

## **Aplicabilidade da Filosofia Lean na Indústria 4.0**

### **Applicability of Lean Philosophy in Industry 4.0**

DOI:10.34117/bjdv7n3-036

Recebimento dos originais: 08/02/2021

Aceitação para publicação: 01/03/2021

#### **Eduardo Stefani**

Mestrado

Universidade Nove de Julho - UNINOVE

Rua Vergueiro, 235/249 - São Paulo/SP - 01525-000

eduardo\_stefani@uni9.edu.br

#### **João Marcos Barbosa Oliveira**

Mestrado

Universidade Nove de Julho - UNINOVE

Avenida Tamandaré, 319 - 1 - Campo Grande/MT - 79009-790

barbosaooliveira.joao@eb.mil.br

#### **Paola Montini**

Mestrado

Universidade Nove de Julho - UNINOVE

Rua Ingá 105 - 8 - São Paulo/SP - 02420-100

pmontinimarinelli@gmail.com

#### **Joziete Ferreira Wanderley**

Graduação

Universidade Nove de Julho - UNINOVE

Rua Vergueiro, 235/249 - São Paulo/SP - 01525-000

jw.ferreira@uni9.edu.br

#### **Ivanir Costa**

Doutorado

Universidade Nove de Julho - UNINOVE

Rua Vergueiro, 235/249 - São Paulo/SP - 01525-000

ivanirc@uni9.pro.br

### **RESUMO**

A Indústria 4.0 representa uma nova Revolução Industrial que está em andamento. Nesse cenário, as tecnologias habilitadoras estão mudando fundamentalmente os processos industriais e a forma como os produtos são produzidos, colaborando para a criação de uma nova cadeia de valor. Já a Filosofia Lean atua na redução de custos e no aumento da qualidade nos processos, sendo muito empregada na indústria desde a metade do século passado. Assim, este artigo tem por objetivo verificar a aplicabilidade da Filosofia Lean nas tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. Para isso, foi realizada uma pesquisa na literatura disponível sobre o assunto e, a partir dos estudos encontrados, pôde-se concluir que a Filosofia Lean tem aplicabilidade em todas as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, por meio da utilização de um ou mais de seus princípios.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0, Filosofia Lean, Tecnologias Habilitadoras, Cadeia de Valor, Revolução Industrial.

## ABSTRACT

Industry 4.0 is a term used for a new industrial revolution in progress. Its enabling technology is changing industrial processes and the way products are produced, thus contributing to the creation of a new value chain. Lean Philosophy, on the other hand, is the action of reducing costs and increasing the quality of processes. It has been applied to industries since the second half of the last century. The object of this paper is to verify Lean Philosophy applicability on enabling technology. The research was performed based on available literature on this topic. Based on studies, it is possible to conclude that Lean Philosophy can be applied to all Industry 4.0 enabling technology using one or more of its principles.

**Keywords:** Industry 4.0, Lean Philosophy, Enabling Technologies, Value Chain, Industrial Revolution.

## 1. INTRODUÇÃO

As últimas décadas foram marcadas por um rápido avanço da produtividade e lucratividade na indústria. Como resultado da busca por eficiência, qualidade e custo reduzido, seguiu-se um fluxo cumulativo de processos e tecnologias que permitiram um aumento no desempenho dos variados tipos de indústria.

Historicamente, o termo Indústria 4.0 surgiu na Alemanha, no início da década de 2000, e rapidamente se tornou popular no mundo (VITA, 2018). Ela é, na verdade, uma indústria cujas principais características são produtos inteligentes, soluções inter-relacionadas e máquinas conectadas (TORTORELLA e FETTERMANN, 2017). No entanto, não se trata somente da capacidade de produzir em escala, com qualidade e baixos custos, mas sim de integrar toda uma cadeia e permitir, por exemplo, a produção de produtos customizados (TORTORELLA e FETTERMANN, 2017).

Para isso, algumas tecnologias são essenciais, de modo a permitir que uma organização adote a Indústria 4.0. Elas são chamadas de tecnologias habilitadoras, as quais contemplam: robôs autônomos, simulações, integração de sistemas, Internet das Coisas, cibersegurança, computação em nuvem, manufatura aditiva (impressão 3D), realidade aumentada e *Big Data* (PACCHINI, 2019). Assim, é possível ver claramente a junção de várias tecnologias e isso, em parte, explica que há uma nova Revolução Industrial em andamento (VITA, 2018).

No mundo acadêmico e industrial surgiu um interesse sobre a forma pela qual a Indústria 4.0 poderia ser integrada com a Filosofia Lean, inclusive com o questionamento se isso seria possível ou mesmo viável. À medida que foi disseminada, a Filosofia Lean passou a ser definida e tratada de formas distintas (DANESE *et al.*, 2018). Nesse sentido,

a confusão sobre as definições dela pode estar relacionada com o próprio significado dessa filosofia desde o seu surgimento (VITA, 2018).

O termo Filosofia Lean nasceu para identificar o TPS (Sistema Toyota de Produção), que é uma filosofia de administração da produção, surgida no Japão na década de 1960, tendo a sua criação e o seu desenvolvimento creditado à *Toyota Motor Company* (WOMACK e JONES, 2005). Com a sua simplicidade e eficiência, tornou-se objeto de competitividade para empresas, não ficando restrita somente à produção, mas também alcançando outras áreas das organizações (BEHROUZI e WONG, 2011).

Contudo, quando a Filosofia Lean foi criada, a indústria não tinha o nível de dinamismo atual. O fato de hoje ser possível a produção de produtos e serviços customizados, impõe um grande desafio para essa filosofia, no sentido de permanecer útil para as indústrias da atualidade. Desse modo, a partir das tecnologias e dos processos emergentes, este trabalho pretende analisar a aplicabilidade dos princípios da Filosofia Lean nas tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 e responder à seguinte questão de pesquisa: “Os princípios da Filosofia Lean podem ser aplicados nas tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0?”

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Considerando que este artigo tem como ponto principal analisar as contribuições da Filosofia Lean na Indústria 4.0, este referencial teórico tem como objetivo apresentar alguns conceitos da Indústria 4.0, das Tecnologias Habilitadoras e a da Filosofia Lean.

### 2.1 INDÚSTRIA 4.0 E AS TECNOLOGIAS HABILITADORAS

Segundo Pacchini (2019), a Indústria 4.0 refere-se, coletivamente, a uma gama de conceitos, cuja classificação clara e sua distinção precisas não são viáveis em casos individuais, porém é possível listar alguns conceitos fundamentais dela, tais como: fábrica inteligente, sistemas ciber-físicos, auto-organização, novos sistemas de distribuição e de compras, novos sistemas para o desenvolvimento de produtos e serviços, adaptação às necessidades humanas e responsabilidade social da organização. De maneira similar, Wan (2015) define que a Indústria 4.0 tem duas variações principais. A primeira, é a fábrica inteligente, que tem como objetivo estudar o sistema de produção inteligente e realizar instalações de produção distribuídas em rede. A outra, é a manufatura inteligente, que está principalmente relacionada ao gerenciamento de logística de produção da empresa toda, à interação homem-computador e à tecnologia de impressão 3D em processo industrial.

Sob essas duas variantes foram desenvolvidos os esforços em quatro áreas: novos métodos, novas tecnologias, novas demandas e novos modelos.

Já as tecnologias habilitadoras se referem a uma ou a uma série de aplicações com características multidisciplinares para realizar tarefas, ao passo que a Indústria 4.0 trabalha com uma manufatura inteligente baseada em sistemas ciber-físicos, do inglês *Cyber-Physical Systems*. Essas tecnologias são usadas para se conectar à Internet, transformar pedidos, buscar informações e armazenar dados. Dessa maneira, no âmbito da integração mútua e otimização de tecnologias facilitadoras, isso se torna mais simples e conveniente para produção, processamento e moldagem (XIA, 2013).

Tortorella (2017) define a Indústria 4.0 como a viabilização de uma produção dinâmica e autônoma, a qual integra as tecnologias da Informação e Comunicação para permitir a produção em massa de produtos altamente customizados. Já segundo Vita (2018), a Indústria 4.0 reúne os avanços tecnológicos contemporâneos que integram o mundo físico, com seus modelos virtuais, serviços e, finalmente, coordenação dentro de uma organização para criar uma cadeia de valor ágil e interconectada. A Figura 1 ilustra as nove tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0.



Figura 1: As nove Tecnologias Habilitadoras da Indústria 4.0  
Fonte: Autores – adaptado de Pacchini (2019)

## 2.2 FILOSOFIA LEAN

Ao estudar a Filosofia Lean, é importante entender o contexto histórico do seu surgimento. Após a Segunda Guerra Mundial, o Japão enfrentou grandes dificuldades e, por isso, não dispunha dos recursos necessários para investir no modelo de produção em massa vigente nesse período (RIANI, 2006). Por conta disso, foi necessário criar um modelo de gestão que utilizasse os escassos recursos japoneses de forma eficiente. Desse

modo, a Filosofia Lean cresceu rapidamente nas indústrias que buscavam reduzir o desperdício e aumentar a produtividade, a partir dos requisitos dos clientes (KODALI, 2015).

Os primeiros objetivos da Filosofia Lean estavam relacionados à busca de maneiras de reduzir custos e melhorar a qualidade. Posteriormente, ela teve uma abordagem prescritiva para aplicar ferramentas, depois evoluiu, por meio de uma abordagem de contingência, e, em seguida, obteve uma perspectiva do sistema, prestando atenção às pessoas e ao trabalho em equipe, com recursos de integração e com foco na criação de valor para o cliente (OHNO, 1988, 1990, 2000). A Figura 2 apresenta os cinco princípios da Filosofia Lean, inicialmente definidos por Womack e Jones (1990).

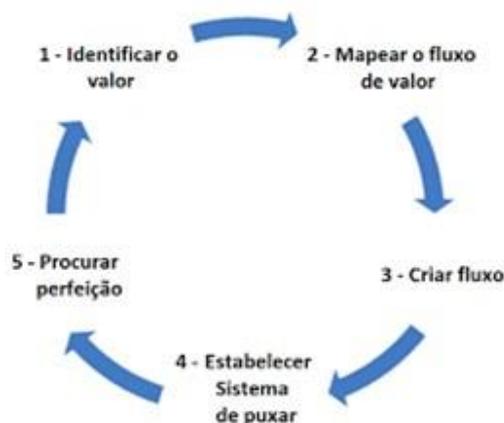


Figura 2: Os cinco princípios da Filosofia Lean  
Fonte: Womack et al. (1997)

Importante salientar que esta pesquisa utilizou as definições teóricas apresentadas no Quadro 1 para os cinco princípios da Filosofia Lean, destacando-se que ela reúne o ponto de vista de autores diversos.

Quadro 1 – Princípios da Filosofia Lean

Princípio	Definição
Valor	Valor é o conteúdo inerte do produto (bem e/ou serviço) na visão e julgamento do cliente, o que se reflete em sua demanda e no preço de venda ao mercado (LÉXICO, 2013).
Fluxo de valor	É o mecanismo organizacional que reúne todas as partes envolvidas de forma contínua, visando à criação de um canal para a cadeia de valor, visualizando um todo, eliminando totalmente os desperdícios (WOMACK, 1990).
Fluxo contínuo	É uma ferramenta que possibilita representar visualmente todas as etapas envolvidas, tanto de materiais como de informações. À medida que o produto tem sua sequência no fluxo de valor,

	contribui para uma melhor compreensão da agregação de valor, desde o fornecedor até o consumidor (ROTHER e SHOOK, 2003)
Produção puxada	É um processo em que não se deve iniciar a produção de um bem ou serviço sem que o cliente do processo posterior tenha a solicitado (WOMACK, 1990).
Perfeição	A busca pelo princípio da perfeição emerge a partir da ideia de que a empresa tem habilidades para especificar o valor com precisão (WOMACK, 1990).

Fonte: Léxico (2013), Womack (1990) e Rother & Shook (2003).

### 3 FILOSOFIA LEAN E AS TECNOLOGIAS HABILITADORAS DA INDÚSTRIA

#### 4.0

Com a finalidade de realizar o estudo sobre como os princípios da Filosofia Lean, são aplicadas, nas tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, buscas nas bases de dados digitais *Web of Science*, SCOPUS e *Google Scholar*, realizadas usando os seguintes critérios, listados no Quadro 2.

Quadro 2 – Critérios de busca

Número	Descrição
1	Os termos da pesquisa incluíram as palavras-chave “Lean Thinking” e “Tecnologia Habilitadora” no título ou no resumo;
2	Foram incluídos artigos de revistas e artigos de congressos e conferência;
3	Artigos que não relacionassem a Tecnologia Habilitadora com, pelo menos, um dos princípios da Filosofia Lean foram excluídos;
4	Excluiu-se também artigos que não fossem de acesso livre;
5	Houve inclusão de dissertações e teses acadêmicas;
6	Teve como fonte de pesquisa o livro sobre Governança Digital 4.0.

Fonte: Autores

Tendo como orientadora a questão de pesquisa “Os princípios da Filosofia Lean podem ser aplicados nas tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0?”, as buscas se limitaram a encontrar ao menos um trabalho que demonstrasse, de forma clara, a relação entre as tecnologias habilitadoras em um ou mais princípios da Filosofia Lean. O resultado delas indicou que somente 9 trabalhos atenderam aos critérios da pesquisa, os quais são listados no Quadro 3.

Quadro 3 – Relação entre as Tecnologias Habilitadoras e os Princípios da Filosofia Lean

Tecnologia Habilitadora	Princípio da Filosofia Lean	Estudo que relacionam os constructos
Robôs autônomos	Todos os princípios	Stadnicka e Antonelli (2019)
Simulações	Fluxo de valor	Gjeldum <i>et al.</i> (2011)
Integração de sistemas	Produção puxada	Powell <i>et al.</i> (2013)
Internet das Coisas	Todos os princípios	Mrugalska e Wyrwicka (2017)
Cibersegurança	Valor	Widman <i>et al.</i> (2012)
Computação em nuvem	Todos os princípios	Mayr (2018)
Impressão 3D	Valor	Biazzo <i>et al.</i> (2017)
Realidade aumentada	Fluxo de valor, perfeição	Koseoglu e Nurtan-Gunes (2018)
<i>Big Data</i>	Todos os princípios	Majiwala <i>et al.</i> (2019)

Fonte: Autores, a partir de buscas realizadas nas bases de dados *Web of Science*, *SCOPUS* e *Google Scholar*.

Ressalta-se que as buscas ocorreram no período de 2011 a 2019, para serem trabalhadas somente com artigos considerados no estado da arte. Nota-se, no Quadro 3, que todas as tecnologias habilitadoras, avaliadas como essenciais por Pacchini (2019), foram contempladas na pesquisa bibliográfica, sendo que 4 delas (robôs autônomos, Internet das Coisas, computação em nuvem e *Big Data*) encontram-se relacionadas pelos autores para todos os princípios da Filosofia Lean.

A partir dos 9 estudos selecionados e constantes no Quadro 3, foi efetuada uma revisão sistemática sobre a aplicabilidade da Filosofia Lean nas tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, apresentada a seguir.

Para Stadnicka e Antonelli (2019), é possível abordar o problema do *design* de células de robôs colaborativos com os métodos criados, baseados nos princípios da Filosofia Lean. Com isso, é possível prover mais segurança e eficiência aos processos de tomada de decisão.

Já Djeldum *et al.* (2011) apresentam um aplicativo que simula um processo de produção, o qual foi desenvolvido utilizando o princípio de fluxo de valor da Filosofia Lean, implementado na linha de produção da indústria de construção naval da Croácia, com resultados positivos.

Powell *et al.* (2013) relacionaram como o princípio de produção puxada e a tecnologia habilitadora de integração de sistemas são capazes de interligar sistemas por

meio do emprego de *softwares Enterprise Resource Planning* (ERP), os quais integram a gestão empresarial de vários setores de uma empresa, como contabilidade, finanças, recursos humanos e vendas.

### 3 FILOSOFIA LEAN E AS TECNOLOGIAS HABILITADORAS DA INDÚSTRIA

#### 4.0

Com a finalidade de realizar o estudo sobre como os princípios da Filosofia Lean, são aplicadas, nas tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, buscas nas bases de dados digitais Web of Science, SCOPUS e Google Scholar, realizadas usando os seguintes critérios, listados no Quadro 2.

Quadro 2 – Critérios de busca

Número	Descrição
1	Os termos da pesquisa incluíram as palavras-chave “Lean Thinking” e “Tecnologia Habilitadora” no título ou no resumo;
2	Foram incluídos artigos de revistas e artigos de congressos e conferência;
3	Artigos que não relacionassem a Tecnologia Habilitadora com, pelo menos, um dos princípios da Filosofia Lean foram excluídos;
4	Excluiu-se também artigos que não fossem de acesso livre;
5	Houve inclusão de dissertações e teses acadêmicas;
6	Teve como fonte de pesquisa o livro sobre Governança Digital 4.0.

Fonte: Autores

Tendo como orientadora a questão de pesquisa “Os princípios da Filosofia Lean podem ser aplicados nas tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0?”, as buscas se limitaram a encontrar ao menos um trabalho que demonstrasse, de forma clara, a relação entre as tecnologias habilitadoras em um ou mais princípios da Filosofia Lean. O resultado delas indicou que somente 9 trabalhos atenderam aos critérios da pesquisa, os quais são listados no Quadro 3.

Quadro 3 – Relação entre as Tecnologias Habilitadoras e os Princípios da Filosofia Lean

Tecnologia Habilitadora	Princípio da Filosofia Lean	Estudo que relacionam os constructos
Robôs autônomos	Todos os princípios	Stadnicka e Antonelli (2019)
Simulações	Fluxo de valor	Gjeldum <i>et al.</i> (2011)
Integração de sistemas	Produção puxada	Powell <i>et al.</i> (2013)
Internet das Coisas	Todos os princípios	Mrugalska e Wyrwicka (2017)
Cibersegurança	Valor	Widman <i>et al.</i> (2012)
Computação em nuvem	Todos os princípios	Mayr (2018)
Impressão 3D	Valor	Biazzo <i>et al.</i> (2017)
Realidade aumentada	Fluxo de valor, perfeição	Koseoglu e Nurtan-Gunes (2018)
<i>Big Data</i>	Todos os princípios	Majiwala <i>et al.</i> (2019)

Fonte: Autores, a partir de buscas realizadas nas bases de dados *Web of Science*, *SCOPUS* e *Google Scholar*.

Ressalta-se que as buscas ocorreram no período de 2011 a 2019, para serem trabalhadas somente com artigos considerados no estado da arte. Nota-se, no Quadro 3, que todas as tecnologias habilitadoras, avaliadas como essenciais por Pacchini (2019), foram contempladas na pesquisa bibliográfica, sendo que 4 delas (robôs autônomos, Internet das Coisas, computação em nuvem e *Big Data*) encontram-se relacionadas pelos autores para todos os princípios da Filosofia Lean.

A partir dos 9 estudos selecionados e constantes no Quadro 3, foi efetuada uma revisão sistemática sobre a aplicabilidade da Filosofia Lean nas tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, apresentada a seguir.

Para Stadnicka e Antonelli (2019), é possível abordar o problema do *design* de células de robôs colaborativos com os métodos criados, baseados nos princípios da Filosofia Lean. Com isso, é possível prover mais segurança e eficiência aos processos de tomada de decisão.

Já Djeldum *et al.* (2011) apresentam um aplicativo que simula um processo de produção, o qual foi desenvolvido utilizando o princípio de fluxo de valor da Filosofia Lean, implementado na linha de produção da indústria de construção naval da Croácia, com resultados positivos.

Powell *et al.* (2013) relacionaram como o princípio de produção puxada e a tecnologia habilitadora de integração de sistemas são capazes de interligar sistemas por

meio do emprego de *softwares Enterprise Resource Planning* (ERP), os quais integram a gestão empresarial de vários setores de uma empresa, como contabilidade, finanças, recursos humanos e vendas.

Os autores Mrugalska e Wyrwicka (2017) demonstraram como a evolução da indústria, ao longo dos anos, foi impactada por todos os princípios da Filosofia Lean, evoluindo de um sistema de comunicação analógico para um de comunicação digital, por meio da tecnologia habilitadora Internet das Coisas.

Widman (2012) estudou como o primeiro princípio da Filosofia Lean, valor, pode ser aplicado em várias áreas de um ciclo de desenvolvimento de *software*, incluindo cibersegurança.

Todos os princípios da Filosofia Lean com computação em nuvem em carros elétricos foram relacionados por Mayr (2018), com a finalidade de reduzir tempos de manutenção e prever danos que podem ocorrer devido à negligência. Segundo o estudo, isso melhora a qualidade e reduz o custo da manutenção dos carros.

Já Biazzo *et al.* (2017) relacionaram a importância do princípio valor da impressão 3D, principalmente na prototipagem de produtos para os clientes, ao realizarem um estudo sobre a aplicação da abordagem de desenvolvimento de produtos, utilizando a Filosofia Lean em empresas indianas.

Koseoglu e Nurtan-Gunes (2018) focaram na implementação de processos de melhorias de BIM (*Building Information Modeling*), modelagem da informação da construção com Realidade Aumentada, aplicando os princípios de fluxo de valor e de perfeição da Filosofia Lean, ao utilizarem *tablets* nos canteiros de obras para inspecionar as construções.

Por fim, Majuwala *et al.* (2019) estudaram como todos os princípios da Filosofia Lean podem ser aplicados com a tecnologia habilitadora *Big Data*, com a finalidade de diminuir a ocorrência de GIGO (*Garbage in Garbage Out*), objetivando a redução de custos e do tempo de processamento dos dados para a tomada de decisões.

A partir da revisão sistemática efetuada e dos resultados da pesquisa, é possível notar uma utilização efetiva e prática dos princípios da Filosofia Lean nas tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. Esses princípios foram utilizados total ou parcialmente, dependendo do estudo realizado.

#### 4 CONCLUSÃO

O estudo foi conduzido por meio de uma pesquisa acadêmica na literatura disponível, realizada com os termos “Lean Thinking” e “Tecnologia Habilitadora”. A pesquisa utilizou as bases de dados digitais *Web of Science*, *SCOPUS* e *Google Scholar*, sendo aplicados critérios de inclusão e exclusão, listados no Quadro 2, para encontrar ao menos um artigo que demonstrasse a relação estudada para responder à questão de pesquisa.

Os dois tópicos analisados aqui, Indústria 4.0 e Filosofia Lean, se complementam, uma vez que a Indústria 4.0 traz as tecnologias habilitadoras e todo o dinamismo que é necessário às organizações modernas. A junção, por exemplo, das tecnologias habilitadoras Internet das Coisas e robôs autônomos permite a construção de carros inteligentes e autoguiados, auxiliados naturalmente por uma série de sensores espalhados no ambiente. Desse modo, toda a sociedade terá seus comportamentos modificados, desde as suas casas até os seus empregos nas empresas existentes. Conseqüentemente, as fábricas terão condições de produzir produtos customizados em larga escala. Assim, o que se observa é um processo que mudará o modo como são produzidos e consumidos os produtos e serviços.

É importante observar que a Indústria 4.0 é resultado da união de várias tecnologias que são chamadas de habilitadoras. Dessa maneira, ela é o produto de um processo de acumulação tecnológica que vem evoluindo rapidamente nas últimas décadas, podendo-se concluir que a sociedade chegou a um momento de inflexão, em que essas tecnologias estão em um estágio de amadurecimento que permite a reunião delas para permitir a gestação de uma nova Revolução Industrial.

Quando se estuda as tecnologias habilitadoras, a Filosofia Lean aparece como um pavimentador para a implementação da Indústria 4.0 nas organizações (Staufen, 2016). De acordo com Womack (2005), a principal proposta da Filosofia Lean é otimizar e melhorar, de forma contínua, a entrega de valor para o cliente, evitando desperdícios, por meio da inclusão de boas práticas e condutas de desperdício zero nas empresas. Essa filosofia nasceu na indústria automotiva japonesa e se espalhou para o mundo, impactando processos, métodos e tecnologias envolvidos na produção.

A atenção que a Filosofia Lean dedica aos processos prepara o caminho por remover ou mitigar os impedimentos organizacionais que dificultam a implementação da Indústria 4.0, podendo-se citar o princípio do valor, que é de grande relevância, visto que há o valor do produto no julgamento do cliente. Sem a definição clara disso, que é

endereçada pela Filosofia Lean, a Indústria 4.0 poderia contribuir no dinamismo da produção, contudo resultaria em produtos ou serviços desinteressantes. Assim, reforça-se que é um risco acelerar processos mal formulados com a implementação de novas tecnologias. Nesse sentido, a Filosofia Lean vem para reduzir a complexidade e os riscos na implementação da Indústria 4.0 (Vita, 2018).

A última Revolução Industrial, baseada em eletrônicos e Tecnologia da Informação, permitiu a automação de equipamentos e processos (VITA, 2018). Já a Indústria 4.0, como a 4ª Revolução Industrial, vem para integrar todos os agentes físicos na cadeia de valor, criando um novo ecossistema, com a Filosofia Lean contribuindo na pavimentação desse caminho.

Considera-se, dessa forma, que o objetivo do trabalho de pesquisa, que era verificar a aplicabilidade da Filosofia Lean nas tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, foi atingido, comprovando-se a utilização de um ou mais de seus princípios. Este estudo poderá ser ampliado, no futuro, para se comprovar, nas empresas brasileiras, quais são os impactos da Filosofia Lean no uso das tecnologias habilitadoras.

## REFERÊNCIAS

BEHROUZI, F.; WONG, K.Y. An investigation and identification of lean supply chain performance measures in the automotive SMEs. *Scientific research and essays*, v. 6, n. 24, p. 5239-5252, 2011.

BIAZZO, S.; PANIZZOLO, R.; GORE, A. Lean product development implementation approach: Empirical evidence from indian lean manufacturers. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, v. 8, n. 3, p. 189-201, 2017.

DANESE, P.; MANFÈ, V.; ROMANO, P. A systematic literature review on recent lean research: state-of-the-art and future directions. *International Journal of Management Reviews*, v. 20, n. 2, p. 579-605, 2018.

FERNANDES, A. A.; DINIZ, J. L.; ABREU, W. F.; COSTA, I. e outros. *Governança Digital 4.0*. Rio de Janeiro: Brasport, 2019.

GJELDUM, N.; VEZA, I.; BILIC, B.. Simulation of production process reorganized with value stream mapping. *Tehnicki vjesnik*, v. 18, n. 3, p. 341-347, 2011.

JASTI, N. V. K.; KODALI, R. Lean production: literature review and trends. *International Journal of Production Research*, v. 53, n. 3, p. 867-885, 2015.

KOSEOGLU, O.; NURTAN-GUNES, E. T. Mobile BIM implementation and lean interaction on construction site. *Engineering, Construction and Architectural Management*. 2018.

LASI, H.; FETTKE, P.; KEMPER, H. G.; FELD, T.; HOFFMANN, M. *Industry 4.0. Business & information systems engineering*, v. 6, n. 4, p. 239-242, 2014.

LEITE, H. R.; VIEIRA, G. E.. Lean philosophy and its applications in the service industry: a review of the current knowledge. *Production*, v. 25, n. 3, p. 529-541, 2015.

LÉXICO, L. *Glossário ilustrado para praticantes do pensamento Lean*. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

MAJIWALA, H.; PARMAR, D.; GANDHI, P. Leeway of Lean Concept to Optimize Big Data in Manufacturing Industry: An Exploratory Review. *Data Science and Big Data Analytics*, 2018.

MAYR, A.; WEIGELT, M.; KÜHL, A.; GRIMM, S.; ERLI, A.; POTZEL, M.; FRANKE, J. Lean 4.0-A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0. *Procedia Cirp*, v. 72, n. 1, p. 622-628, 2018.

MRUGALSKA, B.; WYRWICKA, M. K. Towards lean production in industry 4.0. *Procedia engineering*, v. 182, p. 466-473, 2017.

OHNO, T.; DALLE, J. *L'esprit Toyota*. 1990.

OHNO, T. *Toyota production system: beyond large-scale production*. CRCPress, 1988.

OHNO, T. El sistema de producción de Toyota: más allá de la producción a gran escala, (pp. 35). Barcelona, Productivity, 2000.

PACCHINI, P. A. O grau de prontidão das empresas industriais para a implantação da indústria 4.0: um estudo no setor automotivo brasileiro. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2019.

POWELL, D.; ALFNES, E.; STRANDHAGEN, J. O.; DREYER, H. The concurrent application of lean production and ERP: Towards an ERP-based lean implementation process. *Computers in Industry*, v. 64, n. 3, p. 324-335, 2013.

RIANI, A. M. Estudo de caso: o lean manufacturing aplicado na Becton Dickinson. Monografia (Graduação) - Programa de Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2006.

ROTHER, M.; SHOOK, J. Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício – manual de trabalho de uma ferramenta enxuta. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

STADNICKA, D.; ANTONELLI, D. Human-robot collaborative work cell implementation through lean thinking. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Pg 1–16. 2019.

TORTORELLA, G. L.; FETTERMANN, D.. Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, v. 56, n. 8, p. 2975-2987, 2018.

VITA, R. O. Integration of Industry 4.0 and Lean Manufacturing and the Impact on Organizational Performance. 2018.

WAN, J.; CAI, H.; ZHOU, K. Industrie 4.0: enabling technologies. In: *Proceedings of 2015 international conference on intelligent computing and internet of things*. IEEE, 2015. p. 135-140.

WIDMAN, J.; HUA, S. Y.; ROSS, S. C. Identifying the values of customers in software development process. *Issues in Information Systems*, v. 13, n. 2, p. 296-301, 2012.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. The machine that changed the world: The story of lean production--Toyota's secret weapon in the global car wars that is now revolutionizing world industry. Simon and Schuster, 1990.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. Lean consumption. *Harvard business review*, v. 83, n. 3, p. 58-68, 2005.

WOMACK, J. P.; JONES, D.T. Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation. *Journal of the Operational Research Society*, v. 48, n. 11, p. 1148-1148, 1997.  
XIA, F.; LIU, L.; LI, J.; MA, J.; VASILAKOS, A. V. Socially aware networking: A survey. *IEEE Systems Journal*, v. 9, n. 3, p. 904-921, 2013.