



A RELAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 E O TRIPLE BOTTOM LINE: ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Aleksander da Conceição Silva
aleksander.silva78@gmail.com
UNINOVE

José Manuel Ferreira Correia
josemcorreia2011@gmail.com
UNINOVE

Geraldo Cardoso de Oliveira Neto
geraldo.prod@gmail.com
UNINOVE

Resumo:No início do século XXI, temos a quarta revolução industrial, mais conhecida como a indústria 4.0, inserindo novas tecnologias para revolucionar o mercado industrial. Esse artigo pretende contribuir para responder à questão: Quais bases do Triple Bottom Line - TBL, as produções científicas estão apresentando maior relevância no uso das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0? O objetivo foi identificar as produções científicas, que estão alinhadas com o tema e contribuir com dados sobre o foco dado pelos pesquisadores no direcionamento dos artigos, no âmbito social, econômico e ambiental na utilização das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0. A metodologia de análise bibliométrica foi desenvolvida por meio do uso da plataforma Web Of Science. Como resultado de pesquisa, a variável ambiental apresentou maior relevância com 44,3%, enquanto a variável social possui menor relevância com 20,3%. Portanto a pesquisa indica que existe a relação do TBL e a indústria 4.0 nas publicações de artigos científicos e constatou que os pesquisadores estão relacionando suas pesquisas sobre indústria 4.0, primeiramente focadas no pilar ambiental, seguida por econômico e com pouco direcionamento no pilar social do TBL.

Palavras Chave: Indústria 4.0 - Triple Bottom Line - Revisão Bibliométrica - -

1. INTRODUÇÃO

No decorrer da história, a humanidade tem se deparado com inúmeras revoluções que influenciaram de forma permanente a construção do mundo atual. Basicamente, essas revoluções tornaram-se frutos das inserções de novas tecnologias e das maneiras distintas de compreender o mundo, fatos que desencadearam grandes alterações nas estruturas sociais e nos sistemas econômicos (SCHWAB, 2016). Para Weber (2016), a Indústria 4.0 é uma transformação no âmbito industrial, que é a maior entre todas, desde a terceira revolução industrial, que é denominada de a quarta revolução industrial. Desde seu início, em 2011, o tema tem recebido substancial atenção de governantes, empresários, universidades e pesquisadores. Está aberto o caminho para um novo campo de pesquisa, com múltiplas facetas e possibilidades, que tem sido abordado de modo interdisciplinar pelas mais diversas áreas da ciência, tal como engenharia, administração e computação. Com o crescente avanço da manufatura industrial, a competição entre as empresas está crescendo e ficando mais acirrada, superando fronteiras, incentivando novas pesquisas e encorajando o desenvolvimento de tecnologias que buscam otimizar processos produtivos, implantando estratégias que proporcionam maior confiabilidade (PIANA & ERDMANN, 2011).

Contudo, além dos desafios existentes na Indústria 4.0 com as novas tecnologias, as empresas mostraram-se preocupadas em se tornarem mais competitivas, buscando melhorar o sistema produtivo com melhorias no processo, e se tornarem cada vez mais sustentáveis (STOCK; SELIGER, 2016). Para Nascimento e Muniz Junior (2018), existem muitos desafios para implementar uma fábrica com as características da integração da Indústria 4.0, sobretudo, para superar as restrições relativas à segurança do processo (flexibilidade ao invés de sistemas rígidos), segurança de dados, padrões para troca de informações entre máquinas e fabricantes, além de recursos humanos qualificados e viabilidade econômica.

Alguns pontos podem ser explorados nessa interação, como a segurança nos processos, a eficiência no consumo de recursos, o desenvolvimento de processos mais flexíveis e inteligentes, assim gerando impactos no tripé da sustentabilidade (no inglês, *Triple Bottom Line* - TBL), o qual envolve além das questões ambientais, o equilíbrio econômico e social (LUTHRA & MANGLA, 2018).

Para Stock e Seliger (2016), destacam entre os benefícios da Indústria 4.0, o crescimento da competitividade entre os sistemas produtivos das empresas, o que faz com que a busca em desenvolver os melhores processos digitais entre elas se torne uma prática cada vez mais comum no cenário mercadológico.

O desenvolvimento de estudos bibliométricos, no qual são realizados em meio científico, auxiliam na compreensão de tecnologias e suas aplicações diante a Indústria 4.0. De acordo com Guedes e Borschiver (2005), a realização de estudos bibliométricos contribui diretamente para o agrupamento de informações relevantes sobre determinado tema, proporcionando maior entendimento diante de suas aplicações no meio científico. A partir desse contexto, o objetivo do presente estudo, foi identificar e analisar as principais publicações na literatura, referente ao tema da Indústria 4.0 e analisar sua relação com o TBL.

Os objetivos específicos foram, o levantamento das principais publicações referente a Indústria 4.0 e o TBL, por meio do uso da plataforma *Web Of Science*, e analisar os resumos dos principais artigos, visando identificar as produções científicas, que estão alinhadas com o tema e contribuir com o grau de importância dado pelos pesquisadores âmbito social, econômico e ambiental no uso das tecnologias habilitadores da Indústria 4.0

Diante da relevância desse tema da relação da Indústria 4.0 com os pilares do TBL, esse estudo pretende contribuir para responder a seguinte questão: Quais bases do TBL, as

produções científicas estão apresentando maior relevância, no uso das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0?

Após esta primeira seção introdutória, a seção 2 deste trabalho aborda os conceitos da Indústria 4.0 incluindo suas tecnologias habilitadoras e os pilares do tripé da sustentabilidade, na seção 3 é apresentada a metodologia de pesquisa realizada, enquanto na seção 4 é apresentado os resultados encontrados na pesquisa, e a análise bibliográfica, e por fim, na seção 5, conclui-se a pesquisa apontando os resultados e oportunidades de pesquisa.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Segundo Schwab (2016), os impulsionadores tecnológicos da Indústria 4.0 são classificados em três categorias: física, digital e biológica, sendo que todas são inter-relacionadas. Na categoria física estão os veículos autônomos, a manufatura aditiva (impressão em 3D), a robótica avançada e os novos materiais (mais leves, fortes, recicláveis e adaptáveis). A categoria digital compreende a internet das coisas e os sensores, e a biológica refere-se ao sequenciamento genético e à biologia sintética.

Assim como nas revoluções anteriores, a Indústria 4.0 implicará em transformações profundas no âmbito econômico, ambiental e social. Dentre os impactos previstos, destacam-se as mudanças nos processos de produção e distribuição de bens e serviços, o desenvolvimento de novos padrões de consumo e necessidades de clientes, a manifestação de novos modelos de negócio, o incremento da pesquisa e desenvolvimento em tecnologias da informação e comunicação (TIC), bem como transformações no mercado de trabalho (TADEU, 2016; SIMON, 2016; AMORIM, 2017).

A Indústria 4.0 possui pilares que suportam seus conceitos e tecnologias e Segundo Sacomano *et al.* (2018), a Indústria 4.0 pode ser classificada em elementos fundamentais, estruturantes e complementares.

2.1. PRINCIPAIS PILARES DA INDÚSTRIA 4.0

Para Sacomano *et al.* (2018), a Indústria 4.0 está fortemente focada na melhoria contínua em termos de eficiência, segurança, produtividade das operações e especialmente no retorno do investimento, ela pode ser classificada em três elementos:

- 1) **Elementos base ou fundamentais:** Representa a base da tecnologia, no qual o conceito está plenamente inserido;
- 2) **Elementos estruturantes:** São as tecnologias e/ou conceitos que serve como espinha dorsal, que deve estar inserido em uma indústria, se ela quiser ser considerada uma indústria nos conceitos 4.0;
- 3) **Elementos complementares:** São elementos que ampliam as possibilidades da Indústria 4.0, mas não tornam uma 4.0 as outras aplicações dentro de uma indústria.

2.2. ELEMENTOS FUNDAMENTAIS

Para Sacomano *et al.* (2018), são considerados elementos fundamentais para a Indústria 4.0: o Sistema Ciber físico (CPS); internet das coisas (IOT) ou de serviços (IOS).

2.3. SISTEMAS CIBER-FÍSICOS

Os sistemas ciber-físicos, do inglês *Cyber-Physical System* (CPS), são a integração entre os mundos virtual e físico. Com a ajuda de sensores e atuadores, os softwares são integrados à todas as partes do processo, permitindo uma rápida troca de informações, alta flexibilidade de processos e controle preciso do processo produtivo. Os CPS aumentam a funcionalidade dos processos da fábrica, permitindo operações muito mais seguras e eficientes, eles promovem esta dinâmica de conexão entre o mundo virtual e o físico e, se usados corretamente, podem ser a chave para resolver problemas de ordem global, como interpretação de mudanças climáticas, problemas relativos às áreas de segurança, saúde, gestão de megacidades, entre outros. Este desenvolvimento é reforçado pelo rápido avanço da tecnologia de redes globais, como a internet, e o fácil acesso a informações via nuvem de dados (HELLINGER & SEEGER, 2011).

2.4. INTERNET DAS COISAS (IOT)

Conforme Sacomano *et al.* (2018), a IOT é a interação do emissor/receptor (coisas), que utilizam da internet como um canal de comunicação, diferente da internet convencional onde o agente emissor e receptor são os seres humanos.

A Internet das Coisas, do inglês *Internet of Things* (IOT), pode ser vista como uma infraestrutura global de informações, a qual permite novos serviços interconectando “coisas” físicas e digitais (ITU-T, 2012). As informações são geradas, coletadas, processadas e distribuídas a qualquer momento e em qualquer lugar, realizando comunicações entre pessoas, entre pessoas e “coisas” e somente entre “coisas”.

Por meio da *Internet of service* -IOS, novos serviços são disponibilizados via internet, assim uma geração de serviços está atrelada à internet, com princípio que a IOT é a comunicação online entre máquina e máquina ou humana e máquina, o sistema de serviço utiliza dessa inteligência para agregar valor ao usuário final e satisfação do cliente.,

2.5. ELEMENTOS ESTRUTURANTES

Segundo Sacomano *et al.* (2018), os elementos estruturantes podem ter várias aplicações, porém nem todos são necessários, mas em um modelo de Indústria 4.0, alguns deles devem estar presentes, tal como, automação, comunicação máquina à máquina ou (M2M), Inteligência artificial (IA), *Big data*, comunicação em nuvem, integração de sistemas e Segurança Cibernética.

2.5.1. AUTOMAÇÃO

A automação ela pode ser definida, como sendo a realização de tarefas sem intervenção humana, por meio de equipamentos e dispositivos que funcionam sozinhos e possuem a capacidade de corrigir, as ocorrências de desvios dos parâmetros estabelecidos das operações, podendo essas correções serem feitas por meio de dispositivos concebidos para tal, dentro de suas características construtivas, sem a utilização de computadores (PESSOA & SPINOLA, 2014).

2.5.2. COMUNICAÇÃO MÁQUINA À MÁQUINA (M2M)

O conceito de máquina-a-máquina (do inglês *Machine-to-machine* ou M2M) refere-se a tecnologias que permitem que sistemas se comuniquem com outros sistemas, ou máquinas se

comuniquem com outras máquinas, em tempo real por meio de fios ou de redes sem fio. Para que isso aconteça, é necessário que ambos os sistemas possuam esta habilidade, além de um protocolo de comunicação que seja padrão entre estes dois sistemas (ou duas máquinas, equipamentos etc.). A tecnologia usa um dispositivo, como por exemplo um sensor, para capturar um evento que será posteriormente enviado através de uma rede para um software. O software, posteriormente, transforma este evento em informação útil, e retransmite esta informação para que possa ser utilizada como parâmetro para o funcionamento de outro sistema (desde que possuam o mesmo padrão ou linguagem)

Para Coppin (2010), uma forma bastante avançada de aprendizado de máquina são as redes neurais. Que tem semelhança com o funcionamento do cérebro humano, sendo uma grande rede de neurônios. Essa rede é organizada geralmente em duas camadas. A primeira recebe as informações a serem classificadas, usa aprendizado supervisionado por modificarem a forma das conexões de acordo com o que é informado e por último ativam os neurônios de saída.

2.5.3. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA)

O objetivo do IA é prover um sistema ou mecanismo de tomada de decisão, com capacidade igual ou superior a de um ser humano, por meio de sugestões e tomada de decisões que são inerentes ao processo, Para Fernandes (2003), a palavra inteligência artificial vêm do latim que se divide em *inter* (entre) e *legere* (escolher), ou seja, inteligência é aquilo que o homem pode escolher entre uma coisa e outra, sendo que a inteligência é o modo de resolver problemas, de realizar tarefas. Então se considera inteligência artificial um tipo de inteligência produzida pelo homem para beneficiar as máquinas de algum tipo de habilidade que simula a inteligência natural do homem.

Segundo Pereira (2005), hoje em dia, as áreas em que a inteligência artificial é mais acentuada são as de planejamento autônomo, jogos, controle autônomo, diagnóstico, planejamento logístico, e reconhecimento de linguagem e resolução de problemas.

2.5.4. BIG DATA

A análise e gestão dos dados pode permitir a otimização de processos, melhorar o consumo de energia e qualidade da produção. A computação em nuvem traz uma grande revolução de custo e eficiência. O grande desafio do *Big Data* não se dá pelo fato do volume ser elevado, mas sim por conta da heterogeneidade dos dados, que demandam formas inovadoras de processamento de informação. Eles se dividem em estruturados e não estruturados. No primeiro os dados possuem uma organização para serem recuperados, como *tags*, linhas e colunas que identificam onde a informação se encontra precisamente. Os não estruturados não contêm todas as informações possíveis de onde o dado se encontra e são estes os que mais crescem. (BATIMARCHI, 2015).

Com o Big Data em sistemas IoT, grandes fluxos de dados podem ser analisados online, com ferramentas avançadas trabalhando em nuvem em velocidade de transmissão. Estes dados gerados permitem ser armazenados em sistemas em nuvem distribuídos para análises futuras. Os resultados destas análises podem otimizar operações e fornecer informações, a fim de aumentar a produtividade, a eficiência e reduzir os custos operacionais (GILCHRIST, 2016).

2.5.5. COMPUTAÇÃO EM NUVEM

Este modelo tecnológico serve como base para o desenvolvimento da Indústria 4.0, ela é fundamental para que informações dos dados possam ser acessados de qualquer local. A computação em nuvem fornece grande redução de custo, tempo e eficiência para o processo.

2.5.6. SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO HORIZONTAL E VERTICAL

Nem todos os sistemas são totalmente integrados, assim ocasionam falta de conexão entre a empresa, cliente e até mesmo o processo. A Indústria 4.0 tem como proposta, conectar todo o sistema, pois ele precisa ser integrado entre si, de forma horizontal e vertical para manter uma comunicação precisa de dados.

A integração horizontal incorpora todos os sistemas de tecnologia da informação (TI), para a implementação de diferentes processos que agregam valor, tais como, fabricação, logística, vendas, engenharia e serviço, a comunicação precisa atuar dentro e fora da empresa, por meio de um sistema de rede. (PLATTFORM INDUSTRIE 4.0, 2015). Assim, as empresas por meio de redes integradas, podem se adaptar aos mercados voláteis e reduzir os ciclos de vida dos produtos com alta agilidade (JAEHNE ET AL., 2009).

Por integração vertical se refere à capacidade de integrar, e flexibilizar os processos produtivos, atuando em níveis hierárquicos de um sistema de produção, tal como o nível de atuadores e de sensores, o nível de controle, o nível de gerenciamento da produção, o nível de fabricação e execução, e o nível de planejamento de recursos corporativos (PLATTFORM INDUSTRIE 4.0, 2015).

2.5.7. SEGURANÇA CIBERNÉTICA

Todo o sistema deve estar conectado no conceito da Indústria 4.0, e por isso a segurança cibernética é a chave fundamental para o sucesso e proteger o sistema de informações de possíveis ameaças e falhas que podem ocorrer e trazer prejuízo a empresa.

O crescimento dos sistemas ciber-físicos dentro da Indústria 4.0 implicam em maior necessidade de cuidados com a segurança cibernética, já que um maior número de sistemas pode ficar vulnerável. A segurança cibernética visa a dar proteção contra roubo ou dano ao hardware empregado na Tecnologia da Informação - TI, bem como ao software e aos dados armazenados nos sistemas (HUXTABLE & SCHAEFER, 2016).

2.6. ELEMENTOS COMPLEMENTARES

Para Sacomano et al. (2018), são como acessórios, mas não menos importantes que os elementos base, fundamentais ou estruturante, eles agem como ferramentas para complementar o uso dos outros elementos, como por exemplo, etiquetas de rádio frequência (RFID), Código QR, realidade aumentada, realidade virtual e manufatura aditiva 3D, existem outros mais surgindo a cada dia, porém para Sacomano et al. (2018), essas são as principais e atualmente, tem o papel de auxiliar os elementos, complementando a base fundamental da Indústria 4.0.

2.7. SUSTENTABILIDADE ORGANIZACIONAL

As organizações envolvidas ativamente no debate sobre a sustentabilidade, buscam constantemente identificar maneiras pelas quais possam desenvolver novas formas de produção

e de gestão de recursos, que confluem para o aprimoramento de práticas relacionadas com cada um dos pilares que a fundamentam. É necessário reconhecer que o comportamento das organizações, refletindo as demandas de movimentos internos e externos ao ambiente empresarial. Tais atitudes procuram estar inseridas no posicionamento estratégico que direciona o comportamento socioeconômico dessas empresas, motivo pelo qual a sucessão de mudanças, na busca de alinhamento com os anseios da sociedade, governo e demais entidades, se torna um desafio na busca de um desenvolvimento sustentável (MUNCK & SOUZA, 2009). Assim, as organizações se empenham em aprimorar suas práticas de gestão em caminhos estratégicos que as auxiliam a oferecer respostas a tais demandas.

A sustentabilidade organizacional deve nortear e ter como princípio básico, que pode fazer uso dos recursos que a natureza oferece, mas garantir às gerações futuras uma sociedade de prosperidade e justiça, melhor saúde ambiental e melhor qualidade de vida.

O que norteia a sustentabilidade organizacional é a relação entre os aspectos do TBL, que conforme figura 1, apresentam os três elementos da sustentabilidade (social, ambiental e econômico) que se convergem de forma integrada para o alcance do desenvolvimento sustentável de uma organização.



Figura 1: Tripé da sustentabilidade organizacional.
Fonte: Adaptação do autor (SAVITZ & WEBER, 2007)

Segundo Savitz e Weber (2007), considera-se uma empresa sustentável, aquela que além de gerar lucro para os acionistas, protege o meio ambiente e melhora a vida das pessoas com quem mantém interações. Aceita-se, portanto, que tal conceito está calçado sobre os seguintes pressupostos: sustentabilidade econômica (gerar lucros), sustentabilidade ambiental (proteger o meio ambiente) e sustentabilidade social (melhorar a vida dos cidadãos).

O conceito do TBL tornou-se muito conhecido entre as empresas e os pesquisadores, sendo uma ferramenta conceitual útil para interpretar as interações extra empresariais e especialmente para ilustrar a importância de uma visão da sustentabilidade mais ampla, além de uma mera sustentabilidade econômica, dessa forma a pesquisa busca responder a relação da Indústria 4.0 e TBL, abordando cada pilar de forma ampla e analisando sua importância no contexto da Indústria 4.0.

3. METODOLOGIA

A Metodologia utilizada nesta pesquisa, teve como objeto de estudo sugerir diretrizes de gestão, que se propõe a alinhar os princípios da Indústria 4.0 com TBL. Iniciou-se com o levantamento bibliográfico sobre o tema da Indústria 4.0 e seus fundamentos, e sobre sustentabilidade organizacional e seu conceito pelo meio do TBL na prática gerencial das organizações.

O segundo passo consistiu no estudo na base de dado do *Web Of Science*, entre o ano de 2011 e 2019, pois artigos sobre a temática da Indústria 4.0 são muito recentes.

Considerando que a motivação dessa pesquisa, foi a identificação da produção científica, adotaremos a bibliométrica como meio de tratamento dos dados e utilizou-se do software *Vos Viewer* para análise de citações.

A análise bibliométrica, busca agrupar informações relevantes sobre dada temática no crescente universo de publicações e bases de conhecimento científico, que se evoluam com as possibilidades de armazenamento e circulação trazidas pela informatização e, por esta razão, tem se tornado um desafio aos pesquisadores se situarem em suas pesquisas (SANTOS & KOBASHI, 2009).

3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Como a pesquisa tem como objetivo a análise bibliométrica de produção científica, sobre a Indústria 4.0 e sua relação com o TBL, assim procedeu-se uma pesquisa quantitativa.

3.2. PROCEDIMENTOS ADOTADOS

Adotou-se os seguintes procedimentos para seleção da amostra:

- 1) Definição do portal de periódicos *Web Of Science* como ferramenta de base de pesquisa;
- 2) Identificação de termos de pesquisa;
- 3) Realização de pesquisa, considerando o conjunto de bases de dados disponíveis no portal *Web Of Science*;
- 4) Seleção de artigos científicos;
- 5) Análise de seus referenciais bibliográficos e identificação de bases de dados;
- 6) Periódicos, autores e idiomas de maior relevância; e tema de maior impacto;
- 7) Interpretação dos resultados.

3.3. COLETA DE DADOS, POPULAÇÃO E AMOSTRA

A definição da ferramenta de apoio de pesquisa foi o portal de períodos *Web Of Science*, uma vez que agrega grande volume de bases de dados, técnico e científicos. A identificação dos termos de pesquisa foram inseridas a partir de buscas sobre o tema, e após avaliação dos critérios. Foram empregados os seguintes termos de pesquisa para coleta de dados: *Industry 4.0* and *Cost reduction* or *Economic Competitiveness* or *Industry 4.0* and *Profit* , pois esse filtro busca, identificar parâmetros do TBL e a relação econômica com a Indústria 4.0, inserida nos artigos; *Industry 4.0* and *Social innovation* or *Industry 4.0* and *Social Interaction* , dessa forma foi analisado a relação social inserido nos artigos no conceito da Indústria 4.0, e por fim, foi inserido *Industry 4.0* and *Ecological process* or *Industry 4.0* and *Sustainability*” o qual o objetivo foi analisar o foco no aspecto ambiental dentro das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0.

4. RESULTADOS

Foram encontrados 434 artigos. Desses, os resultados foram limitados a textos completos; tipo de documento; artigos e periódicos; e áreas relacionadas a *Engineering, business management, Social Science, Environment Science, Economics and Finance*/ Dessa forma compuseram a amostra analisada na tabela 1.

Tabela 1: *Keywords* da pesquisa

Base	Palavra Chave	Resultado
Web Of Science	"Industry 4.0" AND "Ecological process" OR "Industry 4.0" AND "Sustainability"	192
	"Industry 4.0" AND "Social innovation" OR "Industry 4.0" AND "Social Interaction"	88
	"Industry 4.0" and "Cost reduction" OR "Economic Competitiveness" or "Industry 4.0 and "Profit"	154
TOTAL		434

Fonte: *Web Of Science* elaborado pelo autor (2019)

Observou-se a relevância no assunto, por se tratar de um tema recente e ainda pouco difundido. Dessa forma, foi considerado documentos produzidos entre 2010 e 2019. Na base de dados *Web Of Science*, houve sobreposição de resultados entre as três pesquisas com diferentes termos. Essa sobreposição indica uma estreita relação entre os termos pesquisado conforme podemos verificar no gráfico 1.

O resultado ambiental mostrou-se predominante com 44,3% do resultado da pesquisa, assim identificamos que os artigos relacionados a Indústria 4.0 e o TBL possui um maior direcionamento para estudos na área ambiental, seguida por pesquisas relacionas para á área econômica que resultou em 35,4% das publicações. Isso mostra que os pesquisadores estão relacionando as pesquisas sobre Indústria 4.0 primeiramente para a área ambiental e econômica.

Entretanto mostrou uma diferença significativa, em relação as publicações sobre Indústria 4.0 na área Social, com 20,3% das publicações, indicando a baixa aplicação de estudos das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 nesta área.

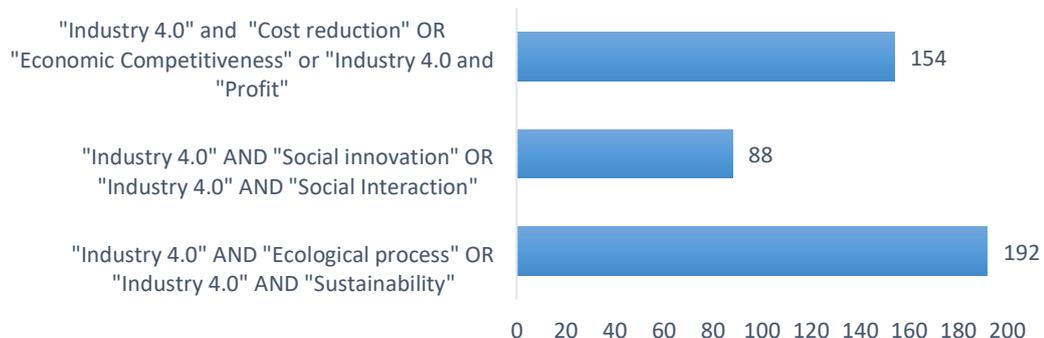


Gráfico 1: Resultado da pesquisa

Fonte: *Web of Science* elaborado pelo autor, (2019)

Com o cenário do gráfico 1, iniciou-se a avaliação dos resultados. Após consulta dos artigos, foi realizado a avaliação dos resumos (*abstracts*) e palavras-chave.

Foi realizado a classificação dos pesquisadores com base no tipo de suas produções, analisando-as por categoria e levando em conta uma busca avançada, e foi realizado a combinação da Indústria 4.0 e o TBL.

Será apresentado por meio de dados estatísticos os resultados discutidos, referentes aos dados coletados na tabela 1.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DOS ARTIGOS, EVOLUÇÃO E PAIS DE ORIGEM

Conforme gráfico 2, foi caracterizado a amostra por país de origem, e como resultado, foram identificados 10 países das 434 publicações encontradas na pesquisa. Podemos observar que existe uma forte concentração dos artigos publicados na Europa com um total de 65,4%, Alemanha (20,3%), Inglaterra (13,1%), Itália (12,7%), Espanha (10,8%) e Áustria (8,5%). A Alemanha por ser considerada o berço da Indústria 4.0 lidera o ranking de pesquisa, relacionada a Indústria 4.0 com foco no TBL. Países como China (12,4) e Estados Unidos (11,3), possuem também uma forte contribuição.

O Brasil (3,7%) das publicações possui uma participação não expressiva em pesquisas da Indústria 4.0 relacionadas ao TBL.

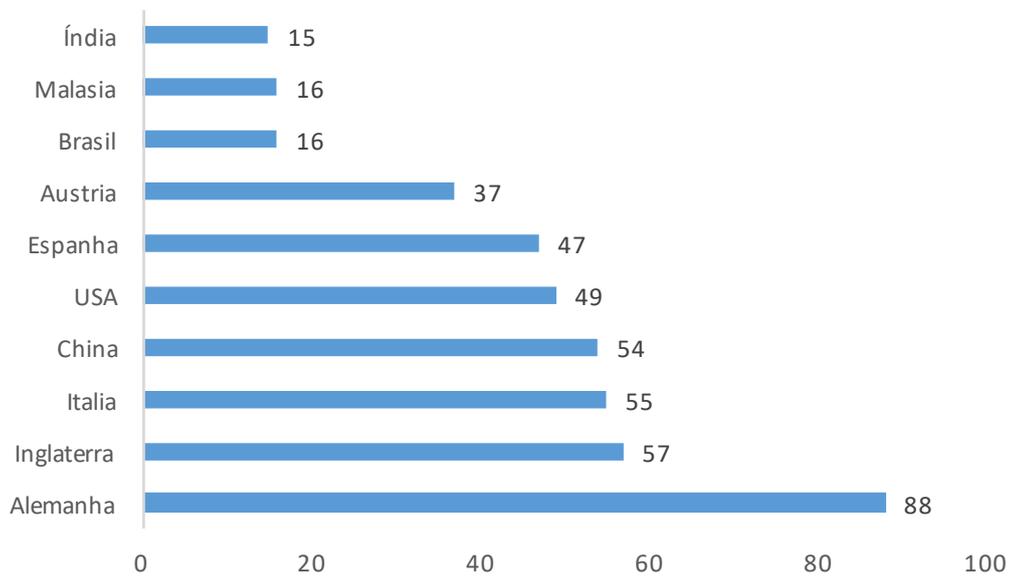


Gráfico 2: Publicações por países.
Fonte: *Web Of Science* elaborado pelo autor, 2019

O gráfico 3, apresenta uma evolução no número de pesquisas sobre a temática da Indústria 4.0 e os elementos TBL, por se tratar da Indústria 4.0 um tema recente, tem recebido uma grande atenção da comunidade acadêmica, assim justificando a crescente nos últimos anos, e atualmente continua evoluindo, pois no primeiro quadrimestre de 2019 já possui quase 50% de publicações realizadas em relação ao ano de 2018.

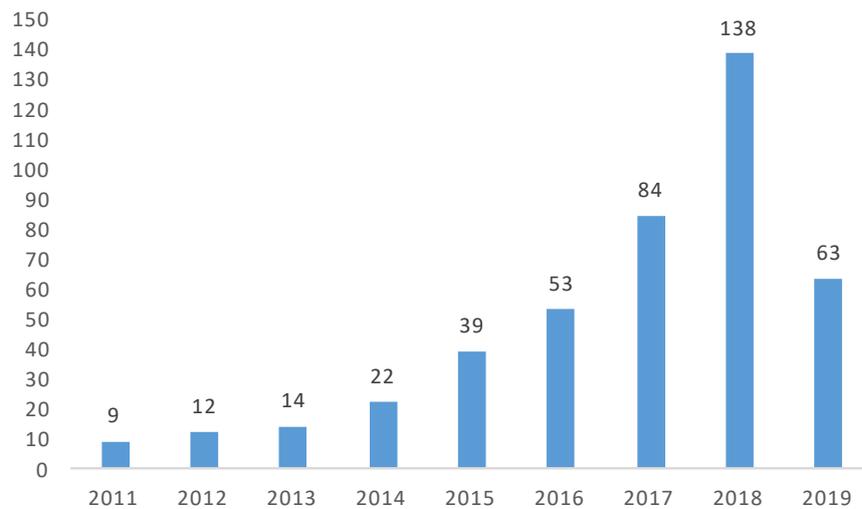


Gráfico 3: Publicações por ano de publicação.
Fonte: Web of Science elaborado pelo autor, (2019)

Os temas vêm recebendo atenção mundial, inclusive por órgãos governamentais brasileiros, isso certamente explica o grande crescimento, indicando haver interesse por parte dos pesquisadores sobre este que é um tema de enorme potencial.

Deve-se ressaltar que a quantidade de artigos no período de 2019 estão relacionadas apenas às pesquisas publicadas até o dia 01/04/2019 (período da busca de artigos), por isso este decréscimo de publicações deve ser desconsiderado para a análise.

4.2. AUTORES DE PESQUISA

As áreas de pesquisa dos autores foram identificadas por uma amostra de 434 artigos, de (2011 -2019), sendo Engenharia (63%), Administração (13%), seguida por Ciências da computação (30.5%), e área industrial (13%). A área de engenharia predomina as publicações, que dão ênfase a análise das tecnologias habilitadoras, e uso nas seguintes subáreas: Gestão da Produção; Gestão do Conhecimento Organizacional; Gestão do Produto e Pesquisa Operacional.

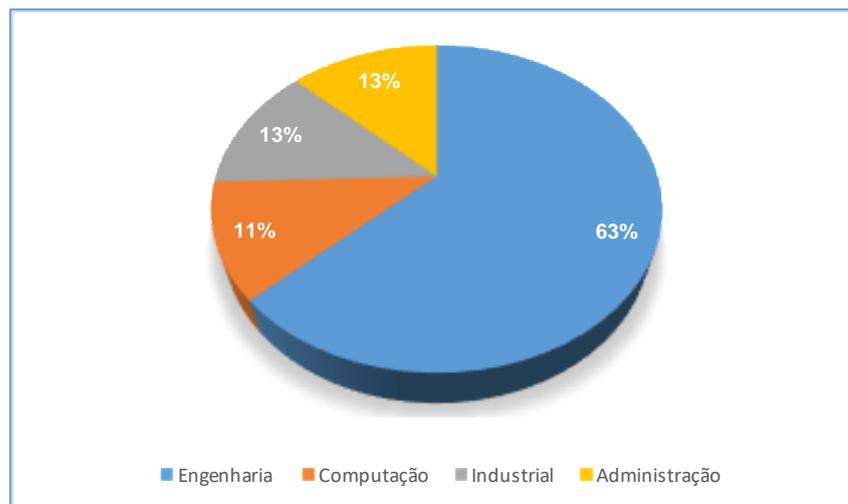


Gráfico 4: Publicações por ano de publicação
Fonte: Web Of Science elaborado pelo autor, (2019)

4.3. CLASSIFICAÇÃO DOS AUTORES QUE MAIS PUBLICARAM

O número de citações ainda é pequeno e descentralizado, conforme figura 2, visto que o tema sobre a Indústria 4.0, ainda é recente, cada cluster está dividido dentro do TBL, porém de forma pulverizada, é possível verificar na figura 2, o autor STOCK (2016), sendo o autor de maior relevância ao tema da Indústria 4.0 e TBL, o autor possui maior número de artigos citados, e dentre eles, o de maior impacto é o artigo chamado *opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0*, que possui 143 citações, isso mostra que o maior número de citações está ligado ao pilar ambiental, que é a área de maior influência do autor e o resultado está também em linha com a tabela 2, que identificou o maior número de artigos publicados, estão relacionados com o pilar ambiental. .

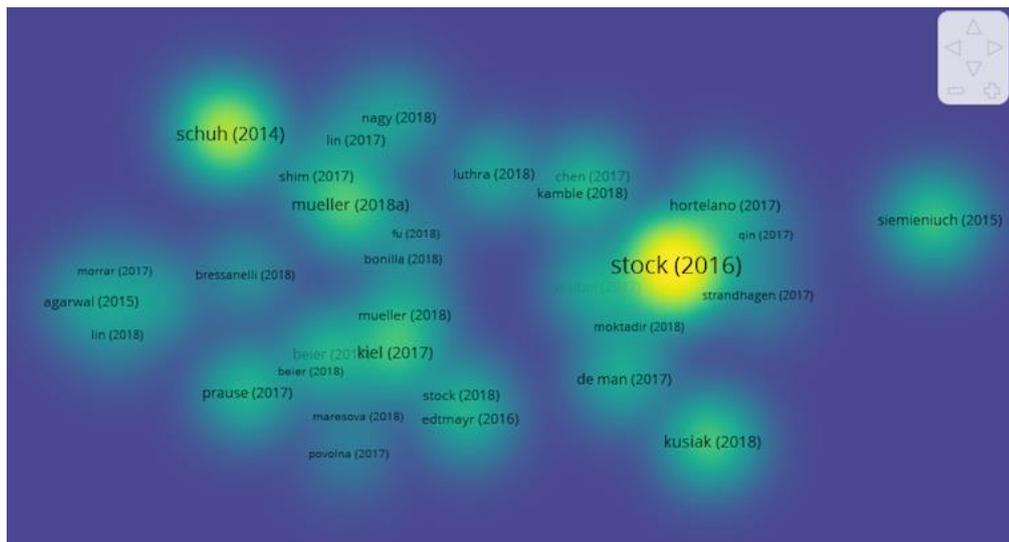


Figura 2: Mapa de densidade Citações por autor.
Fonte: Vos Viewer elaborado pelo autor, 2019

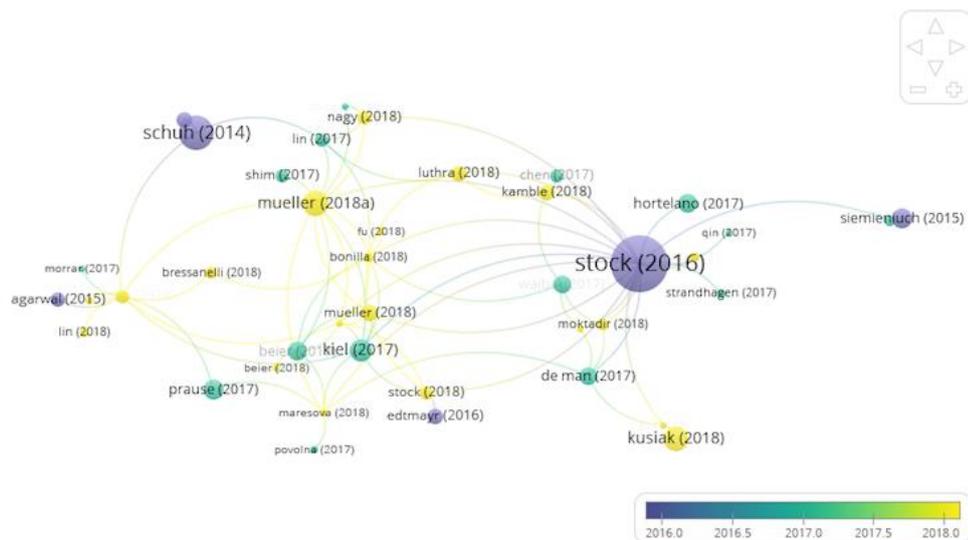


Figura 3: Mapa de citações por autor.
Fonte: Vos Viewer elaborado pelo autor, 2019.

Podemos observar na figura 3, que autores como Stock e Kagermann com 1043 citações, são os mais citados, assim possuem grande influência na área ambiental dentro da análise do TBL e Indústria 4.0.



Conforme figura 5, por meio de *keywords* analisadas nos 434 artigos, a palavra-chave mais utilizada foi “Indústria 4.0” e “sustentabilidade”, mostrando assim, o forte envolvimento com o pilar ambiental, e não foram encontradas *keywords* relacionadas ao pilar social.

5. CONCLUSÕES

Diante da novidade que representa a Indústria 4.0 e das mudanças cada vez mais rápidas causadas pelas tecnologias dessa nova revolução, torna-se importante o levantamento e a sistematização de pesquisas sobre o tema e sua relação com o TBL.

O presente estudo conclui que, existem publicações relacionando as tecnologias da Indústria 4.0 e o TBL e que quantidade de artigos publicados vêm aumentando nos últimos anos.

Foram analisados 434 artigos científicos, publicados no portal *Web of Science*, entre os anos de 2011 (ano de surgimento da expressão “Indústria 4.0”) e 2019 (última edição no momento de realização do estudo).

O objetivo da pesquisa foi alcançado, pois apresentou a interação do TBL e a Indústria 4.0, nas publicações de artigos no meio científico e identificou o foco dado pelos pesquisadores no uso das tecnologias habilitadoras, para cada pilar da sustentabilidade organizacional. Como resultado o pilar ambiental mostrou-se predominante com 44,3% dos artigos publicados, o pilar econômico resultou em 35,4% das publicações, e por fim o pilar Social com 20,3% dos artigos publicados. Conclui-se que os pesquisadores estão relacionando suas pesquisas sobre Indústria 4.0, primeiramente focadas para o pilar ambiental, seguida por econômico e com pouco direcionamento no pilar social.

A pergunta de pesquisa foi respondida, pois a Indústria 4.0 está se relacionando com o TBL, mas com pouca abrangência na área social e maior predominância para a área ambiental.

O autor que mais produziu artigos, relacionando a Indústria 4.0 e o TBL, foi o autor Stock (2016), com um total de 23 artigos, sendo o artigo “*Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0*” o mais citado por outros pesquisadores, esse artigo possui um direcionamento para o pilar ambiental corroborando com o resultado dessa pesquisa. Embora o TBL seja um tema bastante difundido no meio acadêmicos, a análise do relacionamento com a Indústria 4.0, ainda é pequena, dessa forma gerando gaps para estudos futuros.

Foi constatado que o Brasil possui baixas produções acadêmicas na temática desse artigo, comparado com os demais países, sendo a Alemanha, que deu origem ao tema, mantém-se no topo da lista. Esse fato está associado a baixa difusão ao tema no Brasil, porém recentemente o governo brasileiro entrou com programa na área de tecnologia com incentivos ao tema da indústria 4, dessa forma esses números podem vir a mudar.

Futuros trabalhos são sugeridos ao tema da Indústria 4.0 e TBL, sendo por meio de estudos do impacto na área social, devido ao gap de publicações neste pilar, e ainda um estudo mais aprofundado do tema TBL e a Indústria 4.0, analisando outras bases de dados acadêmicas nacionais e internacionais.

REFERÊNCIAS

AMORIM, J. E. B. A “Indústria 4.0” e a sustentabilidade do modelo de financiamento do regime geral da segurança social. *Cadernos de Dereito Actual*, Santiago de Compostela, Disponível em: <<http://www.cadernosdedereitoactual.es/ojs/index.php/cadernos/article/view/132/93>>. Acesso em: 02 jan. 2019.



- BATIMARCHI, Susana.** A diferença entre dados estruturados e não estruturados. 2015. Disponível em: <<http://docmanagement.com.br/03/06/2015/a-diferenca-entre-dados-estruturados-e-nao-estruturados/>>. Acesso em: 07 jan. 2019.
- COPPIN, Ben.** Inteligência artificial. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- FERNANDES, Anita Maria da Rocha.** Inteligência artificial: noções gerais. Florianópolis: Visual Books, 2003.
- GILCHRIST, A.** Industry 4.0: The Industrial Internet of Things. Tailândia: Apress, 2016.
- GUEDES, V. L. S.; BORSCHIVER, S.** Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica. Anais do Encontro Nacional de Ciência da Informação, Salvador, 2005.
- HELLINGER, A.; SEEGER, H.** Cyber-Physical Systems - Driving force for innovation in mobility, health, energy and production. Acatech Position Paper, National Academy of Science and Engineering, n. December, p. 48, 2011.
- HUXTABLE J.; SCHAEFER D.** On Servitization of the Manufacturing Industry in the UK, Procedia CIRP. v. 52, p. 46-52, 2016.
- ITU-T. Y.2060:** *Overview of the Internet of things.* 2012. Disponível em: <<https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-I>>. Acesso em: 20 abr 2019.
- JAEHNE, D. M. et al.** Configuring and operating global production networks. Int. J. Prod. Res., vol. 47, no. 8, 2009.
- Luthra, S., & Mangla, S. K.** Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies. Process Safety and Environmental Protection, 117, 168-179, 2018
- MUNCK, L.; SOUZA, R. B.** Gestão por competências e sustentabilidade empresarial: em busca de um quadro de análise. Gestão e Sociedade, v. 3, n. 6, p. 254-287, 2009.
- NASCIMENTO, Luis de Oliveira; MUNIZ JUNIOR, Jorge.** Indústria 4.0: transformação e desafios para o cenário brasileiro. 2018. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10219/1/PG_coele_2018_1_01.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2019.
- PEREIRA, Luís Moniz.** Inteligência Artificial Mito e Ciência. São Paulo, 2005. Disponível em: <http://centria.fct.unl.pt/~Imp/publications/online-papers/ia-mito.pdf>> Acesso em: 26 jan. 2019.
- PESSOA, Marcelo Schneck de Paula; SPINOLA, Mauro de Mesquita.** Introdução a Automação: Para cursos de engenharia e gestão. Elsevier, 2014.
- PIANA, Janaina; ERDMANN, Rolf.** Fatores geradores de competitividade na manufatura: uma relação entre práticas e resultados. Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 73-90, 2011.
- PLATTFORM INDUSTRIE 4.0.** Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 - Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0. BITKOM. Disponível em < <https://www.bitkom.org/noindex/Publikationen/2015/Leitfaden/Umsetzungsstrategie-Industrie-40/150410-Umsetzungsstrategie-0.pdf> > Acesso em 18 jan. 2019.
- RUBMANN, M. et al.** The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. s.l.:The Boston Consulting Group, 2015.
- SACOMANO J.B.** Indústria 4.0: Conceitos e Fundamentos. Ed. Blucher. São Paulo, 2018.
- SANTOS, R. N. M.; KOBASHI, N. Y.** Bibliometria, Cientometria, Infometria: Conceitos e Aplicações. Pesq. bras. Ci. Inf., Brasília, DF, v.2, n.1, p.155-172, 2009.
- SAVITZ, Andrew W. WEBER, Karl.** A empresa sustentável: o verdadeiro sucesso é o lucro com responsabilidade social e ambiental. Rio de Janeiro: Campus; 2007.
- SIMON, A. T. Quo Vadis.** Manufatura? Organizações e sociedade, Iturama, v. 5, n. 4, p.1-4, dez. 2016. Disponível em: <<http://revista.facfama.edu.br/index.php/ROS/article/view/234/191>> Acesso em: 03 Jan 2019
- SCHWAB, Klaus.** A quarta revolução industrial. São Paulo: Edipro, 2016.
- STOCK, T.; SELIGER, G.** Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. Procedia Cirp, v. 40, p. 536-541, 2016.



TADEU, H. F. B. Impactos da Indústria 4.0. Fundação Dom Cabral, Nova Lima, p.1-6, mar. 2016. Disponível em: <https://www.fdc.org.br/professorespesquisa/nucleos/Documents/inovacao/digitalizacao/boletim_digitalizacao_marco2016.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2019.

WEBER, Austin. Digital convergence is ushering in a new era of smart factories, 2016. Disponível em: <http://thuviensio.dastic.vn:801/dspace/bitstream/TTKHCNDaNang_123456789/342/1/Industry%204.0%20Myths%20vs%20Reality.pdf>. Acesso em: 10 jan 2019.

VALE, C. P. DO; PUDO, P. B. O mercado automobilístico no cenário econômico brasileiro. Interfaces, v. 4, n. 3, p. 69–72, 2012.