New Opportunities and Future Trends	Turner, C.J., Hutabarat, W., Oyekan, J., Tiwari, A.	IEEE Transactions on Human-Machine Systems	11	5,5
2015	Strategic business transformation through technology convergence: Implications from General Electric's industrial internet initiative	Agarwal, N., Brem, A.	International Journal of Technology Management	10	3,3

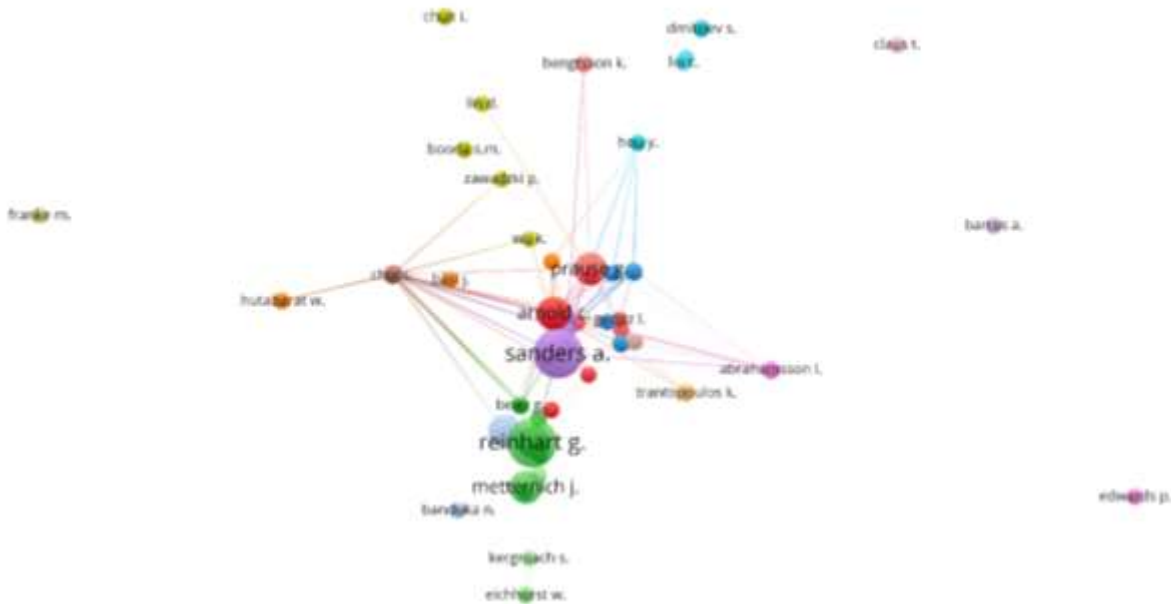
Tabela 4.4 - Top 13 dos artigos com mais citações

#### 4.7. Rede de copulação bibliográfica

O acoplamento bibliográfico ocorre quando uma referência é citação integrante em dois outros. Esta relação é considerada unidade de acoplamento entre estes. Assim, quanto maior a quantidade de referências partilhadas por dois autores mais intensa é a relação de acoplamento bibliográfico entre eles (van Eck and Waltman, 2014).

Foram admitidos autores com pelo menos um documento citado dentro a base de dados por vista a construir o mapa apresentado na Figura 4.8. Como anteriormente, o método de contagem foi “full counting” e as unidades de análise os autores dos respetivos artigos. Da visualização gráfica da rede apenas constam os 163 (de 223) autores com ligação patente e os círculos representam o número de documentos do autor.

Figura 4.8 - Rede de Copulação Bibliográfica



Fonte: VOSviewer

Cada autor é representado por um círculo - em proporção do número de artigos do autor, e as cores determinam o cluster a que pertencem

O mapa acima apresentado é constituído por 18 *clusters* que não foram seleccionados, como nas redes anteriores, dada a dispersão do próprio *cluster*. Para cada *cluster* de autores compreendemos que a tendência será para que autores do mesmo *cluster* tendam a citar as

mesmas referências, denunciando dessa forma uma relação tão mais forte e mais evidente de acoplamento bibliográfico quanto maior o número de citações.

O *cluster* 1, que toma a cor vermelha, é constituído por 21 autores, sendo os mais predominantes Arnold<sup>44</sup>, Kiel<sup>45</sup> e Voigt<sup>46</sup> com 97 ligações cada um, e Muller<sup>47</sup> com 83 ligações. Os 4 autores partilham alguns artigos fazendo com que a ligação de copulação seja evidente e pertencem ainda à mesma universidade alemã (University Of Erlangen) distribuídos entre as faculdades de economia e de engenharia. É ainda pertinente expor a pertença aos autores considerados mais relevantes de Arnold onde este ocupa do quarto lugar.

O segundo *cluster*, de cor verde não salienta ao nível das ligações nenhum dos autores contudo, é a este *cluster* que pertence o autor com mais artigos na nossa base de dados, onde estabelece 26 relações de copulação bibliográfica.

Os restantes *clusters*, entre o terceiro e o vigésimo primeiro, tomam as sobranças cores não mencionadas anteriormente e têm por composição 2 a 16 nós.

#### 4.8. Rede de coocorrência de palavras chave de autor

A Figura 4.9 apresenta a relação de coocorrência de palavras chave, que é construída a partir do número de vezes que os documentos integrantes da base de dados apresentam um par de palavras (van Eck e Waltman, 2014). Como unidades de análise temos as palavras chave dos autores em “full counting”, com um número mínimo de 5 ocorrências, no que diz respeito à palavra chave (seguindo o aplicado no capítulo 3, ponto 4) e onde o tamanho de cada nó representa a frequência com que ocorre uma palavra chave. As palavras chave mais frequentes determinam a temática central do corpo dos artigos.

Foram obtidos 3 *clusters*: o primeiro constituído por “Automation”, “Digitalization”, “*Industrie 4.0*” e “Sustainability”, onde se pode notar que grande parte do *cluster* é constituído por palavras não diretamente associadas ao termo “indústria 4.0”; o segundo *cluster* que alberga as palavras chave “Industry 4.0” – palavra-chave mais frequente - e conecta (como co-palavra chave) a todas as terminologias presentes no mapa, “Internet of Things” e “Smart Factory”; e

<sup>44</sup> <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?origin=resultslist&authorId=57188709931&zone=>

<sup>45</sup> <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?origin=resultslist&authorId=57188695848&zone=>

<sup>46</sup> <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?origin=resultslist&authorId=16403637200&zone=>

<sup>47</sup> <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?origin=resultslist&authorId=57189892595&zone=>

como último *cluster* temos a relação entre as expressões “Big data”, “Fourth industrial revolution” e “Innovation” apresentada graficamente pela cor azul.

As dez palavras que constituem a Figura 4.5 fazem parte do top 12 de palavras chave apresentadas no capítulo 3, sendo excluídas duas deste top já que no presente capítulo apenas analisamos os dados fornecidos pela base de dados Scopus.

Figura 4.9 - Rede de coocorrência de palavras chave de autor



Fonte: VOSviewer

Cada palavra-chave é representada por um círculo - em proporção da sua frequência, e as cores determinam o cluster a que pertencem.



#### 4.9. Distribuição geográfica da produção de literatura

A produção científica associada a cada país é, de um modo geral, um fator considerado importante e olhado como meio criador de possibilidades de inovação, incremento de sustentabilidade, e melhoria económica e social.

A produção científica que consta da análise efetuada pertence a 350 distintos autores e coautores, que por sua vez estão filiados a variadas organizações de 36 países. A Figura 4.10 apresenta essa mesma distribuição geográfica segundo o mapa mundo.

Figura 4.10 - Distribuição geográfica da produção científica presente na amostra



*Fonte: Autoria própria*

Quanto à influência geográfica dos documentos pertencentes à base de dados, foi constatado que a sua proveniência é essencialmente europeia (conforme pode ser observado na tabela 4.5) com 82,61% das filiações a serem relacionadas a este território, com especial ênfase para a Alemanha, a Rússia e o Reino Unido com 38,51%, 6,21% e 4,35% respetivamente. O segundo continente que mais contribuiu para a construção da base foi a Ásia, que conta com o peso dos artigos entregues pela Rússia (6,21%), pela China (4,35%) e pela Coreia do Sul (3,73%) ao

presente campo de análise. A Oceânia é a menos colaboradora apresentando apenas uma autoria filiada na Austrália.

Desde uma perspectiva nacional, o impacto e a relevância da questão da “Indústria 4.0” na área social e económica passa incontornavelmente pela Alemanha (detendo 38,51% das nacionalidades apresentadas pelos documentos em análise) que acaba por denunciar não só o berço da expressão como também as políticas governamentais voltadas no sentido do financiamento de tais investigações<sup>48</sup>

Continente	Distribuição da Literatura
América <sup>49</sup>	3,73%
Europa <sup>50</sup>	82,61%
África <sup>51</sup>	1,24%
Ásia <sup>52</sup>	18,01%
Oceânia <sup>53</sup>	0,62%

Tabela 4.5 - Distribuição global da literatura por continente<sup>54</sup>

#### 4.10. Discussão de Resultados

A evolução dos artigos considerados relevantes dentro desta temática e nestas áreas é crescente, onde cada ano subsequente apresenta um acréscimo superior, com exceção do ano 2017. No ano em que o WEF apresenta o tema “Mastering the future” dá-se a maior contribuição para a nossa base.

<sup>48</sup> Conforme apresentado no capítulo 2 e subponto 2.2

<sup>49</sup> Estados Unidos da América (3); Canadá (2); Brasil (1).

<sup>50</sup> Alemanha (62); Rússia (10); Reino Unido (7); Itália (6); Eslováquia (6); Estónia (4); Polónia (4); Suécia (4); República Checa (3); Sérvia (3); Eslovénia (3); Suíça (3); Croácia (2); Dinamarca (2); França (2); Hungria (2); Espanha (2); Ucrânia (2); Áustria (1); Bélgica (1); Países Baixos (1); Noruega (1); Portugal (1); Roménia (1).

<sup>51</sup> África do Sul (1); Sri Lanka (1).

<sup>52</sup> Rússia (10); China (7); Coreia do Sul (6); Índia (2); Singapura (2); Malásia (1); Taiwan (1).

<sup>53</sup> Austrália (1).

<sup>54</sup> As percentagens não perfazem um total de 100% dado o facto de que a Rússia foi assumida tanto como Europa como como Ásia e representa um número considerável de documentos. A análise da distribuição por país pode ser consultada no Anexo VI.

De um total de 77 revistas que publicaram os artigos por nós analisados destacamos 7 delas – as que detinham pelo menos 3 artigos – que representavam 40% da amostra. A revista de maior peso é a “ZWF Zeitschrift Fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb”<sup>55</sup> com os seus 32 artigos por nós captados (representando 22,07% da recolha). Contudo, quando analisamos a qualidade média das revistas mais contribuintes para a nossa base de dados, através do índice de quartis do SCImago JR, percebemos que esta média tem vindo a decrescer desde 2014.

Com autoria e coautoria de 350 autores, a maioria publicou apenas 1 artigo (94% dos autores) e apenas 3 publicaram mais de 3 artigos (o que corresponde a 0,86% da autoria). Os 3 principais autores – Gunther Reinhart, Adam Sanders e Jens Peter Wulfsberg – encontram-se filiados a universidades alemãs. Ampliando a análise a autores com pelo menos 2 artigos (5,14% dos autores) continuamos com prevalência alemã, mas desta vez também com contributos associados à Itália, Reino Unido, Rússia, Eslováquia e Estónia. As suas principais áreas de estudo são engenharia, negócios, gestão, contabilidade e ciências da computação, decisão e sociais. O autor que se destaca por produtividade e influência é Gunther Reinhart com 238 artigos indexados na base de dados Scopus e um índice *H* de 19.

Ao relacionar autores pelas suas publicações conjuntas, através da rede de coautoria, voltamos a perceber a evidencia de Reinhart, Sanders e Wulfsberg (3 principais autores da base de dados). Através desta rede é ainda possível perceber a dispersão da autoria para a nossa amostra. O autor com maior número de ligações entre os demais é Reinhart e, uma vez mais, existe uma predominância alemã para a coautoria.

Pela rede de cocitação percebemos que os principais autores do primeiro *cluster* têm filiação no Centro Alemão de pesquisa para a inteligência artificial (Wolfgang Wahlster) e na Academia de ciências da República Democrática Alemã (Henning Kagermann).

Os artigos mais citados e influentes são “Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions”, “A dynamic model and na algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0” e “Smart product design and production control for efetive mass customization in the industry 4.0 concept”. Nestes artigos o principal foco é a produção inteligente (*smart manufacturing*). As áreas de maior interesse para as revistas que publicaram estes documentos são: engenharia; negócios, gestão e contabilidade; ciências da decisão; e ciências sociais.

---

<sup>55</sup> Uma proposta de tradução para a língua portuguesa seria “Revista de Operações Económicas em Fábrica”.

Observando o primeiro cluster da rede de copulação bibliográfica encontramos um núcleo de autores pertencentes à Universidade de Erlangen. Já na rede de coocorrência de palavras-chave deparamo-nos com uma temática central ligada aos termos *automation, digitalization, industrie 4.0, sustainability, industry4.0, internet of things, smart factory, big data, fourth industrial revolution e innovation*.

Por fim, quanto à distribuição geográfica associada à amostra, esta é composta por 36 nacionalidades, essencialmente europeias (82,81%) – com relevo para Alemanha (38,51% da amostra), Rússia e Reino Unido – e em segundo plano asiática.

## **5. Conclusão, caminhos futuros e limitações**

A realidade de uma indústria transformada e ainda mais tecnológica é, a cada dia, uma realidade mais palpável (Drath e Horch 2014). Olhando a academia como um dos principais agentes promotores de uma discussão científica através das suas contribuições, era objetivo deste estudo compreender e colocar em evidência a relevância, as raízes, a evolução e a dinâmica da literatura produzida a propósito do conceito “indústria 4.0” na área económica e social.

Através da pesquisa efetuada na Scopus e na WoS obtivemos um total de 189 artigos diferentes, captados através da terminologia “indústria 4.0” conjugada com alguns sinónimos considerados. Artigos e reviews foram, posteriormente, filtrados por data (até 2017 inclusivé), escritos em inglês, e pertencentes à área social e económica. Pela correspondência da terminologia “indústria 4.0” com a descrição “combinação de métodos de produção com tecnologias de informação e comunicação (TIC)” criamos um filtro que nos permitiu diminuir o erro na captura de artigos relevantes para o estudo. Por fim, da base de dados posteriormente analisada, faziam parte 145 artigos indexados na base de dados Scopus.

A elaboração de artigos nesta área tem aumentado a cada ano, com exceção do ano 2017 – sendo ainda cedo para compreender se é caso pontual ou se ganhará essa tendência de estagnação.

As revistas às quais pertencem os artigos são, de modo geral, ligadas às áreas da engenharia, negócios, gestão, contabilidade e ciências da decisão. Estas mesmas revistas têm, contudo, visto decrescer a sua média de qualidade (avaliada pela média do indicador de quartis do SCImago).

A revista à qual pertencem o maior número de artigos desta amostra é alemã acompanhando a mesma tendência ao nível da autoria e proveniência geográfica.

Quer os artigos mais influentes e importantes (dado o número de citações) quer as palavras chave mais utilizadas pelos autores estão em consonância quanto à centralidade dos temas, conceitos e ideias de “smart manufacturing”, “big data”, “internet of things”, “automation” e “smart factory”.

O presente estudo acarreta algumas limitações. Em primeiro lugar a ambiguidade da terminologia inclusive entre o meio académico, que pode ser associado à ainda tenra idade da discussão. Por outro lado, foi também “perdida” alguma informação, por opção consciente, essencialmente pela produção académica, associada à I&D nas empresas e instituições privadas que algumas vezes podem estar na dianteira da exploração de novos conceitos, ideias e aplicações. Somos ainda conscientes de que cada um dos passos para a obtenção da base de dados (especialmente filtragem) é, por si só, uma limitação que ao mesmo tempo nos conduz a resultados viáveis e possíveis de trabalhar também pode retirar alguma informação relevante. Exemplo disso podem ser os verdadeiros falsos (caso oposto aos falsos verdadeiros – artigos que não sendo parte do nosso objetivo são obtidos como resultado da nossa pesquisa nas bases de dados), ou seja, artigos que seriam relevantes e/ou importantes no estudo, mas acabam por não ser obtidos segundo a nossa chave de pesquisa. Por fim, a utilização de bases de dados, por muito precisas que tentem ser, também transportam algumas lacunas tais como: ausência ou erro de alguma informação relevante do artigo (palavras chave, autores, organizações, moradas ou datas); documentos não encontrados mesmo que tenham sido publicados em revistas ou jornais indexados na base de dados; e ainda documentos duplicados (que muitas vezes ocorrem pela associação a algum dos erros anteriores).

Como propostas para estudos futuros, na consciência das limitações apresentadas, propomos uma maior abrangência de áreas e de artigos com filtros menos “intensos” por forma a obter um panorama mais amplo e uma mais abrangente sobreposição de bases de dados bibliográficas evitando alguns erros.

## Bibliografia

- Alkaya, E. *et al.* (2015), “Adaptation to Climate Change in Industry: Improving Resource Efficiency through Sustainable Production Applications”, *Water Environment Research*, 87(1), pp. 14–25.
- Anon. (2016) “The New Face of Industry in France: building the industry of the future”, *Gouvernement Valls III*. Disponível em: <https://www.gouvernement.fr/en/the-new-face-of-industry-in-france-building-the-industry-of-the-future>.
- Archambault, E. *et al.* (2009), "Comparing Bibliometric Statistics Obtained from the Web of Science and Scopus", *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60 (7), pp. 1320-1326.
- Ashton, T. S. (1997), *The Industrial Revolution*, Oxford, Oxford University Press.
- Atzori, L., Iera, A e Morabito, G. (2010), “The Internet of Things: A survey”, *Computer Networks*, 54, pp. 2787-2805.
- Bangemann, T. *et al.* (2016), “Integration of Classical Components into Industrial Cyber-Physical Systems”, *Proceedings of the IEEE*, 104(5), pp. 947–959.
- Bauernhansl, T. *et al.* (2016), “WGP-Standpunkt Industrie 4.0”, *WGP-Standpunkte*, 1, pp. 0–49. Disponível em: [http://www.wzl.rwth-aachen.de/cms/www\\_content/de/7d2193a6aab49409c125801200355467/wgp-standpunkt\\_industrie\\_4-0.pdf](http://www.wzl.rwth-aachen.de/cms/www_content/de/7d2193a6aab49409c125801200355467/wgp-standpunkt_industrie_4-0.pdf).
- Belvedere, V., Grando, A. e Bielli, P. (2013), “A quantitative investigation of the role of Information and Communication Technologies in the implementation of a product-service system”, *International Journal of Production Research*, 51(2), pp. 410–426.
- Beyerer, J., Jasperneite, J. e Sauer, O. (2015), “Industrie 4.0”, *At-Automatisierungstechnik*, 63(10), pp. 751–752.
- Burnham, J. F. (2006), “Scopus database: A review”, *Biomedical Digital Libraries*, 3, pp. 1–9.
- Caraça, J., Lundvall, B. Å. e Mendonça, S. (2009), “The changing role of science in the innovation process: From Queen to Cinderella?”, *Technological Forecasting and Social Change*. Elsevier Inc., 76(6), pp. 861–867.
- Castellaci, F. *et al.* (2005) ‘Advances and Challenges in Innovation Studies’, *Journal of Economic Issues*, 39(1), pp. 91–121.

- Chabowski, B. R., Samiee, S. e Hult, G. T. M. (2013), “A bibliometric analysis of the global branding literature and a research agenda”, *Journal of International Business Studies*. Nature Publishing Group, 44(6), pp. 622–634.
- Dhar, U. R. (1989), “Flexible manufacturing systems: major breakthrough in manufacturing management”, *Engineering management international*. Elsevier Science Publishers B.V., 5(4), pp. 271–277.
- Dosi, G. e Galambos, L. (2013), *The Third Industrial Revolution in Global Business*, Nova Iorque, Cambridge University Press.
- Drath, R. e Horch, A. (2014), “Industrie 4.0: Hit or Hype?”, *IEEE Industrial Electronics Magazine*, pp. 56–58.
- European Commission (2013), “Factories of the Future PPP: Towards Competitive EU Manufacturing”, *European Commission*, pp. 1–2.
- Evans, P. C. e Annunziata, M. (2012), *Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines*, General Electric.
- Freeman, C. e Louçã, F. (2001) *As time goes by: From the Industrial Revolutions to the Information Revolution*, Oxford, Oxford Scholarship.
- Hermann, M., Pentek, T. e Otto, B. (2016), “Design principles for industrie 4.0 scenarios”, *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 3928–3937.
- Hirsch, J. E. (2005), “An index to quantify an individual's scientific research output”, *PNAS* 102(46), pp. 16569–16572.
- IAPMEI, Portugal 2020 e União Europeia (2017), “i4.0: Indústria 4.0: Sistemas de incentivos à economia digital”. Disponível em:  
<https://www.iapmei.pt/getattachment/Paginas/Industria-4-0/GuiaIndustria40.pdf.aspx>.
- IMAM Consultoria, (2015) "Indústria 4.0", Revista Logística. Disponível em:  
<https://www.imam.com.br/logistica/artigos/serie-tecnologia-da-informacao/2278-industry-4-0>.
- Ivanov, D. *et al.* (2016), “A dynamic model and an algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0”, *International Journal of Production Research*, 54(2), pp. 386–402.
- Kagermann, H. *et al.* (2013), *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*, Final report of the Industrie 4.0 Working Group, Frankfurt, National

Academy of Science and Engineering.

- Kang, H. S. *et al.* (2016), “Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions”, *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, 3(1), pp. 111–128.
- Khaitan, S. K. e McCalley, J. D. (2014), “Design Techniques and Applications of Cyberphysical Systems: A Survey”, *Systems Journal, IEEE*, PP(99), pp. 1–16.
- Koren, Y. e Shpitalni, M. (2010), “Design of reconfigurable manufacturing systems”, *Journal of Manufacturing Systems*, 29(4), pp. 130–141.
- Lasi, H. *et al.* (2014), “Industry 4.0”, *Business and Information Systems Engineering*, 6(4), pp. 239–242.
- Li, G., Hou, Y. e Wu, A. (2017), “Fourth Industrial Revolution: technological drivers, impacts and coping methods”, *Chinese Geographical Science*, 27(4), pp. 626–637.
- Liao, Y. *et al.* (2017), “Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal”, *International Journal of Production Research*, 55(12), pp. 3609–3629.
- Lima, S. H. e Leocádio, A. L. (2017) "Mapeando a Produção Científica Internacional Sobre Inovação Aberta", *Revista Brasileira de Gestão e Inovação*, 5(2), pp. 181–208.
- Lopes, S. *et al.* (2012), “A Bibliometria e a Avaliação da Produção Científica: indicadores e ferramentas”, *ACTAS - Congresso Nacional de Bibliotecários, Arquivistas e Documentalistas*, 11, pp. 1–7.
- Maynard, A. D. (2015), “Navigating the fourth industrial revolution”, *Nature Nanotechnology*, 10(12), pp. 1005–1006.
- Mokyr, J. (1998), “The Second Industrial Revolution, 1870-1914”, *Storiadell’economia Mondial*, Roma, Editori Laterza, pp. 1–16.
- Nayak, N. G., Duerr, F. e Rothermel, K. (2015), “Software-defined Environment for Reconfigurable Manufacturing Systems”, *Proceedings 2015 5Th International Conference on the Internet of Things (Iot)*, pp. 122–129.
- Oakleaf, M. (2009), “Writing information literacy assessment plans: A guide to best practice”, *Communications in Information Literacy*, 3(2), pp. 80–90.
- OCDE (2005) *Oslo Manual - Guidelines for collecting and interpreting innovation data*,



*OCDE and Eurostat.*

- Pfeiffer, S. (2017), “The Vision of “Industrie 4.0” in the Making—a Case of Future Told, Tamed, and Traded”, *NanoEthics*, 11(1), pp. 107–121.
- Rennung, F., Luminosu, C. T. e Draghici, A. (2016), “Service Provision in the Framework of Industry 4.0”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 221, pp. 372–377.
- Ridgway, K., Clegg, C. e Williams, D. (2013), “The Factory of the Future”, *The National Metals Technology Centre*, pp. 1–40.
- Rojko, A. (2017), “Industry 4.0 Concept: Background and Overview”, *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 11(5), pp. 77-90.
- Siemieniuch, C. E., Sinclair, M. A. e Henshaw, M. J. C. (2015), “Global drivers, sustainable manufacturing and systems ergonomics”, *Applied Ergonomics*, 51, pp. 104–119.
- Strozzi, F. *et al.* (2017), “Literature review on the 'smart factory' concept using bibliometric tools”, *International Journal of Production Research*, 55(22), pp. 1–20.
- Vaidya, S., Ambad, P. e Bhosle, S. (2018), “Industry 4.0 - A Glimpse”, *Procedia Manufacturing*, 20, pp. 233–238.
- van Eck, N. J. e Waltman, L. (2009) "How to Normalize Co-occurrence Data? An Analysis of Some Well-Known Similarity Measures", *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60(8), pp. 1635–1651.
- van Eck, N. J. e Waltman, L. (2010) "Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping", *Scientometrics*, 84(2), pp. 523–538.
- van Eck, N. J. e Waltman, L. (2013) "VOSviewer Manual", *Universiteit Leiden*, pp. 1–28.
- van Eck, N. J. e Waltman, L. (2014) "Visualizing Bibliometric Networks", *Measuring Scholarly Impact: Methods and practice*, pp. 285-320.
- Vieira, E. S. e Gomes, J. A. N. F. (2009), “A comparison of Scopus and Web of Science for a typical university”, *Scientometrics*, 81(2), pp. 587–600.
- Wang, S. *et al.* (2016), “Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook”, *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2016. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1155/2016/3159805>.
- Yang, K. e Meho, L. I. (2007), “Citation Analysis: A Comparison of Google Scholar, Scopus,

and Web of Science”, *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology*, 43(1), pp. 1–15.

Zawadzki, P. e Zywicki, K. (2016), “Smart product design and production control for effective mass customization in the industry 4.0 concept”, *Management and Production Engineering Review*, 7(3), pp. 105–112.

Zhan, Z. H. *et al.* (2015), “Cloud Computing Resource Scheduling and a Survey of Its Evolutionary Approaches”, *ACM Computing Surveys*, 47(4), pp. 1–33.

Zupic, I. e Čater, T. (2015), “Bibliometric Methods in Management and Organization”, *Organizational Research Methods*, 18(3), pp. 429–472.

## Anexos

## Anexo I: Processo de pesquisa e filtragem pormenorizados nas bases de dados Scopus e WoS.

	Scopus	Web of Science
Foi iniciada a pesquisa em ambas as bases de dados (pesquisa pelo título do artigo, resumo e palavras chave) com a chave de pesquisa resultado da combinação não exclusiva de “industry 4.0”, “4th industrial revolution”, “fourth industrial revolution” ou “industrie 4.0”	TITLE-ABS-KEY ( "industry 4.0" OR "4th industrial revolution" OR "fourth industrial revolution" OR "industrie 4.0" )	TÓPICO: ("industry 4.0") OR TÓPICO: ("4th industrial revolution") OR TÓPICO: ("fourth industrial revolution") OR TÓPICO: ("industrie 4.0")
	<b>3.069 DOCUMENTOS COMO RESULTADO</b>	<b>1.878 DOCUMENTOS COMO RESULTADO</b>
O espectro temporal foi limitado superiormente pelo ano 2017 (incluindo ainda os artigos pertencentes a este ano) com vista a por um lado albergar o maior número de publicações e por outro obter publicações de anos fechados.	TITLE-ABS-KEY ( "industry 4.0" OR "4th industrial revolution" OR "fourth industrial revolution" OR "industrie 4.0" ) AND ( EXCLUDE ( PUBYEAR , 2018 ) )	TÓPICO: ("industry 4.0") OR TÓPICO: ("4th industrial revolution") OR TÓPICO: ("fourth industrial revolution") OR TÓPICO: ("industrie 4.0") Refinado por: [excluindo] ANOS DE PUBLICAÇÃO: ( 2018 )
	<b>2.437 DOCUMENTOS COMO RESULTADO</b>	<b>1.646 DOCUMENTOS COMO RESULTADO</b>
Foi nesta fase tomada a opção por artigos publicados em inglês permitindo assim um seguro e cuidado acesso ao seu conteúdo .	TITLE-ABS-KEY ( "industry 4.0" OR "4th industrial revolution" OR "fourth industrial revolution" OR "industrie 4.0" ) AND ( EXCLUDE ( PUBYEAR , 2018 ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) )	TÓPICO: ("industry 4.0") OR TÓPICO: ("4th industrial revolution") OR TÓPICO: ("fourth industrial revolution") OR TÓPICO: ("industrie 4.0") Refinado por: [excluindo] ANOS DE PUBLICAÇÃO: ( 2018 ) AND IDIOMAS: ( ENGLISH )
	<b>2.144 DOCUMENTOS COMO RESULTADO</b>	<b>1.511 DOCUMENTOS COMO RESULTADO</b>
Quanto ao tipo de documento pretendido para a nossa análise estes deverão ser artigos pelo foi incluído esse filtro.	TITLE-ABS-KEY ( "industry 4.0" OR "4th industrial revolution" OR "fourth industrial revolution" OR "industrie 4.0" ) AND ( EXCLUDE ( PUBYEAR , 2018 ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "re" ) )	TÓPICO: ("industry 4.0") OR TÓPICO: ("4th industrial") OR TÓPICO: ("fourth industrial revolution") OR TÓPICO: ("industrie 4.0") Refinado por: [excluindo] ANOS DE PUBLICAÇÃO: ( 2018 ) AND IDIOMAS: ( ENGLISH ) AND TIPOS DE DOCUMENTO: ( ARTICLE OR REVIEW )
	<b>735 DOCUMENTOS COMO RESULTADO</b>	<b>363 DOCUMENTOS COMO RESULTADO</b>

<p>Por fim a base de dados foi filtrada de modo a ser constituída apenas por artigos que dizem respeito apenas às áreas economias, sociais e humanas</p>	<p>TITLE-ABS-KEY ( "industry 4.0" OR "4th industrial revolution" OR "fourth industrial revolution" OR "industrie 4.0" ) AND ( EXCLUDE ( PUBYEAR , 2018 ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "re" ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) ) AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , "BUSI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "SOCI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ECON" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ARTS" ) )</p>	<p>TÓPICO: ("industry 4.0") OR TÓPICO: ("4th industrial revolution") OR TÓPICO: ("fourth industrial revolution") OR TÓPICO: ("industrie 4.0")                  Refinado por: [excluindo] ANOS DE PUBLICAÇÃO: ( 2018 ) AND IDIOMAS: ( ENGLISH ) AND TIPOS DE DOCUMENTO: ( ARTICLE OR REVIEW ) AND ÁREAS DE PESQUISA: ( GEOGRAPHY OR OPERATIONS RESEARCH MANAGEMENT SCIENCE OR ART OR ARTS HUMANITIES OTHER TOPICS OR PSYCHOLOGY OR BUSINESS ECONOMICS OR INTERNATIONAL RELATIONS OR SOCIAL SCIENCES OTHER TOPICS OR SOCIOLOGY OR URBAN STUDIES )</p>
	<p><b>158 DOCUMENTOS COMO RESULTADO FINAL</b></p>	<p><b>69 DOCUMENTOS COMO RESULTADO FINAL</b></p>

Última atualização a 14/06/2018 14:45

Anexo II: Resultado detalhado das palavra-chave extraídas dos 189 artigos.

Palavra(s)-chave	Frequência	Porcentagem <sup>56</sup>
“Industry 4.0”	74	39,15%
“Internet of Things-(IoT)”	16	8,47%
“Fourth Industrial Revolution” ; “Cyber Physical Systems-(CPS)”	15	7,94%
“Industrie 4.0”	10	5,29%
“Innovation”	9	4,76%
“Sustainability”	7	3,70%
“Automation” ; “Digitalization” ; “SME”	6	3,17%
“Big Data” ; “Smart Factory”	5	2,65%
“Agile manufacturing” ; “Business model” ; “Industrial revolution” ; “multiple case study” ; “Robotics”	4	2,12%
“Business model innovation” ; “Cluster” ; “Design” ; “Expert interviews” ; “Higher education” ; “Industrial Internet of Things” ; “Labor market” ; “Management” ; “Manufacturing companies” ; “Skills” ; “Smart manufacturing” ; “Supply chain management” ; “virtual reality (VR)”	3	1,59%
“4th industrial revolution” ; “Artificial intelligence” ; “Augmented reality (AR)” ; “Big Data analytics” ; “Business transformation” ; “Case study” ; “Climate change” ; “Cloud Computing” ; “Competitiveness” ; “Digital transformation” ; “Digitization” ; “Economic growth” ; “Engineering” ; “Entrepreneurial university” ; “Flexible flow shop” ; “Food” ; “Future of work” ; “Globalization” ; “Handling solutions” ; “Human Factor” ; “India” ; “Industria 4.0” ; “Industrial internet” ; “Industrialization” ; “Inequality” ; “Internet” ; “Knowledge” ; “Labour market” ; “Lean manufacturing” ; “Logistics 4.0” ; “Manufacturing” ; “Manufacturing systems” ; “Neoliberalism” ; “Open innovation” ; “Poverty” ; “Proactive maintenance” ; “Qualitative research” ; “Regional economy” ; “Small and medium sized enterprise” ; “Smart maintenance” ; “Start-ups” ; “Strategy” ; “Supply chain” ; “Sustainable manufacturing” ; “Systematic literature review” ; “Technical change” ; “Technical Diagnostics” ; “Technological change”	2	1,06%
““status-certainty-autonomy-relatedness-fairness” model” ; “2007 crisis” ; “Absorptive capacity” ; “Accounting in e-business” ; “Adaptive manufacturing” ; “Added value” ; “Additive manufacturing” ; “Additive manufacturing technologies” ; “Advanced interaction” ; “Advanced Manufacturing” ; “Advanced technologies” ; “Agents” ; “Agile” ; “Agile Project management” ; “Agile software development” ; “Agile transformation” ; “Agriculture” ; “Alienation” ; “Alternative machines” ; “Ant colony optimisation” ; “Anticipation” ; “Apparel and footwear” ; “Assembly” ; “Assembly work” ; “Assistive Technologies” ; “Automated modelling” ; “Automated production” ; “Automatization” ; “Automotive industry” ; “Autonomic Computing” ; “Autonomous control” ; “Balance of power” ; “Beginning of life” ; “Big Data architecture” ; “Bill of materials” ; “Biopolitics” ; “Blockchains” ; “Born global” ; “Bosch” ; “Business concept” ; “Business information” ; “Business intelligence” ;	1	0,53%

<sup>56</sup> Relativa à totalidade dos artigos referentes à primeira “base em bruto” (189).

“Business model development”; “Business value of it”; “Capabilities”; “Capacity flexibility”; “Capitalism”; “Career planning”; “Citation network”; “Cloud manufacturing”; “Cloud technology”; “CLPLM”; “Commercial”; “Communication”; “Communication technologies”; “Competition”; “Computer simulation”; “Computer-aided design (CAD)”; “Conflict management”; “Consumer society”; “Context-aware”; “Control package”; “Co-production”; “Cosimir software”; “Costumer behaviour”; “Co-word network”; “Creative cluster”; “Creative industries”; “Creative problem solving ability”; “Criminal offences”; “Cross-strait sustainability development”; “Customized goods”; “Cyber-Physical Production Systems”; “Cyber-physical technologies”; “Czech Republic”; “Data”; “Data mining”; “Data scientist”; “Decentralised production control”; “Decentralized autonomous organizations”; “Decisional DNA”; “Delphi”; “Demand for skills”; “Demand forecast”; “Denmark”; “Descriptive Geometry”; “Design Driven”; “Design impact”; “Design measuring”; “Design Practice”; “Design value”; “Design-driven business model”; “Design-driven innovation”; “Development drivers”; “Development of skills and qualifications”; “Diamond model”; “Digital economy”; “Digital factory”; “Digital production”; “Digital revolution”; “Digital Twin”; “Digitalised manufacturing”; “Digitization of work”; “Disruptive innovation”; “Distributed manufacturing”; “Distributed manufacturing system”; “Diversification strategy”; “Due date based measure”; “E-commerce”; “Economic and functional state”; “Economic and social development”; “Economic crisis”; “Economic development”; “Economic factors”; “Economic power”; “Economical safety”; “Economy”; “Ecosystematic approach”; “Education”; “Education process”; “Educational robot (IRobi Q)”; “Efficiency”; “EGCG”; “E-governance”; “Electric energy market”; “Emergency”; “Employee awareness”; “Energy security”; “Engineering geometry and computer graphics”; “Environmental pollution”; “Environmental regulation”; “Environmental stewardship”; “Environmental sustainability”; “E-Residency”; “Ergonomics”; “ERP. CRM”; “E-Services”; “European Union”; “Event-driven architecture”; “Exceptions”; “Expatriates”; “Exploitation”; “Export”; “External search”; “Factories of the future”; “Factory floor”; “Factory of the future”; “Failure Mode and Effects Analysis”; “Family business”; “Fashion management”; “Fast fashion supply chain”; “Feature-based control”; “Feature-level capability model”; “Festival”; “Festival management”; “Field test”; “Firm performance”; “Firm strategy”; “Firm-level adjustments”; “Flexibility measures”; “Flexibility types”; “Flow line”; “Forces of production”; “Fractals”; “Future”; “Future concept MES 4.0”; “Future factories”; “Fuzzy inference”; “Gender”; “Geopolitics”; “German”; “German industry sectors”; “Global challenges”; “Global impacts”; “Global market”; “Global value chains”; “Goal-modeling”; “Government policies”; “Government support”; “Growth”; “Heuristics”; “Higher education models”; “Hightech”; “History of work”; “HRM for e-commerce”; “HTCPN”; “Human capital”; “Human resource management”; “Human-centred production”; “Human-computer interaction”; “Human-machine interaction”; “Human-Machine Interface”; “Human-robot interaction”; “HUMANT algorithm”; “Hybrid services”; “I38”; “Impact of Technology”; “Implementation barriers”; “Inbound logistics”; “Indicators of university entrepreneurial activities”; “Indices of dynamics of economic figures”; “Industrial case study”; “Industrial economics”; “Industrial enterprise”; “Industrial networks”; “Industrial policy”; “Industrial production development”; “Industrial work”; “Industry revitalization”; “Information and communication technology”; “Information flow”; “Information management”; “Information technology”; “Inline measurement and control”; “Innovation policy”; “Innovation strategy”; “Innovation-oriented development”; “Innovation-oriented engineering enterprise”; “Innovations”; “Innovative cluster”; “Integrated industry”; “Integrated production”; “Intelligent manufacturing”; “Intelligent operation planning”; “Interaction Design”; “International division of labour”; “Internet laboratories”; “Interoperability”; “Inter-organizational trust”; “Investment in machine tools”; “IPSS”; “IT security”; “Italy”; “Job requirements”; “Key performance indicator”; “Knowledge economy”; “Knowledge society”; “Knowledge-based economy”; “Knowledge society”; “Knowledge-based economy”; “Knowledge-based systems”; “Knowledge-based view of the firm”; “Korean Christianity”; “KPI”; “Labor division”; “Labor force”; “Labor force mobility”; “Laboring capacity”; “Labour”; “Labour Law”; “Latvia”; “Leadership”; “Lean

---

automation”; “Lean production”; “Learning factories”; “Least square method”; “Lecturers”; “Libraries”; “Lifelong learning”; “Line balancing”; “Line configuration”; “Load flexibility”; “Local manufacturing”; “Logistics”; “Machine2machine”; “Maintenance”; “Management control systems”; “Management controls”; “Manufacturing control”; “Manufacturing Devices”; “Manufacturing execution system”; “Manufacturing Execution System (MES)”; “Manufacturing firms”; “Manufacturing industries”; “Manufacturing information systems”; “Manufacturing operations management”; “Mass customization”; “Maturity model”; “Measurement”; “Mediation”; “MES”; “Middle class”; “Middle East”; “Middle of life”; “Mini-factories”; “Missions”; “Mobile programming and cybersecurity”; “Modular factory”; “MOM”; “Moral obsolescence”; “Morphological analysis”; “Morphology”; “Multi-criteria decision-making”; “Museums”; “Needs”; “Network organization”; “Networked production”; “New business model”; “New jobs”; “New production revolution”; “New skills”; “New technology”; “O13”; “O14”; “O33”; “O35”; “O38”; “O53”; “Object-oriented Development”; “Operational technology”; “Operations”; “Optimal programme control”; “Organisational structures”; “Organization”; “Outbound logistics”; “Papermaking”; “Paradigm of economic development”; “Participation”; “Personalisation”; “Physical obsolescence”; “Planned Obsolescence”; “Platform economy”; “PLM”; “Precarity”; “Precarious employment”; “Prefabricated components in reinforced”; “Printing”; “Process”; “Process analytics”; “Process control”; “Process innovation”; “Process intelligence”; “Process manufacturing concept”; “Process management”; “Process querying”; “Process science”; “Product lifecycle”; “Product lifecycle management”; “Product robustness”; “Product service systems”; “Product state”; “Production”; “Production automation”; “Production in network”; “Production planning and control”; “Production technique”; “Products and services”; “Project management”; “Protection concepts”; “PSS”; “Q15”; “Q18”; “Q55”; “Qualitative study”; “Quality”; “Quality expert”; “Quality management”; “Quality occupations”; “Quantitative research”; “Questionnaire survey”; “Real-time modelling”; “Redundancy”; “Regional policy”; “Reindustrialization”; “Research agenda”; “Research center”; “Research work”; “Return of the nation states/state entities”; “RFID”; “Risks”; “R-learning”; “Robot teaching”; “Robots”; “Robust information flow”; “Role bundle model”; “Russian economy”; “Safety nets”; “SAP”; “Scenario planning”; “Scheduling”; “Scrum”; “Self-organization”; “Semantics”; “Sensors”; “Service orientation”; “Service-oriented manufacturing systems”; “Servitisation”; “Set of experience knowledge structure”; “Sharing economy”; “Simulation and modelling”; “Small countries”; “Smart company”; “Smart contract”; “Smart process manufacturing”; “Smart product”; “Social agency”; “Social implications”; “Social networks”; “Social structure”; “Socio-technical design”; “Socio-technical systems”; “Sorting robot”; “South Korea”; “Spare parts management”; “Start-up ecosystem”; “STEAM”; “Structure dynamics”; “Supply chain scheduling”; “Survey”; “Supply Chains”; “Sustainability of operation system”; “Sustainable practice”; “SWOT-analysis”; “Systems ergonomics”; “Tacit knowledge”; “Teaching and learning”; “Technical and Economic Parameters”; “Techno-economic paradigm”; “Technological drivers”; “Technological Innovation”; “Technological mode”; “Technological redundancy”; “Technological revolution”; “Technology”; “Technology changes”; “Technology convergence”; “Technology transfer”; “Telecommunications industry”; “Temperature”; “Temporary employment”; “Tendencies”; “Text analytics”; “The Matthew effect”; “Time and cost modelling”; “Tomorrow’s organizations”; “Trade union”; “Training systems”; “Transparency”; “Trends”; “Triple Bottom Line”; “Triple helix”; “University business cooperation”; “University-industry collaboration”; “Upgrading of production base”; “Usage phase”; “Value”; “Value chain”; “Value creation”; “Variation compensation”; “Virtual engineering object”; “Virtual engineering process”; “Virtual enterprise”; “Virtual organisations”; “Virtual prototyping”; “Visioneering”; “Welfare state”; “Work”; “Work 4.0”; “Worker interests”; “World society”; “Young children”

---

Anexo III: Fonte dos artigos pertencentes à amostra apresentados por ordem decrescente quanto à frequência de contribuição para a mesma.

<b>Fonte(s)</b>	<b>Número de Documentos por Fonte</b>	<b>Porcentagem de contribuição por fonte</b>
ZWF Zeitschrift Fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb	32	22,07%
Productivity Management	7	4,83%
International Journal Of Production Research; Plant Engineer	5	3,45%
Industrial Management And Data Systems; Journal Of Industrial Engineering And Management; Journal Of Security And Sustainability Issues	3	2,07%
Deutsche Lebensmittel Rundschau; Economic Annals Xxi; Espacios; International Journal Of Precision Engineering And Manufacturing Green Technology; International Journal Of Supply Chain Management; Journal Of Advanced Research In Law And Economics; Journal Of Applied Economic Sciences; Journal Of Applied Engineering Science; Management And Production Engineering Review; Management Revue; New Technology Work And Employment; Problems And Perspectives In Management; Sustainability Switzerland; TEM Journal	2	1,38%
Academy Of Strategic Management Journal; Advances In Production Engineering And Management; Agricultural Economics United Kingdom; Applied Ergonomics; Architectural Design; Built Environment; Business Information Review; China Business Review; Chinese Geographical Science; Contemporary Engineering Sciences; Decision Support Systems; Deturope; Economic Computation And Economic Cybernetics Studies And Research; European Planning Studies; Foresight And Sti Governance; Foundations Of	1	0,69%



Management; Global Journal Of Flexible Systems Management; IEEE Transactions On Human Machine Systems; International Journal Of Agile Systems And Management; International Journal Of Economics And Financial Issues; International Journal Of Industrial Engineering And Management; International Journal Of Information Management; International Journal Of Innovation Management; International Journal Of Production Economics; International Journal Of Quality And Service Sciences; International Journal Of Technology Management; International Paperworld IPW; Iride; Journal For Labour Market Research; Journal Of Business Economics; Journal Of Cognitive Science; Journal Of Print And Media Technology Research; Journal Of Technology Management And Innovation; Jusletter IT; Library Hi Tech News; Logistics Journal; MIS Quarterly Management Information Systems; Measurement Journal Of The International Measurement Confederation; Multinational Business Review; Nanoethics; Organizacija; Pacific Accounting Review; Plant Engineering; Polish Journal Of Management Studies; Production Planning And Control; Sage Open; Service Oriented Computing And Applications; Sotsiologicheskoe Obozrenie; Strategic Direction; Tamkang Journal Of International Affairs; Techne; Technovation; Textile Month; Total Quality Management And Business Excellence; Wire Journal International; Wseas Transactions On Business And Economics

---

Anexo IV: Documentos por ano e por Revista (Top 7).

Revista	Ano					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
ZWF Zeitschrift Fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb			1	6	20	5
Productivity Management	1	2	4			
International Journal Of Production Research					1	4
Plant Engineer					2	3
Industrial Management And Data Systems						3
Journal Of Industrial Engineering And Management				1	2	
Journal Of Security And Sustainability Issues				3		

## Anexo V: Descrição dos autores considerados relevantes

Nome do Autor	Filiação	Área de Estudos (Scopus)	Número de documentos (artigos) na Scopus	Índice h na Scopus	Número de Citações <sup>57</sup> (Scopus)
Reinhart, Gunther <sup>58</sup>	Technical University of Munich, Munich, Germany	Engenharia; Ciência da Computação; Negócios, Gestão e Contabilidade; Ciência da Decisão; Matemática; Ciência dos Materiais; Física e Astronomia; Energia; Engenharia Química; Ciências Sociais; Bioquímica, Genética e Biologia Molecular; Química	399 (238)	19	1487
Sanders, Adam <sup>59</sup>	Helmut Schmidt University - University of the Federal Armed Forces Hamburg, Institute of Production Engineering, Hamburg, Germany	Engenharia; Ciência da Decisão; Negócios, Gestão e Contabilidade; Ciência dos Materiais; Física e Astronomia; Ciências Ambientais; Artes e Humanidades	7 (3)	2	17
Wulfsberg, Jens Peter <sup>60</sup>	Helmut Schmidt University - University of the Federal Armed Forces Hamburg, Institute of Production Engineering, Hamburg, Germany	Engenharia; Ciência de Materiais; Negócios, Gestão e Contabilidade; Ciência da Decisão; Física e Astronomia; Ciências Ambientais; Ciência da Computação; Ciências Sociais; Medicina	122 (47)	9	267
Arnold, C.	Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-	Negócios, Gestão e Contabilidade; Engenharia	7 (4)	3	12

<sup>57</sup> Cada documento apenas contribui com uma citação (independentemente do número de vezes que o cita na sua extensão)

<sup>58</sup><https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7101858932&origin=resultsAnalyzer&zone=authorName>

<sup>59</sup><https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56239980200&origin=resultsAnalyzer&zone=authorName>

<sup>60</sup><https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6507805051&origin=resultsAnalyzer&zone=authorName>

Génesis e dinâmica atual do Conceito “Indústria 4.0”: Uma Análise Bibliométrica

	Nürnberg, Erlangen, Germany				
Balashova, E. S.	Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation	Negócios, Gestão e Contabilidade; Ciência da Decisão; Economia, Econometria e Finanças; Ciências da Computação; Matemática; Engenharia	14 (8)	3	29
Binner, H. F.	Prof. Binner Akademie, Hannover, Germany	Engenharia; Negócios, Gestão e Contabilidade; Ciência da Decisão; Ciência da Computação; Agricultura e Ciências Biológicas	31 (27)	1	5
Braunreuther, S.	Fraunhofer Research Institution for Casting, Composite and Processing Technology IGCV, Fraunhofer IGCV, Augsburg, Germany	Engenharia; Negócios, Gestão e Contabilidade; Ciências da Decisão; Física e Astronomia; Ciências da Computação; Ciência dos Materiais	39 (17)	4	43
Dallasega, P.	Free University of Bozen-Bolzano, Bolzano, Italy	Engenharia; Negócio, Gestão e Contabilidade; Ciência da Decisão; Ciências da Computação; Ciências Ambientais; Energia; Ciências Sociais; Engenharia Química; Multidisciplinar	30(10)	8	94
Daneshjo, N.	University of Economics in Bratislava, Faculty of Business Economics with seat in Kosice, Kosice, Slovakia	Engenharia; Ciências da Computação; Negócio, Gestão e Contabilidade; Ciências Sociais; Ciência da Decisão; Economia, Econometria e Finanças	26 (13)	4	22
Danishjoo, E.	Thk rhythm automotive GMBH, Dusseldorf, Germany	Engenharia; Ciências Computacionais; Negócio, Gestão e Contabilidade; Ciências Computacionais; Ciência da Decisão	7(7)	1	3
Gromova, E. A.	Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation	Negócio, Gestão e Contabilidade; Ciência da Decisão; Economia, Econometria e Finanças; Engenharia; Química; Ciência dos Materiais	11 (8)	1	15

Génes e dinâmica atual do Conceito “Indústria 4.0”: Uma Análise Bibliométrica

Herkommer, O.	Hochschule Neu-Ulm, ulm, Germany	Engenharia; Ciência da Decisão; Negócio, Gestão e Contabilidade; Ciências da Computação	7 (5)	2	5
Kiel, D.	Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Department of Industrial Engineering, Erlangen, Germany	Negócio, Gestão e Contabilidade; Engenharia; Ciências Sociais; Energia; Ciências Ambientais	7 (4)	3	14
Klöber-Koch, J.	Fraunhofer Research Institution for Casting, Composite and Processing Technology IGCV, Augsburg, Germany	Engenharia; Ciência das Decisões; Negócio, Gestão e Contabilidade; Ciências da Computação	5 (4)	-	-
Metternich, J.	Technische Universität Darmstadt, Darmstadt, Germany	Engenharia; Negócio, Gestão e Contabilidade; Ciência da Decisão; Ciências Computacionais; Economia, Econometria e Finanças; Ciências Sociais	62 (40)	6	138
Majerník, M.	University of Economics in Bratislava, Faculty of Business Economics with seat in Kosice, Kosice, Slovakia	Engenharia; Negócio, Gestão e Contabilidade; Ciências da Computação; Ciências Planetárias; Ciências Sociais; Economia, Econometria e Finanças; Ciência da Decisão; Ciência Ambiental	31 (12)	4	23
Prause, G.	Tallinn University of Technology, Department of Business Administration, Tallinn, Estonia	Ciências Sociais; Energia; Ciências Computacionais; Negócio, Gestão e Contabilidade; Engenharia; Economia, Econometria e Finanças; Ciências Ambientais; artes e Humanidades	16 (14)	6	50
Rauch, E.	Free University of Bozen-Bolzano, Faculty of Science and Technology, Bolzano, Italy	Engenharia; Negócio, Gestão e Contabilidade; Ciência da Decisão; Ciências Computacionais; Ciências Ambientais; Ciência dos Maaeteriais; Medicina; Energia; Ciências Sociais; Engenharia Química; Química; Economia, Econometria e Finanças; Agricultura e Ciências Biológicas;	49 (26)	9	158

Bioquímica, Genética e Biologia Molecular; Multidisciplinar					
Venables, M.	Institution of Engineering and Technology, London, United Kingdom	Engenharia; Negócio, Gestão e Contabilidade; Energia; Ciências da Computação	241 (108)	4	73
Voigt, K. I.	Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, School of Business and Economics, Erlangen, Germany	Negócio, Gestão e Contabilidade; Engenharia; Ciências Computacionais; Ciências Sociais; Economia, Econometria e Finanças; Ciências Ambientais; Psicologia; Ciência da Decisão; Energia; Matemática; Artes e Humanidades	51 (23)	6	329
Zeeb, H.	Redaktions- und PR-Büros, Berlin, Germany	Engenharia; Ciência da Decisão; Negócio, Gestão e Contabilidade	4 (2)	-	-

Anexo VI: Distribuição geográfica, por país, da literatura na amostra.

<b>País(es)</b>	<b>Número de filiação de autores por país</b>	<b>Percentagem de contribuição por país</b>
Alemanha	62	38,51%
Rússia	10	6,21%
China; Reino Unido	7	4,35%
Itália; Eslováquia; Coreia do Sul	6	3,73%
Estónia; Polónia; Suécia	4	2,48%
República Checa; Sérvia; Eslovénia; Suíça; Estados unidos	3	1,86%
Canadá; Croácia; Dinamarca; França; Hungria; Índia; Singapura; Espanha; Ucrânia	2	1,24%
Austrália; Áustria; Bélgica; Brasil; Malásia; Países Baixos; Noruega; Portugal; Roménia; África do Sul; Sri Lanka; Taiwan	1	0,62%