

DESAFIOS À ADOÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL

Guilherme Staviny¹, William Mateus Ribeiro de Moraes², Moisés Barbosa Junior³, Janaína Borcezi Semanach⁴

¹Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção, Campus Ponta Grossa/PR – UNICESUMAR. gstaviny@gmail.com

²Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção, Campus Ponta Grossa/PR – UNICESUMAR. willmateus13@outlook.com

³Orientador, Mestre, Departamento de Engenharia de Produção, UNICESUMAR. moises.barbosa@unicesumar.edu.br

⁴Coorientadora, Mestre, Departamento de Engenharia de Produção, UNICESUMAR. janaina.borcezi@unicesumar.edu.br

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo a definição dos principais desafios na adoção das tecnologias da Indústria 4.0 no Brasil. Para atingir esse objetivo foi realizado uma revisão da literatura internacional em conjunto com informações coletadas a partir da aplicação de um questionário com especialistas no assunto. A metodologia foi composta por uma revisão nas bases Scopus e Science Direct, que forneceram o embasamento teórico necessário para a realização do estudo. O questionário foi aplicado a especialistas no tema Indústria 4.0 que trabalham em indústrias e vivenciam o seu desenvolvimento no cenário nacional. Os principais desafios encontrados estão relacionados a falta de conhecimento sobre a Indústria 4.0, alto investimento para a implementação das tecnologias e a falta de infraestrutura física e digital. Deste modo, esta pesquisa é capaz de fornecer referências e bases para estudos e iniciativas que possam ser implementadas na busca pela eliminação das principais barreiras da Indústria 4.0 no Brasil, possibilitando o avanço e desenvolvimento de novas tecnologias.

PALAVRAS-CHAVE: Barreiras; Desenvolvimento Tecnológico; Indústria Brasileira.

1 INTRODUÇÃO

O conceito “Indústria 4.0” surgiu pela primeira vez na Alemanha, tendo como principal objetivo aumentar a produtividade e competitividade da indústria alemã (KAGERMANN, LUKAS, WAHLSTER, 2011) por meio de tecnologias emergentes como a Internet das Coisas (IoT), Sistemas Físicos Cibernéticos e Fábricas Inteligentes (HERMANN, PENTEK, OTTO, 2016; LU, 2017).

Conforme Zhou, Liu e Zhou (2015) e Moeuf *et al* (2019), os benefícios acarretados pelas práticas da Indústria 4.0 são a flexibilidade, que diz relação à tomada de decisão rápida às mudanças de mercado; redução de custos; melhoria na produtividade, com ganhos de produção e redução de perdas; e melhoramento da qualidade, visto que os dados históricos e as ferramentas da Indústria 4.0 auxiliam no controle da qualidade.

Embora o tema seja crescente e impacte de forma direta nos sistemas produtivos, a literatura possui uma grande lacuna em pesquisas a respeito da adoção da Indústria, ocasionando com que pouco seja entendido sobre o assunto e sua aplicação prática não seja consolidada (HOFFMAN, RÜSCH, 2017).

Ao comparar as barreiras enfrentadas por países em desenvolvimento com a dos países desenvolvidos, notam-se alguns desafios em comum, como falta de mão de obra qualificada e custos elevados para implementação das tecnologias essenciais para implementação dos conceitos da Indústria 4.0 (HALSE, JÆGER, 2019). Entretanto, no que diz respeito a inserção de novas tecnologias, ainda é possível verificar uma grande disparidade entre estes países, visto que países industrializados utilizam de políticas de incentivo a prática da indústria 4.0 para otimizar o seu desempenho social e econômico (BOGOVIZ *et al*, 2018).

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.

Desta forma, identifica-se que há necessidade em que pesquisas sejam voltadas à singularidade de cada país, considerando suas particularidades para que as barreiras sejam identificadas e soluções sejam propostas 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?

O objetivo principal desta pesquisa é identificar as barreiras à adoção da indústria 4.0 no Brasil. Para isso, serão elencados os desafios que impedem a implementação bem-sucedida destas tecnologias a nível mundial através de revisão bibliográfica. Tais desafios serão avaliados e validados por especialistas da área por meio de questionário.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa está dividida em 4 principais etapas, onde a primeira etapa é referente a revisão sistemática, a segunda etapa é relacionada a escolha dos artigos, a terceira etapa refere-se à classificação das principais barreiras a adoção da Indústria 4.0 no cenário mundial, a quarta etapa consiste na identificação das principais barreiras enfrentadas em território nacional a partir da opinião de especialistas.

Na primeira etapa, as barreiras mundiais para implementação da Indústria 4.0 foram identificadas com base em uma revisão de literatura, que ocorreu entre os meses de abril até agosto de 2020, onde foram revisados artigos de pesquisa sobre a Indústria 4.0 publicados nas bases de dados *Scopus* e *ScienceDirect*.

Para compreender os conceitos da Indústria 4.0, foi realizada uma busca por artigos contendo o termo “*Industry 4.0*”. Buscando definir 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 aparição do termo “Indústria 4.0” ocorreu em 2011, quando o conceito foi apresentado na Feira de Hannover. Portanto, 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.

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: 1) Exclusão dos artigos duplicados; 2) Leitura do resumo dos artigos; 3) Análise de todo o conteúdo do artigo; 4) Seleção de artigos relevantes presentes nas referências dos artigos revisados.

A terceira etapa deste artigo consiste em elencar 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 vinte obstáculos para adoção da quarta revolução industrial. São eles:

- Ausência de uma política de compartilhamento de dados entre as organizações
- Alto investimento para implementação da Indústria 4.0
- Alta Resistência a mudança por parte dos trabalhadores
- Dependência de máquinas
- Baixa aceitação do empregado
- Baixo nível de maturidade da tecnologia preferida
- Desigualdade social causada pela interrupção nos empregos
- Desafios na integração da cadeia de valor
- Incerteza sobre segurança de dados

- Falta de suporte por parte da alta gerencia na implementação
- Incerteza quanto ao benefício econômico do investimento
- Falta da disponibilidade de tempo para implementação
- Falta de conhecimento sobre a indústria 4.0
- Falta de fornecedores de soluções tecnológicas devido à alta complexidade científica
- Falta de cultura organizacional
- Falta de padronização de dispositivos
- Falta de treinamento interno
- Falta de mão de obra qualificada
- Falta de infraestrutura física e digital
- Falta de normas, regulamentações, certificações e padrões para implementação da Indústria 4.0

Entretanto estas barreiras citadas anteriormente foram mencionadas em estudos relacionadas a países Europeus, como Alemanha, Reino Unido e Bélgica e países da Ásia Oriental, como Japão e China. Portanto a quarta etapa consiste em verificar o impacto dos desafios citados 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", que contém a breve descrição de todas as vinte barreiras encontradas na etapa 3 através da revisão bibliográfica e um grupo de especialistas que trabalham em indústrias no brasileiras foram contatados para ranquear, de acordo com suas experiencias, conhecimento e vivencia com o tema, as 3 principais barreiras que exercem influência no Brasil e as 3 barreiras que não impactam na adoção da Industria 4.0.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com os especialistas, os 3 principais desafios que impactam e impedem uma implementação bem-sucedida da Indústria 4.0 são:

1) Falta de conhecimento sobre a indústria 4.0: A transformação digital vem, de forma gradual, tomando conta de diversos departamentos nas organizações, como atendimento ao cliente, recursos humanos, logística e principalmente na produção, porém é possível notar que esta transformação ocorre de forma lenta em organizações que não possuem conhecimento suficiente de como implementar estas novas tecnologias de produção (KILIMIS *et al.*, 2019) e (KÜSTERS, PRAß E GLOY, 2017).

De acordo com Hofmann e Rüsç (2017) um dos principais agravantes para a falta de conhecimento na efetivação das práticas da Manufatura Inteligente é a falta de literatura existente sobre o tema.

Neste contexto, é comum que existam concepções equivocadas a respeito da real dificuldade de implementação das soluções digitais, o que impacta negativamente na forma de avaliar concisamente os benefícios da implementação destas tecnologias e de como conduzir as mudanças necessárias (SOMMER, 2015, KAMBLE, GUNASEKARAN E SHARMA, 2018 e MÜLLER, BULIGA E VOIGT, 2018).

De acordo com os entrevistados, muitos diretores ainda julgam a Indústria 4.0 como uma tecnologia que pode ser comprada, e não a compreendem como um conceito. Muitos ainda julgam ser um modismo do mercado e que não enxergam grandes vantagens na sua implementação portanto não compreendem o real valor do conceito, não vão trabalhar pela sua implementação.

2) Alto investimento para implementação da Indústria 4.0: Para uma implementação bem sucedida de iniciativas envolvendo as tecnologias da Indústria 4.0, é necessário um aporte financeiro 50% maior do que o planejado, por no mínimo cinco anos

(GEISSBAUER *et al.*, 2014), exigindo que tais organizações criem novas estratégias e aumentem de forma considerável seus investimentos (Raj *et al.*, 2020).

Este alto investimento é necessário para desenvolver uma moderna estrutura ou padronizar a infraestrutura da organização para que seja possível adaptar as novas tecnologias no prédio existente, como tecnologia de sensores e dispositivos inteligentes e inovações para um processo sustentável (DUTTA *et al.*, 2020; NICOLETTI, 2018 E RAJPUT E SINGH, 2019).

De acordo com os autores Oncioiu *et al.* (2019) é comum também que as organizações, por falta de recursos financeiros, deixem de investir em pesquisa e desenvolvimento de instrumentos relacionados a Indústria 4.0.

3) Falta de Infraestrutura Física e Digital: De acordo com Rauch, Dallasega e Unterhofer (2019) as organizações não possuem infraestrutura física necessária para receber novas tecnologias de manufatura, que objetivam automatizar processos.

Os autores Kamble, Gunasekaran e Sharma (2018) e Raj *et al.* (2020) enfatizam a falta de instalações para o desenvolvimento de um departamento de Tecnologia da Informação e a falta de cobertura de rede de internet e/ou falta de provedores de internet de alta velocidade. Estes recursos são cruciais para que as principais tecnologias presentes na Quarta Revolução Industrial, como Internet das Coisas, Armazenamento em Nuvem e Sistemas Cyber-Físicos, sejam implementadas com sucesso (COELHO (2016) E SANTOS *et al.* (2018).

De acordo com os especialistas em Indústria 4.0, alguns dos desafios enfrentados pelos países onde a Quarta Revolução Industrial já está consolidada não exercem o mesmo impacto na região Sul do Brasil, são eles:

Desigualdade social causada pela interrupção nos empregos: De acordo com Raj *et al.* (2017) a indústria 4.0 conduzirá tensão social ao mercado ocupacional trabalhista, pois a tecnologia necessária para implementação de tecnologias como Big Data, Sistemas Cyber-Físicos e demais conhecimentos emergentes, segregará o mercado em categorias de baixo salário/ baixa qualificação e alta remuneração/ alta qualificação. Ademais, devido a modernização de processos, alguns postos de trabalho passarão a ser extintos, aumentando ainda mais a desigualdade social e impactando de forma negativa o mercado de trabalho (HADDUD *et al.*, 2017).

Falta de fornecedores de soluções tecnológicas devido à alta complexidade científica: A ausência de fornecedores experientes é um obstáculo enfrentado por empresas que buscam soluções inovadoras e diversificadas (KIEL, ARNOLD E VOIGT, 2017), pois as tecnologias requeridas para adoção da Indústria 4.0 são altamente complexas e relativamente novas.

De acordo com Anderl (2014), as organizações que estão situadas em países com economias ainda emergentes, precisam importar soluções tecnológicas de outras regiões, acarretando altos custos devido aos efeitos cambiais, dificultando ainda mais para as empresas que não dispõem de recursos financeiros de forma abundante.

Falta de padronização de dispositivos: Segundo Chen *et al.* (2014) a qualidade de dados provém de quatro principais aspectos, sendo eles: redundância, integridade, precisão e consistência. Porém atingir uma impecável integração de dados e uma elevada qualidade dos mesmos, mostra-se como sendo um dos principais desafios da implementação das tecnologias da Indústria 4.0 (ONCIOIU *et al.*, 2019).

Com a fusão do mundo físico, digital e biológico promovida pela quarta revolução industrial, diversos equipamentos e empresas necessitam estar interconectadas, gerando um elevado número de dados complexos e de natureza heterogênea, o que significa que tais dados, coletados por diferentes dispositivos terão diferentes formas de representação e semântica (RAJ *et al.*, 2020; RAJPUT, 2019 e BORGIA, 2014)

As fabricas inteligentes, somente atingirão seu ápice quando a transmissão e recepção de dados entre todos os seus sistemas alcançarem uma sincronia perfeita nas redes de controle. Para isso exige-se uma boa arquitetura de integração e sistemas, bem como modelos e procedimentos que garantam a confiabilidade desses dados (HUSSAIN *et al.*, 2017; DA XU, HE E LI, 2014)

4 CONCLUSÃO

O uso das tecnologias da quarta revolução industrial no cenário nacional ainda é prematuro, quem sai na frente são as empresas que possuem uma visão de mercado mais competitiva, apostando em processos de manufaturas inovadoras. A indústria 4.0 abrange a integração de diferentes tecnologias trazendo uma otimização de processos e informações que quando bem controlados são capazes de trazer melhorias significativas na produtividade e qualidade dos produtos e serviços de uma organização.

Este artigo reuniu informações oriundas de pesquisas presentes na literatura internacional que abordam as principais barreiras presentes na adoção das tecnologias da Indústria 4.0 em suas respectivas regiões de estudo. É válido ressaltar que cada país possui as suas próprias características e singularidades em termos econômicos e tecnológicos, portanto o conteúdo extraído representa as principais barreiras internacionais, oriunda de países desenvolvidos e subdesenvolvidos.

No que tange as perspectivas, as informações fornecidas pelos profissionais da área de tecnologia no Brasil, foi possível determinar que dentre as barreiras encontradas, as que detém maior impacto no cenário nacional estão atreladas a falta de conhecimento sobre a Indústria 4.0, alto investimento para a implementação das tecnologias e falta de infraestrutura física e digital. Também nesta mesma linha de raciocínio foi possível definir as barreiras de menor impacto, com ênfase na desigualdade social causada pela interrupção de empregos, falta de fornecedores de soluções tecnológicas e a falta de padronização de dispositivos.

Assim este artigo atingiu seu objetivo em posicionar os principais desafios na implementação da indústria 4.0 no Brasil, possibilitando que iniciativas possam ser implementadas diretamente nas barreiras de maior impacto, para que essas possam ser eliminadas, possibilitando um avanço dessas tecnologias no cenário nacional.

REFERÊNCIAS

ANDERL, R., STRANG, D., PICARD, A., CHRIST, A. **Integriertes Bauteildatenmodell für Industrie 4.0 – Informationsträger für cyber-physische Produktionssysteme**. *In*: Zeitschrift für den Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF), 109 (2014, 1-2), 64-69.

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, v. 169. Springer, Cham.

BORGIA, E. **The internet of things vision: key features, applications and open issues**. Computer Communications, 54, 1-31, 2014.

CHEN, S. *et al.* A vision of IoT: applications, challenges, and opportunities with China Perspective. **IEEE Internet of Things Journal**. 2014, 1(4), 349-359.

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.

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.

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

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

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., JÄGER 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

HUSSEIN, Hafezali Iqbal *et al.* Industry 4.0: A Solution towards Technology Challenges of Sustainable Business Performance. **Soc. Sci.** 2019, 8(5), 154. 16 May 2019.

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

KIEL, D, C ARNOLD and K-I VOIGT. The influence of the industrial internet of things on business models of established manufacturing companies - A business level perspective. **Technovation**, 68, 4–19, 2017.

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.

MOEUF, A.; PELLERIN, R.; LAMOURE, 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.

MULLER, J; BULIGA, O; VOIGHT, K. Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0. **Technological Forecasting and Social Change**, 2018, v. 132, issue C, 2-17.

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

ONCIOIU, I. *et al.* **The impact of big data analytics on company performance in supply chain management**. Sustainability (Switzerland), v. 11, n. 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**, v. 49, dec. 2019, p. 98-113

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.

SANTOS, B. *et al.* Indústria 4.0: desafios e oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v.4, n.1, p.111-124, 2018.

SATYRO W.C. *et al.* **Implementation of Industry 4.0 in Germany, Brazil and Portugal: Barriers and Benefits**, 2019.

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.

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.

W. HE and L. XU, "Integration of distributed enterprise applications: A survey", **IEEE Trans. Ind. Informat.**, v. 10, no. 1, pp. 35-42, Feb. 2014.

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. 2147-2152.

