

# Modelo multicritério para identificar as barreiras à adoção da Indústria 4.0 no Brasil

William Mateus Ribeiro de Moraes willmateus123@outlook.com UNICESUMAR

Guilherme Staviny gstaviny@gmail.com UNICESUMAR

Moisés Barbosa Junior moises.barbosa@unicesumar.edu.br UNICESUMAR

Janaína Semanech Borcezi janaina.borcezi@unicesumar.edu.br UNICESUMAR

---

## RESUMO

Esta pesquisa tem como principal objetivo propor um modelo multicritério genérico que seja capaz de indicar as principais barreiras à adoção da Indústria 4.0 no Brasil. Como objetivos específicos, pretende-se elencar as alternativas e critérios do modelo através de revisão teórica e dispor um questionário para averiguação das principais barreiras presentes nas organizações. Para tanto, será realizado um estudo teórico nas bases de pesquisa ScienceDirect e Scopus, com o objetivo de analisar o que está sendo publicado em artigos sobre a indústria 4.0 e as dificuldades encontradas para implementação de suas tecnologias em países onde os conceitos da Quarta Revolução Industrial já estão sendo adotados, escolher a modelagem multicritério mais adequada a esta pesquisa e elaborar um questionário composto de perguntas relacionadas ao estudo para através das respostas obtidas, ranquear os principais pontos das dificuldades encontradas para a adoção dos ideais da Indústria 4.0. Deste modo, a relevância da presente pesquisa está em conhecer e analisar as dificuldades que afetam a adoção das principais tecnologias emergentes presentes no processo de efetivação da Indústria Inteligente, para que durante a transição dos conceitos da Indústria 3.0 para as concepções da Indústria 4.0, seja possível elaborar estratégias para superar tais barreiras, possibilitando uma implementação bem sucedida.

## PALAVRAS CHAVES

Desafios. Indústria brasileira. Tecnologias emergentes.

---

---

## 1 INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 surgiu em 2011, na Alemanha, com o propósito de aumentar a competitividade da indústria alemã (KAGERMANN, LUKAS, WAHLSTER, 2011) e é tema crescente em pesquisas, haja vista que tem como propósito aumentar a competitividade empresarial e leva a obtenção de lucros com novas práticas (SATYRO et al, 2019). Para esse propósito, as bases da Indústria 4.0 são a Internet das Coisas (IoT), Sistemas Físicos Cibernéticos e fábricas Inteligentes (HERMANN, PENTEK, OTTO, 2016; LU, 2017).

Embora seja tema crescente, a literatura possui uma lacuna em pesquisas que pesquise a adoção da Indústria 4.0 pelas organizações por se tratar de um tema relativamente novo (AGOSTINI, FILIPPINI, 2019), fazendo com que pouco seja entendido sobre o assunto e sua aplicação prática não esteja consolidada (HOFFMAN, RÜSCH, 2017).

As barreiras enfrentadas por países em desenvolvimento em comparação com países desenvolvidos envolvem as políticas de incentivo à prática da indústria 4.0, bem como barreiras econômicas. Essa disparidade está associada ao fato que países desenvolvidos buscam otimizar o seu desempenho social e com marketing, enquanto os em desenvolvimento buscam o desempenho financeiro (BOGOVIZ et al, 2018). Ainda, custos elevados, mão de obra desqualificada e perdas de emprego e processo produtivo inadequados às necessidades da indústria 4.0 são outras barreiras que impedem sua adoção (HALSE, JÆGER, 2019).

No Brasil, de acordo com a Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2017), um dos fatores relacionados à defasagem na adoção da indústria 4.0 é em relação às leis, as quais não possuem atualização para que estejam adequadas às mudanças da sociedade e acompanhem o processo da industrialização.

Para tentar identificar essas barreiras, pesquisas prévias utilizaram a modelagem multicritério em países em desenvolvimento, como Brasil e Índia (BOGOVIZ et al, 2018), associam outros conceitos à indústria 4.0, como a economia circular (RAJPUT, SINGH, 2019) e se baseiam em dados secundários, como relatórios, (SATYRO et al, 2019) para que as barreiras sejam identificadas.

Desta forma, identifica-se que há necessidade em que a pesquisa seja voltada à singularidade de cada país estudado, considerando suas particularidades para que as barreiras sejam identificadas e medidas sejam tomadas para estas sejam eliminadas.

Por fim, levantamos a seguinte pergunta a ser respondida: Quais são as barreiras enfrentadas em território nacional para adoção da indústria 4.0?

Desta forma, o objetivo principal desta pesquisa é propor um modelo multicritério genérico que identifique as barreiras à adoção da indústria 4.0. Para isso, um modelo foi proposto a partir da revisão de literatura e aplicado a especialistas da Indústria 4.0.

## 2 DESENVOLVIMENTO

Esta pesquisa está dividida em 5 principais etapas, onde a primeira etapa é referente a revisão sistemática, a segunda etapa está relacionada a escolha dos artigos para o desenvolvimento desta pesquisa, a terceira etapa refere-se à classificação das principais barreiras à adoção da Indústria 4.0 no cenário mundial, a quarta etapa consiste na elaboração de um questionário

para identificar as principais barreiras a adoção da Quarta Revolução Industrial no Brasil e a quinta etapa é a elaboração do questionário para aplicação do modelo multicritério.

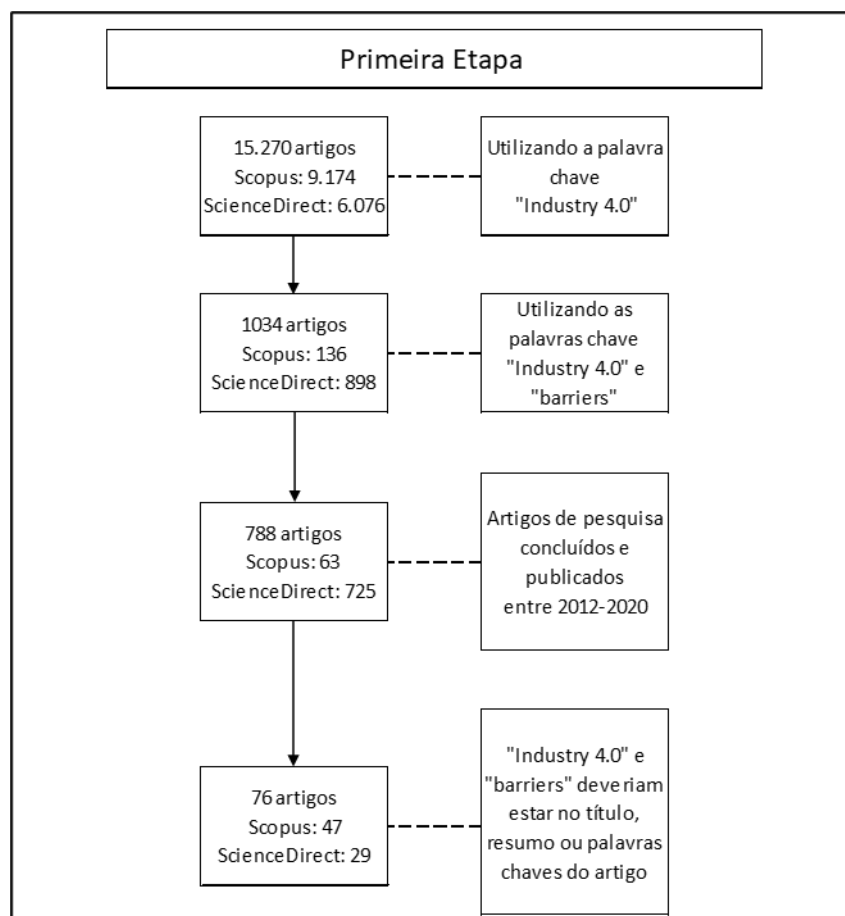
Na primeira etapa, as barreiras para implementação da Indústria 4.0 foram identificadas com base em uma revisão de literatura (demonstrada na figura 1), que ocorreu entre os meses de março até junho de 2020, onde foram revisados artigos de pesquisa sobre a Indústria 4.0 publicados nas bases de dados Scopus e ScienceDirect.

Para estabelecer a base para compreensão dos principais conceitos da Indústria 4.0, foi realizada uma busca por artigos contendo o termo “Industry 4.0”. Visando encontrar as barreiras que impedem a implementação da Quarta Revolução Industrial, o termo “barriers” foi adicionado em conjunto com o termo “Industry 4.0”.

A primeira publicação do termo “Indústria 4.0” ocorreu em meados de 2011, quando o conceito foi apresentado na Feira de Hannover (LEE, 2013). Sendo assim, o recorte temporal desta pesquisa foi de 9 anos, no período de 2012-2020.

Os artigos selecionados para a pesquisa foram os que continham informações sobre barreiras enfrentadas à adoção da indústria 4.0. Desta forma, definiu-se que as palavras “Industry 4.0” e “barriers” deveriam estar presentes no título do artigo, no resumo e/ou nas palavras chaves, visando eliminar previamente do portfólio, artigos não relacionados as dificuldades presentes na implementação da Indústria 4.0.

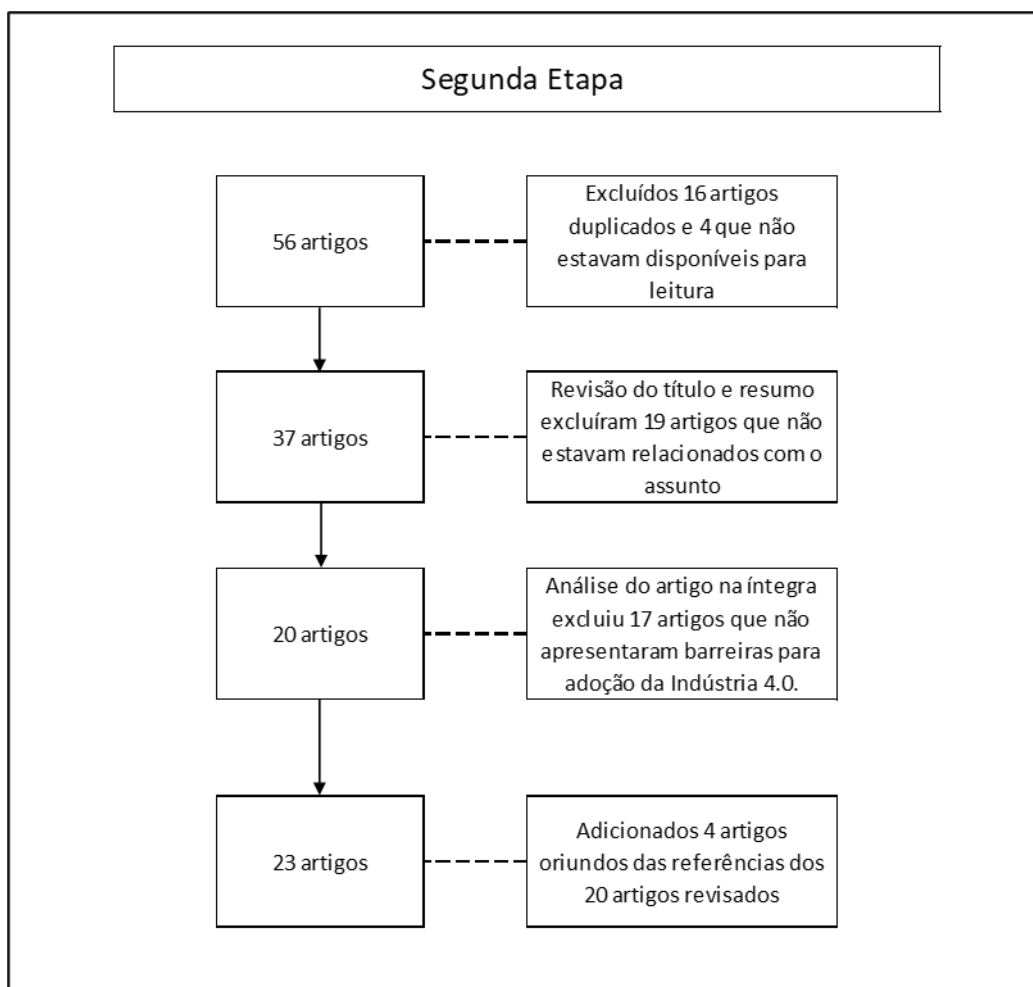
**Figura 1:** Revisão sistemática



**Fonte:** Elaborado pelos autores

A segunda etapa desta pesquisa consiste na escolha dos artigos oriundos da revisão de literatura, demonstrada na etapa 1, a qual foi dividida em 4 fases, sendo elas: I) Exclusão dos artigos duplicados e dos artigos que não estavam disponíveis para leitura; II) Revisão do título e do resumo dos artigos; III) Análise de todo o conteúdo do artigo; IV) Adição de artigos relevantes presentes nas referências dos artigos revisados.

**Figura 3:** Escolha dos artigos



**Fonte:** Elaborado pelos autores

A terceira etapa deste artigo consiste em catalogar os principais desafios para implementação da Indústria 4.0 no cenário mundial por meio do processo sistemático de revisão de literatura. Após as etapas 1 e 2, foram identificados dezenove obstáculos para adoção da quarta revolução industrial, apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1:** Barreiras identificadas na revisão de literatura

Barreira	Autores (ano)
Ausência de uma política de compartilhamento de	Oncioiu et al. (2019)

<b>Barreira</b>	<b>Autores (ano)</b>
dados entre as organizações	
Alta Resistência a mudança por parte dos trabalhadores	Schroeder et al. (2019), Rauch, Dallasega e Unterhofer (2019), Ghadge et al. (2020) e Raj et al. (2020)
Alto investimento para implementação da Indústria 4.0	Ślusarczyk (2018), Türkes et al. (2018), Kamble, Gunasekaran e Sharma (2018), Tortorella et al. (2019), Raj et al. (2020), Ghadge et al. (2020), Rajput e Singh (2019), Oncioiu et al. (2019), Stentoft e Rajkumar (2020) e Da Silva et al. (2020)
Baixa aceitação do empregado desafio	Müller (2019), Oncioiu et al. (2019) e Stentoft e Rajkumar (2020)
Baixo nível de maturidade da tecnologia preferida	Raj et al (2020)
Dependência de máquinas barreira	Müller (2019), Gilchrist (2016) Türkes et al. (2019) e Ghobakhlo (2020)
Desafios na integração da cadeia de valor	Raj et al. (2020)
Desigualdade social causada pela interrupção nos empregos	Raj et al (2020)
Falta de disponibilidade de tempo para implementação	Müller (2019) e Oncioiu (2019).
Falta de fornecedores de soluções tecnológicas devido à alta complexidade científica	Da Silva (2020), Kiel, Arnold e Voigt (2017) e Tortorella et al (2019)
Falta de conhecimento sobre a indústria 4.0	citada por Kilimis et al. (2019), Müller (2019), Küsters, Praß e Gloy (2017), Sommer (2015), Stentoft e Rajkumar (2020), da Silva et al. (2020), Türkes et al. (2020)
Falta de cultura organizacional e treinamento interno	Ślusarczyk (2018), Türkes (2019), Rauch, Dallasega e Unterhofer (2019), Stentoft e Rajkumar (2020) e Raj et al. (2020)
Falta de Infraestrutura Física e Digital	Raj et al. (2020), Kamble, Gunasekaran e Sharma (2018), Oncioiu et al. (2019) e Rauch, Dallasega e Unterhofer (2019)
Falta de mão de obra qualificada	Küsters, Praß e Gloy (2017); Machadoa (2019); Horváth e Szabó (2019); Oncioiu et al. (2019); Ślusarczyk (2018); Raj et al. (2020); Marques et al. (2017); Valmohammadi (2016); Kamble, Gunasekaran e Sharma (2018); Rauch, Dallasega e Unterhofer (2019); Müller (2019); Türkes et al. (2019); Stentoft e Rajkumar (2020); Singh e Bhanot (2020)
Falta de normas, regulamentações, certificações e padrões para implementação da Indústria 4.0	Kamble, Gunasekaran e Sharma (2017), Raj et al. (2020), Schröder (2016), Türkes et al. (2019), Oesterreich e Teuteberg (2016)
Falta de padronização de dispositivos	Machadoa (2019); Marques et al. (2017); Stentoft e

Barreira	Autores (ano)
	Rajkumar (2020); Lee, Bagheri e Jin (2016); Horváth e Szabó (2019), Singh e Bhanot (2020); Kamble, Gunasekaran e Sharma (2018); Rajput (2019); Hussain (2017) e Da Xu, He e Li, (2014).
Incerteza sobre a segurança de dados	Marques et al. (2017); Türkes et al. (2019); Oncioiu et al. (2019); Machadoa et al. (2019); Küsters, Praß e Nicolina (2017); Stentoft e Rajkumar (2020); Lee, Bagheri e Jin (2016); Yu, Xu e Lu (2015); Raj et al. (2020); Rauch, Dallasega e Unterhofer (2019); Rajput e Singh (2019); Kamble, Gunasekaran e Sharma (2018); Ghadge et al. (2020); Singh e Bhanot (2020) e Horváth e Szabó (2019)
Falta de suporte por parte da alta gerência na implementação da Indústria 4.0	Ghadge et al (2020), Müller (2019) e Machadoa (2019)
Incerteza quanto ao benefício econômico do investimento	Schroeder (2019), Raj et al. (2020), Ślusarczyk (2018), Küsters, Praß e Gloy (2017), Kamble, Gunasekaran e Sharma (2018), Tortorella et al. (2019) e Rauch, Dallasega e Unterhofer (2019)

**Fonte:** Elaborado pelos autores

Entretanto estas barreiras citadas anteriormente estão relacionadas a países, em Europeus, como Alemanha, Reino Unido e Bélgica e da Ásia Oriental, como Japão e China. Portanto a quarta etapa consiste em verificar o impacto dos desafios descritos na etapa 3 no cenário real da Indústria Brasileira.

Para isso foi criado um questionário na plataforma Google Forms, denominado “BARREIRAS DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL”, disponível em: < <https://forms.gle/WTWv88XX4uic2ygA8> > que contém a breve descrição de todas as dezoito barreiras encontradas na etapa 3 através da revisão bibliográfica e um grupo de especialistas será contatado para ranquear, de acordo com suas experiências, conhecimento e vivência com o tema, as 10 principais barreiras que exercem maiores influências no Brasil.

Existe uma variedade de métodos multicritérios na literatura, a opção de escolha de um método específico varia em relação ao objetivo e a decisão de escolha pela complexidade do processo que está relacionado com a problemática decisória, porém apesar das vantagens e desvantagens na utilização de cada um, todos os métodos de análise multicritério respeitam uma estrutura em comum, formada pela formulação de um problema decisório, além de definição de alternativas, definição dos critérios de avaliação, definição da escala de pesos ou seja, uma forma de avaliação ao que se pretende decidir, avaliação das alternativas, construção de matrizes por métodos matemáticos, estas responsáveis por transformar as escalas verbais em numerais afim de obter resultados.

Mangla et al. (2018) define que três técnicas diferentes de Método de decisão multicritério ou MCDM (Multiple-criteria decision making) Processo Hierárquico Analítico (AHP),

---

ISM e DEMATEL são amplamente aplicadas para analisar e estabelecer relações entre barreiras.

O método escolhido para esta pesquisa foi o DEMATEL (Decision-making Trial and Evaluation Laboratory), desenvolvido por Fontela e Gabus (1973, 1976), composto por dígrafos que representam a conexão entre critérios. Esses dígrafos são gráficos que representam as relações, em comparação par a par, de cada critério do modelo (WU, LEE, 2007). A representação desses dígrafos acontece por meio de julgamentos numéricos, feitos a partir de uma escala de importância, estabelecendo relações contextuais e causais (BÜYÜKÖZKAN, ÇİFÇİ, 2012; FONTELA E GABUS, 1972, 1973, 1976).

Segundo Lee et al. (2013) Diferentemente de outros métodos, a vantagem na utilização do DEMATEL está na eficácia ao usar uma pequena amostra composta por especialistas, bem como sua eficiente técnica para avaliar problemas, encontrar relações entre critérios, quando não existem valores nítidos e exatos nos julgamentos. O DEMATEL é uma técnica avançada de MCDM que analisa relacionamentos interdependentes e identifica efeitos influentes no trabalho entre fatores significativos (Gabus e Fontela, 1972)

A construção do modelo DEMATEL é composta por quatro passos, sendo eles:

Passo 1 - Construir uma matriz de relacionamento cruzado  $A = [a_{ij}]$ : é a etapa da construção de uma matriz onde acontece a comparação par a par entre os critérios definidos. Os números  $i$  e  $j$  na matriz  $a_{ij}$  representam, respectivamente, os valores das linhas e das colunas. Para tanto, um valor numérico é atribuído ao julgamento das comparações;

Passo 2 - Construir a matriz de relacionamento direto  $D$ : a matriz  $D$  expressa o relacionamento existente entre os elementos  $i$  e  $j$  da matriz  $A$ , por meio de uma multiplicação de uma matriz  $s$  com a matriz  $A$ ;

Passo 3 - Obter a matriz de relacionamento total  $F = D(I - D)^{-1}$ : A matriz  $F$  é resultado da multiplicação da matriz obtida anteriormente ( $D$ ) com a subtração da matriz identidade ( $I$ ) e da matriz ( $D$ ) inversas;

Passo 4 - Obter os valores normalizados do relacionamento total: A última etapa do processo consiste em normalizar os valores obtidos na matriz  $D$ . Existem diversas maneiras de se normalizar uma matriz, ficando a critério do pesquisador.

A elaboração do questionário denominado “APLICAÇÃO DO MÉTODO DEMATEL” é a quinta e última etapa da pesquisa proposta, e está diretamente relacionado a etapa 4, pois consistirá em avaliar o grau de influência das 10 principais barreiras na adoção da Indústria 4.0 no Brasil resultantes do primeiro questionário.

A estrutura deste segundo questionário compreende 90 perguntas, onde se analisa o nível de influência que uma barreira exerce sobre as demais barreiras do estudo com o objetivo de abastecer com dados o método DEMATEL.

A escala de Influência utilizada para analisar o nível de influência será de acordo com Kashi e Franek (2014), em que o nível de influência para preencher a matriz de comparação varia de 0 a 4, sendo: I) “0,0 sem influência”; “1,0 baixa influência”; “2,0 média influência”; “3,0 alta influência”; “4,0 muito alta influência”.

---

A partir de uma simulação do resultado do primeiro questionário, elaboramos um modelo genérico de questionário no Google *Forms* para exemplificar o método de coleta de dados para o DEMATEL. Este questionário está disponível em: < <https://forms.gle/tVRTRRdBGX-nCGs5D7>>.

Os participantes do questionário “APLICAÇÃO DO MÉTODO DEMATEL” compreenderão estudantes e pesquisadores da indústria 4.0 no Brasil, bem como trabalhadores da indústria que detém conhecimento suficiente das tecnologias abordadas e o método de coleta será através da plataforma Forms do Google.

### 3 CONCLUSÃO

Por meio da revisão bibliográfica realizada em diversos estudos estrangeiros, foram levantadas as principais barreiras que impactam negativamente na implementação da Indústria 4.0 em um panorama mundial. Tais barreiras encontradas durante a revisão literária foram definidas como os critérios para aplicação do modelo multicritério.

Com o objetivo de encontrar a relação de influência entre uma barreira e as demais, o modelo adotado para analisar as relações entre estes critérios foi o DEMATEL, devido sua alta eficiência técnica para encontrar relações entre os parâmetros.

Os questionários presentes nas etapas 4 e 5 deste artigo foram elaborados, porém não foram aplicados, portanto os objetivos específicos desta pesquisa foram parcialmente concluídos.

O objetivo geral deste artigo, que era a proposta de um modelo multicritério para identificar as principais barreiras a adoção da Indústria 4.0 no Brasil foi alcançado, uma vez que o modelo está disposto e pode ser aplicado às indústrias que queiram analisar quais barreiras fazem parte de seu cotidiano.

Como projeção, o presente trabalho encoraja pesquisadores a aplicarem o modelo disposto às indústrias nacionais para que sejam identificadas e eliminadas barreiras que impedem a adoção da Indústria 4.0, bem como novas barreiras podem ser identificadas, compondo o questionário.

### REFERÊNCIAS

A. GABUS, E. FONTELA. World Problems, an Invitation to Further Thought within the Framework of DEMATEL. Battelle Geneva Research Center, Geneva, Switzerland (1972), pp. 1-8

AGOSTINI, L.; FILIPPINI, R. Organizational and managerial challenges in the path toward Industry 4.0, *European Journal of Innovation Management*, Vol. 22 No. 3, pp. 406-421. <https://doi.org/10.1108/EJIM-02-2018-0030>

BOGOVIZ A.V., OSIPOV V.S., CHISTYAKOVA M.K., BORISOV M.Y. Comparative Analysis of Formation of Industry 4.0 in Developed and Developing Countries. In: Popkova E., Ragulina Y., Bogoviz A. (eds) *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century. Studies in Systems, Decision and Control*, vol 169. Springer, Cham

BREUNIG, M. et al. Getting the most out of Industry 4.0. McKinsey Global Institute, 2016.



---

CNI, Confederação Nacional das Indústrias. *RELAÇÕES TRABALHISTAS NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0*. Brasília : CNI, 2017.

COELHO, Pedro Miguel Nogueira. *Rumo à indústria 4.0*. 2016. Dissertação de Mestrado.

DA SILVA, Vander Luiz et al. Implementation of Industry 4.0 concept in companies: Empirical evidences. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, v. 33, n. 4, p. 325-342, 2020.

DIAS, João Sidou. YOUSEF, Milad. Utilização do método DEMATEL em modelo de competências de cervejeiros chefe de microcervejarias. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Curso de Engenharia de Produção. 2019.

DUTTA, Gautam et al. Digital transformation priorities of India's discrete manufacturing SMEs—a conceptual study in perspective of Industry 4.0. *Competitiveness Review: An International Business Journal*, 2020.

GEISSBAUER, R. et al. *Industry 4.0-Opportunities and Challenges of the Industrial Internet*. PricewaterhouseCoopers Aktiengesellschaft Wirtschaftsprüfungsgesellschaft. 2014.

GEHRKE, Lars et al. A discussion of qualifications and skills in the factory of the future: a German and American perspective. *VDI/ASME Industry*, v. 4, p. 1-28, 2015.

GHADGE, Abhijeet et al. The impact of Industry 4.0 implementation on supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 2020.

GÖKALP, Ebru; ŞENER, Umut; EREN, P. Erhan. Development of an assessment model for industry 4.0: industry 4.0-MM. In: *International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination*. Springer, Cham, 2017. p. 128-142.

HADDUD, Abubaker et al. Examining potential benefits and challenges associated with the Internet of Things integration in supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 2017.

HALSE L.L., JÆGER B. Operationalizing Industry 4.0: Understanding Barriers of Industry 4.0 and Circular Economy. In: Ameri F., Stecke K., von Cieminski G., Kiritsis D. (eds) *Advances in Production Management Systems. Towards Smart Production Management Systems*. APMS 2019. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 567. Springer, Cham

HERMANN, T.; OTTO, P. B. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios, 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), Koloa, HI, 2016, pp. 3928-3937.

HOFMANN, Erik; RÜSCH, Marco. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in industry*, v. 89, p. 23-34, 2017

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

H.S. Lee, G.H. Tzeng, W. Yeih, Y.J. Wang, S.C. Yang Revised DEMATEL: resolving the infeasibility of DEMATEL. *Appl. Math. Model.*, 37 (10–11) (2013), pp. 6746-6757

KAGERMANN, W. LUKAS, W. WAHLSTER. *Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution*, VDI nachrichten, vol. 13, 2011.

---

KAMBLE, Sachin S.; GUNASEKARAN, Angappa; SHARMA, Rohit. Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt industry 4.0 in Indian manufacturing industry. *Computers in Industry*, v. 101, p. 107-119, 2018.

KASHI, KATERINA; FRANEK, JIRI. Utilizing DEMATEL method in competency modeling. In: FORUM SCIENTIAE OECONOMIA 2014, Anais... [s.l: s.n.]

KILIMIS, Panagiotis et al. A Survey on Digitalization for SMEs in Brandenburg, Germany. *IFAC-PapersOnLine*, v. 52, n. 13, p. 2140-2145, 2019.

KÜSTERS, Dennis; PRAß, Nicolina; GLOY, Yves-Simon. Textile Learning Factory 4.0—Preparing Germany's Textile Industry for the Digital Future. *Procedia Manufacturing*, v. 9, p. 214-221, 2017.

LASI, Heiner et al. Industry 4.0. *Business & information systems engineering*, v. 6, n. 4, p. 239-242, 2014.

LEE, In; LEE, Kyoochun. The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. *Business Horizons*, v. 58, n. 4, p. 431-440, 2015.

LEE, Jay; BAGHERI, Behrad; JIN, Chao. Introduction to cyber manufacturing. *Manufacturing Letters*, v. 8, p. 11-15, 2016.

LEE, Jay. Industry 4.0 in big data environment. *German Harting Magazine*, v. 1, n. 1, p. 8-10, 2013.

LU, YANG. Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, Volume 6, June 2017, Pages 1-10

MACHADOA, Carla Gonçalves et al. Industry 4.0 readiness in manufacturing companies: challenges and enablers towards increased digitalization. *way*, v. 1, n. 2, p. 3-4, 2019.

MARQUES, Maria et al. Decentralized decision support for intelligent manufacturing in Industry 4.0. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, v. 9, n. 3, p. 299-313, 2017.

MOEUF, A.; PELLERIN, R.; LAMOURI, S.; TAMAYO-GIRALDO, S.; BARBARAY, R. The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0, *International Journal of Production Research*, 56:3, 1118-1136, DOI: 10.1080/00207543.2017.1372647

MÜLLER, Julian M. Assessing the barriers to Industry 4.0 implementation from a workers' perspective. *IFAC-PapersOnLine*, v. 52, n. 13, p. 2189-2194, 2019.

MÜLLER, Julian Marius; BULIGA, Oana; VOIGT, Kai-Ingo. Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 132, p. 2-17, 2018.

NICOLETTI, Bernardo. The future: procurement 4.0. In: *Agile procurement*. Palgrave Macmillan, Cham, p. 189-230, 2018.

OLIVEIRA, Rita de Cássia Martins de et al. Poder e compartilhamento da informação: relações e implicações na arena política organizacional. *Em Questão*, v. 22, n. 2, p. 9-35, 2016.

BRYNJOLFSSON, Erik. The productivity paradox of information technology. *Communications of the ACM*, v. 36, n. 12, p. 66-77, 1993.

---

ONCIOIU, I. et al. The impact of big data analytics on company performance in supply chain management. *Sustainability (Switzerland)*, vol. 11, no. 18, 2019.

RAJ, Alok et al. Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective. *International Journal of Production Economics*, v. 224, p. 107546, 2020.

RAJPUT, S.; SINGH, S. P. Connecting circular economy and industry 4.0. *International Journal of Information Management* Volume 49, December 2019, Pages 98-113

RAS, Eric et al. Bridging the skills gap of workers in Industry 4.0 by human performance augmentation tools: Challenges and roadmap. In: *Proceedings of the 10th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*. 2017. p. 428-432.

RAUCH, Erwin; DALLASEGA, Patrick; UNTERHOFER, Marco. Requirements and barriers for introducing smart manufacturing in small and medium-sized enterprises. *IEEE Engineering Management Review*, v. 47, n. 3, p. 87-94, 2019.

SATYRO W.C. et al. (2019) Implementation of Industry 4.0 in Germany, Brazil and Portugal: Barriers and Benefits. In: Ameri F., Stecke K., von Cieminski G., Kiritsis D. (eds) *Advances in Production Management Systems. Towards Smart Production Management Systems. APMS 2019. IFIP Advances in Information and Communication Technology*, vol 567. Springer, Cham.

SCHROEDER, Andreas et al. Capturing the benefits of industry 4.0: a business network perspective. *Production Planning & Control*, v. 30, n. 16, p. 1305-1321, 2019.

SINGH, Rajdeep; BHANOT, Neeraj. An integrated DEMATEL-MMDE-ISM based approach for analysing the barriers of IoT implementation in the manufacturing industry. *International Journal of Production Research*, v. 58, n. 8, p. 2454-2476, 2020.

ŚLUSARCZYK, Beata. Industry 4.0: Are we ready?. *Polish Journal of Management Studies*, v. 17, 2018.

SOMMER, Lutz. Industrial revolution-industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution?. *Journal of Industrial Engineering and Management*, v. 8, n. 5, p. 1512-1532, 2015.

S.K. Mangla, S. Luthra, N. Rich, D. Kumar, N.P. Rana, Y.K. Dwivedi Enablers to implement sustainable initiatives in agri-food supply chains. *Int. J. Prod. Econ.*, 203 (2018), pp. 379-393

STENTOFT, Jan; RAJKUMAR, Christopher. The relevance of Industry 4.0 and its relationship with moving manufacturing out, back and staying at home. *International Journal of Production Research*, v. 58, n. 10, p. 2953-2973, 2020.

TORTORELLA, Guilherme Luz et al. A comparison on Industry 4.0 and Lean Production between manufacturers from emerging and developed economies. *Total Quality Management & Business Excellence*, p. 1-22, 2019.

TÜRKEŞ, Mirela Cătălina et al. Drivers and barriers in using industry 4.0: a perspective of SMEs in Romania. *Processes*, v. 7, n. 3, p. 153, 2019.

VALMOHAMMADI, Changiz. Examining the perception of Iranian organizations on Internet of Things solutions and applications. *Industrial and Commercial Training*, 2016.

---

YU, Chunyang; XU, Xun; LU, Yuqian. Computer-integrated manufacturing, cyber-physical systems and cloud manufacturing—concepts and relationships. *Manufacturing letters*, v. 6, p. 5-9, 2015.

ZHOU, K. LIU, T.; ZHOU, L. Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges, 2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), Zhangjiajie, 2015, pp. 214