

Filosofia Lean e Indústria 4.0: O Próximo Nível de Excelência Operacional

Lean Philosophy and Industry 4.0: The Next Level of Operational Excellence

Bruna Araujo Marques Silva¹
bruna_amarques@hotmail.com

Karoline Cristina Rosa Dos Santos¹
karoline_cristina_rosa@hotmail.com

Eduardo Lima Marcos¹
dudu_lm@yahoo.com.br

1 – Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba | Fatec Pindamonhangaba

Resumo: Em uma grande concorrência e necessidades de respostas rápidas, característica do mundo globalizado, as empresas devem levar em conta as expectativas dos clientes em relação a padrões de qualidade, custos, prazos de entrega e produtos que atendem às suas necessidades. O *lean manufacturing* é uma filosofia de gestão com o objetivo de melhorar continuamente o valor agregado de produtos e serviços por meio da redução dos desperdícios em seus processos internos. Somados, a indústria está vivenciando, também, a onda 4.0 e integrando às atuais tecnologias que criam formas de competitividade nesse mercado. O termo indústria 4.0 vem sendo citado com frequência e está diretamente associado ao futuro das atividades de manufatura. Assim sendo, este artigo tem o propósito de apresentar os conceitos e ferramentas da Indústria 4.0 e do Lean Manufacturing por meio de uma síntese da literatura. Como resultado foram encontrados que o tema Lean Manufacturing e Indústria 4.0 são estratégias distintas de gestão da produção. Todavia, se apresentam como complementares e compartilham os mesmos objetivos gerais que são o aumento de produtividade e a flexibilidade de resposta ao mercado pelas empresas. E ainda, se fortalecem em atender as demandas atuais e futuras do seu ambiente empresarial.

Palavras-chave: Lean Manufacturing, Sistema Toyota De Produção, Indústria 4.0, Ferramentas De Gestão, Tecnologia.

Abstract: *In a highly competitive environment and quick responses, characteristic of the globalized world, companies must consider customer expectations regarding quality standards, costs, delivery times and products that meet their needs. Lean manufacturing is a management philosophy with the objective of continuously improving the added value of products and services by reducing waste in its internal processes. Together, the industry is also experiencing wave 4.0 and integrating current technologies that create forms of competitiveness in this market. The term industry 4.0 has been used frequently and is directly associated with the future of manufacturing activities. Therefore, this article aims to present the concepts and tools of Industry 4.0 and Lean Manufacturing through a literature synthesis. As a result, it was found that the theme of Lean Manufacturing and Industry 4.0 are different production management strategies. However, they present themselves as complementary and share the same general objectives, which are increased productivity and flexibility in responding to the market by companies. Furthermore, they are strengthened in meeting the current and future demands of their business environment.*

Recebido em
03 out. 2022

Aceito em
15 fev. 2024

Publicado em
27 mar. 2024

<https://git.fateczl.edu.br>
e_ISSN
2965-3339
DOI
10.29327/2384439.2.2-6

@_GIT
Advances in Global
Innovation & Technology
Volume 2
Número 2
São Paulo
Março
2024



Keywords: *Lean Manufacturing, Toyota Production System, Industry 4.0, Management Tools, Technology.*

1. INTRODUÇÃO

Vivemos atualmente, de acordo com Teece (2007) em um mundo onde o ambiente de negócios está em rápida evolução, aberto à concorrência global e caracterizado pela dispersão em fontes geográficas e organizacionais de inovação e manufatura. Segundo SCHÜTZER (2016, apud Valedmed, 2019) as revoluções industriais são populares por trazerem inovações aos modelos de negócio e produção fabril, a partir do surgimento das máquinas a vapor, passando pela descoberta da eletricidade e chegando à aplicação de eletrônica e sistemas na manufatura.

A indústria brasileira ainda não possui domínio na utilização das vantagens proporcionadas pelas novas tecnologias para digitalização das fábricas e análise da performance de produtos (DALENOGARE, 2018). A produtividade é um fator chave para a competitividade e nos últimos anos o Brasil vem apresentando baixas na posição global, o país atingiu sua pior posição nesse quesito em 2017 de acordo com o ranking global de competitividade do *World Economic Forum*. A perda de competitividade compromete diretamente o crescimento econômico. De acordo com Zancul (2016 apud RIBEIRO e SILVA, 2020), no Brasil são poucos os setores competitivos em escala global, que garantem a produção customizada e produtos inovadores da revolução 4.0.

De acordo com o *World Management Survey*, pesquisa internacional de avaliação das práticas de gestão, foi constatado que no Brasil a maioria das empresas também apresenta baixa qualidade da gestão. Para alcançar o sucesso da implantação a inovação tecnológica é preciso ter o acompanhamento de um processo de gestão eficiente. Como apresenta o artigo Desafio para a Indústria 4.0 no Brasil (CNI,

2016), em médio e longo prazo a competitividade do Brasil depende da incorporação de novas tecnologias.

Diante do cenário atual este artigo pretende apresentar a importância e os benefícios do envolvimento da gestão *Lean Manufacturing* com a Indústria 4.0 por meio de uma síntese da literatura. Pois estes assuntos podem ser combinados de forma a se apoiarem no desenvolvimento de uma estrutura que permita melhorar a produtividade, a flexibilidade, e a eficiência nas aquisições e análises de dados, e tudo isto a custos reduzidos de produção (TEMPLE, 2016).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nessa seção, são brevemente apresentados os referenciais teóricos sobre a filosofia da gestão *Lean Manufacturing* e a Indústria 4.0.

2.1 FILOSOFIA LEAN

O *Lean* é uma palavra em inglês, comumente traduzida no contexto de uma empresa como “enxuto”, ou seja, uma empresa enxuta é aquela capaz de reduzir despesas e desperdícios. O *Manufacturing* é traduzido também do inglês como manufatura, mas o termo é usado para se referir à produção industrial. O sistema *Lean Manufacturing* ou manufatura enxuta, tem como principal fundamento administrar os sistemas convencionais de produção para um sistema de produção enxuto com foco na melhoria dos processos e redução das perdas.

A origem da filosofia de manufatura enxuta originou-se no Japão após a segunda guerra mundial. O país estava com um cenário político-econômico limitado e desfavorável, cujos objetivos de produção

estavam voltados para reduzir desperdícios e era preciso reconstruir e desenvolver a indústria de forma que seus produtos fossem mais competitivos com o que era oferecido pelos concorrentes.

Novos métodos produtivos eram necessários para que os produtos japoneses tivessem condições de competir com as tecnologias do ocidente (MORAES, 2011). A necessidade motivou a criação de um sistema que envolvesse pouco estoque, fluxo de caixa curto e eficiência na produção, sem abdicar da qualidade. Essa metodologia ficou conhecido mundialmente como “Sistema Toyota de Produção” (STP) por ter nascido na fabricante de automóveis Toyota, criada por Taiichi Ohno e Eiji Toyoda.

O início do sistema produtivo atual da Toyota foi marcado pela ideia de eliminar o desperdício para aumentar a produtividade, de acordo com (OHNO, 1997, apud FILHO, 2020) eles queriam um processo produtivo que pudesse superar o sistema de produção em massa convencional. Portanto fundamento do Sistema Toyota de Produção era produzir em pequenas quantidades e aumentar a variedade de modelos. As lições do fordismo foram muito importantes para o desenvolvimento, Taiichi Ohno e Eiji Toyoda aperfeiçoaram este modelo e o nomearam como STP, hoje conhecido como *Lean Manufacturing* que se tornou o novo modelo a ser seguido na indústria.

O STP foi associado ao termo *Lean Manufacturing* em 1990 pelos autores James Womack, Daniel Jones e Daniel Ross que publicaram o livro “A máquina que mudou o mundo”, a obra foi resultado de um estudo amplo do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) sobre a história e o futuro da indústria no setor automobilístico mundial e evidenciou as

vantagens do STP e sua popularização definitiva de qualidade nos processos produtivos.

Existem diferentes formas de representar o STP, a Figura 1, o representa com seus principais pilares (*Just-In-Time* e *Jidoka*) e outros elementos essenciais do processo.

A filosofia *Lean* de gerenciamento, engloba não só da produção, mas toda a organização que tem o objetivo de oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam: produtos de alta qualidade, baixo custo e quando solicitam. (SHINGO, 1996, apud BAIERLE, 2018), simultaneamente, além da utilização dessas famosas ferramentas é necessária uma nova cultura dentro da organização com a proporção de um ambiente de trabalho com pessoas no centro da empresa e busca da melhoria contínua.

O propósito da metodologia *lean* é fazer a produção (e todo o funcionamento da organização) fluir, por meio de processos eficientes. As equações devem ser incluídas numeradas continuamente. As equações devem ser centralizadas e definidas em uma linha separada.

Figura 1 – A Estrutura do Sistema Toyota de Produção.



Fonte: Ghinato (2000).

Um dos pilares do Sistema Toyota de produção, *Jidoka* é um termo japonês que significa: “automatização com um toque

humano”. A ferramenta concede ao operador a capacidade de interromper o processo caso seja identificada alguma anormalidade (GHINATO, 2000). Ela busca a automatização do processo de manufatura e é direcionada para o controle de qualidade prevenindo desperdícios.

Ligando a autonomia e a automação, a identificação de defeitos na produção é de extrema importância nos processos, bem como as ações corretivas, imediatas e preventivas com o objetivo de evitar recorrência (GALLARDO, 2007).

Dennis (2008) diz que o *Just In Time* (JIT) significa produzir o item necessário na hora necessária. O objetivo é identificar, localizar e eliminar os desperdícios integrando um sistema para servir ao cliente garantindo o fluxo da produção com pouco ou nenhuma perda. O JIT tem três elementos principais: o sistema puxado, o *takt time* e fluxo contínuo, (GALLARDO, 2007). A produção puxada não possui perdas por estoques ou por espera e permite redução do *lead time*.

O *Takt time* é o tempo necessário para produzir um produto completo, de acordo com a demanda que está ligado ao controle das operações para a implantação de um fluxo contínuo.

O *Just In Time* possui vantagens e ferramentas para atingir o objetivo final: pouco desperdício e alto valor agregado. O JIT coordena a base no processo como um todo, por esse motivo é considerado outro pilar do Sistema Toyota de produção.

Os pilares *Just in Time* e *Jidoka* tem como base o Heijunka (nivelamento da produção), operações padronizadas e *Kaizen* (melhoria contínua). Liker (2004) diz que o *Kaizen* tem três objetivos: melhorar a segurança, a qualidade e principalmente eliminar continuamente os desperdícios.

A padronização busca o máximo de produtividade e a eliminação de perdas que atrelada ao *Heijunka*, garante uma produção nivelada permitindo a produção de diferentes itens e garantindo o fluxo de produção.

Como base, o Sistema Toyota de Produção apresenta a estabilidade, que prontamente significa uma produção sob controle e com previsão garantida de qualidade e quantidade no momento desejado.

2.2 OS PRINCÍPIOS DO LEAN THINKING

O *Lean*, também conhecido como Sistema de Manufatura Enxuta, representou uma grande transformação em uma das maiores indústrias do mundo: o segmento automotivo, e atualmente encontra-se a sua aplicação em muitos outros setores, até mesmo além da indústria.

O processo de compreensão de como um sistema enxuto funciona pode ser comparado ao aprendizado de um novo idioma, que envolve mudar a maneira como pensamos e entendemos o ambiente. Embora muitas vezes contraditória, essa forma de pensar nos faz ver um fator crítico em todas as situações: Muda. (WOMACK e JONES, 2004). Muda, segundo Womack e Jones (2004), é uma palavra japonesa que significa desperdício, especificamente qualquer atividade humana que consome recursos, mas não cria valor. A Metodologia *Lean* utiliza algumas técnicas de funcionamento, procurando sempre reduzir o desperdício de recursos, melhorar a qualidade e maximizar o valor entregue ao cliente. Essa metodologia é essencial para a empresa que pretende implementar a melhoria contínua em cada um dos seus processos e tem como objetivo central tentar reduzir o tempo entre o pedido do cliente e a

entrega, eliminando o desperdício. Uma implementação bem-sucedida exige o compromisso e o suporte da direção e a participação ativa de todo o pessoal de uma organização (SMITH e HAWKINS, 2004).

Nesse sistema de produção, destaca-se cinco princípios que atuam simultaneamente para maximizar resultados e minimizar perdas, para entregar exatamente o que o cliente deseja, no momento certo. Os autores Womack e Jones (2004) apresentam esses princípios utilizados para definir técnicas de aplicação do pensamento enxuto para alcançar os objetivos do *Lean Thinking*. São eles: Valor, Fluxo de Valor, Fluxo Contínuo, Produção Puxada e Perfeição. Nos tópicos seguintes, apresenta-se a explicação desses princípios.

2.2.1 VALOR

Especificar o valor na visão do cliente, é o primeiro passo do sistema *lean*, esse princípio não leva em consideração o preço do seu produto, mas do valor agregado que ele oferece. O produto deve ser a parte da solução pela qual o cliente está disposto a pagar, portanto entender a atingir a *LEAN* expectativa da visão de valor do cliente é essencial para que não seja entregue produtos ou serviços errados resultando no desperdício.

2.2.2 FLUXO DE VALOR

Após ser definido o objetivo final no primeiro princípio do valor, o próximo passo é mapear o fluxo que se refere a todos todas as etapas e processos necessários na obtenção de um produto específico a partir de matérias-primas e entrega do produto acabado para o cliente.

O mapeamento de fluxo de valor identifica o que pode ou não agregar, sendo capaz de eliminar etapas desnecessárias e priorizar aquelas que efetivamente representam valor.

2.2.3 FLUXO CONTÍNUO

Em seguida coloca-se em prática o terceiro princípio do *lean thinking*: o fluxo contínuo. Essa etapa da manufatura enxuta prevê a produção ideal de cada parte do produto por vez, onde cada etapa é feita sem interrupções ou desperdício entre elas, buscando ao que realmente agrega valor. O objetivo é entregar com agilidade os pedidos dos clientes e conseguir manter baixos os níveis de estoque.

2.2.4 PRODUÇÃO PUXADA

Essa etapa consiste em eliminar o excesso de produção e reduzir o desperdício, todo o processo deve ser produzido de acordo com a demanda do cliente no tempo certo e com a qualidade desejada, ou seja, em vez de "empurrar" os produtos para o cliente, a produção é estimulada pela demanda para satisfazê-lo.

2.2.5 PERFEIÇÃO

Na cultura de melhoria contínua esse é o objetivo final, onde todas as demais fases estão integradas e os desperdícios já foram eliminados. A perfeição entrega ao cliente um processo de valor e deve estar sempre em evolução contínua, buscando formas de otimizar os processos e recursos disponíveis em benefício da qualidade.

2.3 OS DESPERDÍCIOS DO

Segundo Ohno (1997, apud Rocha, 2020) “A eliminação completa desses desperdícios pode aumentar a eficiência de operação por uma ampla margem. Para fazê-lo, devemos produzir apenas a quantidade necessária, liberando assim a força de trabalho extra”. O *lean manufacturing* consiste na eliminação de elementos desnecessários a fim de reduzir custos.

Em todo processo produtivo é possível encontrar algum tipo de desperdício. (ALMEIDA, 2010). Hoje as empresas, buscam se adaptar e melhorar continuamente e o Sistema Toyota de Produção permite identificar e quantificar as perdas, transformando-o em uma ferramenta de apoio à gestão.

Werkema (2010) reforça que a essência se encontra na redução dos sete tipos de desperdícios ou perdas. Para Campos (2014), desperdício é cada um dos recursos que são gastos na execução de um produto ou serviço além do que é realmente necessário, ao eliminá-lo as atividades que criam valor permanecem na organização; desta forma elas serão capazes de fortalecer vantagens competitivas.

Atualmente, empresas tem a necessidade de se adaptar e se aperfeiçoar de forma contínua. Uma das principais tarefas abordadas é a detecção e eliminação de desperdícios no processo (BORNIA, 1988).

O *Lean* destaca sete desperdícios registados ao longo da linha de produção, conforme descrito na figura 2.

Figura 2 – Os Sete Desperdícios Do Sistema Toyota De Produção



Fonte: Rezende et al. (2013).

2.4 PRINCIPAIS FERRAMENTAS DA METODOLOGIA LEAN

O êxito da abordagem *Lean* deve-se em grande parte à sua alta eficiência em reduzir a complexidade e evitar etapas dos processos que não criam valor (JASTI e KODALI, 2015). A metodologia *Lean manufacturing* demonstra um conjunto de técnicas e ferramentas que auxiliam na redução dos desperdícios e possibilitam alcançar ganhos e eficiência nos processos. Essas ferramentas combinadas podem ser de grande importância numa implementação de sucesso (ARTO, 2010). Algumas das ferramentas mais utilizadas são descritas a seguir:

1. 5S: Uma das ferramentas de qualidade mais populares, ela tem como objetivo organizar as condições de trabalho, reduzir desperdícios e tornar o ambiente propício para potencializar os resultados. Essa ferramenta é baseada em cinco processos: *Seiri* (Utilização), *Seiton* (Ordenação), *Seiso* (Limpeza), *Seiketsu* (Padronização) e *Shitisuke* (Disciplina).

2. **KANBAN:** O *Kanban* é uma ferramenta de gestão visual que busca a eficiência e coordenação durante o processo produtivo e possui foco na otimização do tempo e do processo. Ele facilita a produção puxada utilizando etapas dadas em “por fazer”, “em execução” e “concluídas”. Com base na análise dessas etapas direciona-se a produção para cumprimento das demandas.
3. **KAIZEN:** O foco dessa ferramenta é na melhoria contínua, ela demonstra que realizando pequenas ações é possível reduzir custos, aumentar os lucros e aumentar a produtividade sem grandes investimentos. Sua aplicação proporciona ainda melhorias na comunicação interna e externa.
4. **POKA YOKE:** É uma ferramenta preventiva utilizada para com o objetivo de antecipar e eliminar um possível erro de produção que coloque em risco a qualidade do produto.
5. **JIDOKA:** Um dos pilares do Sistema Toyota de Produção, essa ferramenta está ligada a gestão da qualidade e tem como objetivo a automação com o apoio humano, sendo possível identificar condições anormais na operação e pausar instantaneamente.
6. **JIT (*Just in time*):** Também reconhecido como um dos pilares do Sistema Toyota de Produção, essa ferramenta trabalha com a otimização do processo produtivo. Com sua aplicação, é possível evitar os excessos de estoque, reduzir custos e colaborar com o desenvolvimento e qualidade.

2.5 REVOLUÇÕES INDÚSTRIAS NA HISTÓRIA

A história mostra que todas as grandes revoluções ocorreram quando novas tecnologias e formas inovadoras de

perceber o mundo foram responsáveis pela alteração das estruturas econômicas e sociais. (NASSER, 2021)

De acordo com Pasquini (2020), a Primeira Revolução Industrial, a partir do século XVII, ficou caracterizada pelo uso de novas fontes de energia, pela utilização de máquinas a vapor, pelo desenvolvimento dos meios de comunicação (telégrafo) e pela divisão e especialização do trabalho.

Durante o processo da Revolução das Indústrias o uso de novas tecnologias se tornou um fator essencial, para o crescimento e modernização, o que interessava os donos das indústrias interessados em aumentar cada vez mais seus lucros. Diante deste contexto, o modelo industrial desenvolvido inicialmente sofreu mudanças importantes. Em 1870 frente a uma nova demanda tecnológica e movido pelas inovações, surge a Segunda Revolução Industrial (BOETTCHER, 2015).

Até o final da Segunda Guerra Mundial, verificaram-se consecutivamente evoluções nas indústrias químicas, elétricas e de metal. Foi nessa época que foram produzidos os primeiros navios feitos de aço e movidos por motores a vapor, revolucionando o mercado logístico. Durante este período, foram implementadas as primeiras linhas de produção na Indústria, surgindo o conceito de produção em massa e o uso da eletricidade. (LIMA, 2019).

A Terceira Revolução Industrial, final do século XX, veio com a tecnologia da informação, o surgimento dos computadores e suas redes, as telecomunicações, a microeletrônica, a conectividade e, obviamente o nascimento da Internet. Esta foi a revolução que popularizou o computador, ampliou as

aplicações da robótica e difundiu no mundo as comunicações via satélite e principalmente incluiu a internet no dia a dia das pessoas e empresas. (PASQUINI, 2018).

O mundo passou por três Revoluções, chegando atualmente em sua quarta, que se denomina Indústria 4.0. Sendo este um período de grande transformação, na qual a junção de inovações tecnológicas tem mudado de forma substancial como a sociedade vive, trabalha e se relaciona, e essa transformação tende a ser daqui para a frente diferente de tudo que o ser humano já experimentou. (SCHWAB, 2016).

2.6 INDÚSTRIA 4.0

O termo Indústria 4.0 surgiu pela primeira vez em 2011, na feira de Hannover (Alemanha), e em 2013 foi publicado também na feira de Hannover um trabalho completo sobre a criação e o desenvolvimento da Indústria 4.0 um dos maiores eventos do mundo direcionados ao setor industrial, desde então, tem sido considerado um tema relevante para a academia e de grande importância mundial para a indústria e sociedade, os impactos trazidos pela era da Quarta Revolução Industrial. (COSTA, 2017).

De acordo com Porto e Almeida (2021), esta nova etapa vivenciada pela indústria possibilita o comando descentralizado dos processos de fabricação utilizando tecnologias de integração de sistemas computacionais e de comunicação que se relacionam de maneira autônoma. A indústria 4.0 propõe o uso de sistemas ciber-físicos (CPS). O CPS permite a conectividade do real com o virtual e a troca simultânea de dados.

Além do uso dos CPSs, a Quarta Revolução Industrial se baseia em outras tecnologias fundamentais, como a *Internet of Things* (IoT) e a *Big Data Analytics*. Essa junção de tecnologias propicia às indústrias não só mudanças exponenciais no processo produtivo, mas também em toda a cadeia de valor, indo da produção ao pós-venda. (PORTO e ALMEIDA, 2021).

Yamada e Martins (2019) diz que, a aplicação do conceito da Indústria 4.0 fará com que as fábricas sejam inteligentes o suficiente para ter a capacidade e a autonomia para programar manutenções, antecipar falhas e adaptar aos requisitos e mudanças não planejadas no processo produtivo.

Segundo Lydon (2015), o objetivo da Indústria 4.0 é melhorar os processos de fabricação em uma série de dimensões, incluindo eficiência, capacidade de resposta e a capacidade de satisfazer as necessidades individuais dos clientes em tempo hábil.

A recente introdução destes conceitos no mercado, é resultado de uma conjunção de diversas tecnologias que a logística vem absorvendo com o passar dos anos, tendo como objetivo reduzir custos, e agora com a possibilidade de equipamentos cada vez mais inteligentes, se torna possível entender ainda mais este conceito dentro da indústria. (FISHER, 2016).

De acordo com Sakurai e Zuchi (2018), muitas são as tecnologias que podem ser usadas dentro da Indústria 4.0, no entanto, algumas são as que mais se destacam, e constituem assim os Pilares da Quarta Revolução Industrial, apresentados nos capítulos abaixo.

2.6.1 BIG DATA

Big Data também pode ser definido como um conjunto de tecnologias de armazenamento e processamento de grande volume de informações. As informações que dão corpo ao Big Data são oriundas de diversas fontes, tais como: redes sociais, sensores de máquinas, sensores meteorológicos, bancos de dados, GPS, transações bancárias etc. (CANALTECH, 2016)

2.6.2 ROBOTIZAÇÃO

A robótica autônoma inspira uma nova geração de robôs capazes de sentir o ambiente em sua volta e operar por longas horas sem a supervisão direta de humanos. Estes equipamentos poderão aprender novas funções e se auto programarem o que permitirá o seu uso em processos de produção flexível (GARCIA, 2016).

2.6.3 SIMULAÇÃO

Esta tecnologia permite que os processos e produtos sejam testados e ensaiados durante a fase de concepção, reduzindo custos com falhas e o tempo de projeto (VITALLI, 2018).

2.6.4 INTEGRAÇÃO HORIZONTAL E VERTICAL DO SISTEMA

Integração horizontal está relacionada com a conexão entre a fábrica e toda a cadeia de valor externa à planta, indo além da própria organização conectando-se aos parceiros externos para entregar um melhor serviço ao cliente. Já a integração vertical trata da integração de sistema de Tecnologia da Informação (TI) em vários níveis de produção e fabricação, além da integração da estrutura interna da empresa (ROMANO, 2017)

2.6.5 INTERNET DAS COISAS - IOT

De acordo com Vermulm (2018), são sistemas, compostos por *hardware* e *software* que viabilizam a interligação e a comunicação entre objetos, podendo ser máquinas e equipamentos conectados entre si ou bens de consumo conectados com outros produtos.

2.6.6 SISTEMAS FÍSICOS CIBERNÉTICOS - CPS

O aumento da conectividade e o uso de protocolos de comunicação padrão, aumenta a necessidade de proteção contra ameaças de segurança cibernética. O gerenciamento sofisticado de identidade e acesso de máquinas e usuários são essenciais. (DIAS e THOMÉ, 2018)

2.6.7 CLOUD

Segundo Vitalli (2018), é um modelo que permite o acesso ao banco de dados, bem como a interação de aplicações, possa ser feito de qualquer lugar, permitindo a integração de sistemas e plantas em locais distintos, da mesma forma o controle e o suporte podem ser efetuados de maneira global.

2.6.8 MANUFATURA ADITIVA

Segundo Pasquini (2018), com alto nível de eficiência e flexibilidade, a manufatura aditiva atende as linhas de produção, propiciando a fabricação sob demanda de peças, em locais otimizados, para entrega direta nas linhas de montagem. Melhora também, o custo-benefício, devido ao menor desperdício de materiais em comparação com os métodos de manufatura convencionais.

2.6.9 TECNOLOGIAS DIGITAIS

De acordo com o Portal da Indústria – CNI (2021), consiste no uso de tecnologias digitais para transformar processos de produção, de desenvolvimento de produtos e/ou modelos de negócios, visando a otimização e eficiência nos processos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa para o desenvolvimento deste artigo, foi realizada por meio de pesquisas bibliográficas referente aos temas *Lean Manufacturing* e Indústria 4.0, onde foram consultados livros, artigos, teses, monografias, revistas, e sites conceituados na *internet*, afim de proporcionar uma visão clara sobre os temas, seus conceitos, ferramentas, e a interação entre eles.

Os documentos selecionados durante a pesquisa, serviram como base para a fundamentação e o desenvolvimento deste artigo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Buer et al. (2018), após o estudo embasado na fundamentação conceitual do *Lean Manufacturing* e da Indústria 4.0 foi possível verificar que ambos são modelos distintos de gestão da produção, mas que apresentam complementaridades e compartilham os mesmos objetivos gerais de aumento de produtividade e flexibilidade.

A Indústria 4.0 e o *Lean* possuem como relação a automatização dos processos (por meio de recursos diferentes), em que é possível fazer mais com menos, e assim evitar o desperdício. Sendo que na Produção Enxuta há a presença de uma tecnologia mais baixa e simples. E a

Indústria 4.0, conta com uma integração da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), visando uma produção mais autônoma e dinâmica. Vale destacar que os dois conceitos caminham juntos e, portanto, são complementares (SILVA et al., 2019).

Prinz et al. (2018), demonstram a necessidade da *Lean Manufacturing* como requisito para a Indústria 4.0, pois, as empresas estão sob influência de vários fatores de transformação que representam maiores desafios. Além da globalização que desafia a competitividade das empresas em países com altos salários, a busca pela personalização de produtos com lotes de produção cada vez menores e a alta exigência para adaptar-se aos novos sistemas de produção como a Indústria 4.0 são desafios extremamente complexos.

Com o surgimento da Indústria 4.0 é comum imaginar que esta será a grande e única solução no bom andamento produtivo das chamadas “fábricas do futuro”, porém ao contrário do que se pensa a utilização intensa de tecnologias e equipamentos avançados não será suficiente para garantir a eficiência necessária. Ou seja, um modelo complementa o outro (DOMINGUES et al., 2019).

Segundo Domingues (2019), a indústria sempre passou por inovações técnicas e organizacionais. Vale ressaltar que a inovação técnica implica na revisão da organizacional. Foi assim com a Revolução Industrial, com o *Lean Manufacturing* e será também com a Indústria 4.0.

5. CONCLUSÃO

A Indústria 4.0 é uma recente etapa na história das revoluções e apresenta mudanças significativas na cadeia

produtiva. O *Lean* é uma técnica de gestão de ampla aplicabilidade que mesmo sendo desenvolvida a mais tempo será sempre utilizada como base para tomadas de decisão e planejamento de processos. Em suma, com base no artigo desenvolvido, a integração da Indústria 4.0 com a filosofia *Lean* representa uma grande oportunidade de desenvolvimento na estrutura das organizações permitindo colocar em prática a melhoria contínua com processos mais ágeis e flexíveis e atingir uma boa performance do processo produtivo.

A tecnologia avançada e a filosofia enxuta perfeitamente combinadas apresentam uma clara visão das necessidades e demandas, auxiliam na redução de desperdícios e colaboram diretamente com o aumento da produtividade; otimizando a gestão da execução e garantindo maior eficiência dos processos. Os dois conceitos, *Lean* e Ind.4.0, se complementam e buscam os mesmos objetivos finais de eliminar custos, garantir a qualidade do produto, valor ao cliente, aumentar a produtividade e flexibilidade nas operações industriais ou de serviços.

Essa união, destaca uma nova era da gestão tecnológica e as empresas que vão se manter no mercado são aquelas que conseguirem se adaptar a esse cenário, certamente vão se destacar garantindo a sua competitividade empresarial.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por permitir que tivéssemos saúde e determinação e por nos permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho.

Aos familiares, por todo o apoio e pela ajuda, que muito contribuíram.

Ao professor por todos os conselhos, ajuda e orientação desempenhada com muita dedicação.

A todos que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo nosso processo de aprendizado.

Referências

ALCÂNTARA, M. **Análise do Desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil em Relação as Principais Potencias Industriais**. 2019. Disponível em: <https://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=14>. Acesso em: 08 novembro 2021.

ALMEIDA, L. M. de L. **O Modelo de Gestão da Toyota: Uma Análise do Lean Manufacturing ou Manufatura Enxuta Baseada na Teoria Marxiana do Valor Trabalho**. 2010. 100 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/5047>>. Acesso em: 10 novembro 2021.

ARTO, J. R. V. **Fundamentos Del Lean Manufacturing – Direccions de Operaciones**. Madrid, España: EOI - Escuela de Organizacion Industrial, 2010. Traduzido para português. Disponível em: <https://static.eoi.es/savia/documents/eoi_m_bapt_leanmanufacturing.pdf>. Acesso em: 08 novembro 2021.

BAIERLI, I. **Conceitos do Sistema Toyota de Produção Propostos por Shingo e Ohno e sua Aplicabilidade Atual nas Organizações**. 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/327634491_Conceitos_do_Sistema_Toyota_de_Producao_propostos_por_Shingo_e_Ohno_e_sua_aplicabilidade_atual_nas_ororganizaco>. Acesso em: 08 novembro 2021.

BOETTCHER, M. **Revolução Industrial – Um Pouco da História da Indústria 1.0 até a**

Indústria 4.0. LinkedIn. 2015. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/revolu%C3%A7%C3%A3o-industrial-um-pouco-de-hist%C3%B3ria-da-10-at%C3%A9-boettcher/?originalSubdomain=pt>>. Acesso em: 10 novembro 2021

BORNIA, A. C. **Análise dos Princípios do Método das Unidade de Esforço de Produção.** 1988. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/75452>>. Acesso em: 10 novembro 2021.

BUER, S. V.; STRANDHAGEN, J. O.; CHAN, F. T. S. **The Link Between Industry 4.0 and Lean Manufacturing: Mapping Current Research and Establishing a Research Agenda.** International Journal of Production Research, v. 56, n. 8, p. 2924-2940, 2018.

CAMPOS, V. F. **Controle da Qualidade Total (no estilo Japonês).** Editora FALCONI, 2014. Disponível em: <<https://pdfcoffee.com/qdownload/tqc-controle-da-qualidade-total-vicente-falconi-campospdf-2-pdf-free.html>>. Acesso em: 09 novembro 2021.

CANALTECH. **“O que é Big Data”.** 2016. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/big-data/o-que-e-big-data/>>. Acesso em: 10 novembro 2021.

COSTA, C. **Indústria 4.0: O Futuro da Indústria Nacional.** 2017. Disponível em: <<http://seer.spo.ifsp.edu.br/index.php/posger/article/view/82>>. Acesso em: 10 novembro 2021.

DALENOGARE, L. S.; BENITEZ, G. B.; AYALA, N. F.; FRANK, A. G. **The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance.** 2018. International Journal of Production Economics, 204, 383-394. Disponível em: <<https://ideas.repec.org/a/eee/proeco/v204y2018icp383-394.html>>. Acesso em: 09 novembro 2021.

DENNIS, P. **Produção Lean simplificada: Um guia para entender o Sistema de produção mais poderoso do mundo.** 2ª Ed. São Paulo: Bookman, 2008. Disponível em: <https://www.academia.edu/40161431/Livro_Produ%C3%A7%C3%A3o_Lean_Simplificada_Um_Guia_Para_Entender_o_Sitemad_e_Prod%C3%A7%C3%A3o_mais_Poderoso_do_Mundo>. Acesso em: 09 novembro 2021.

DIAS, B. C.; THOMÉ, A. M. T. **A Indústria 4.0 no Contexto da Economia Circular – Uma Revisão.** 2018. Disponível em: <https://www.simpep.feb.unesp.br/abrir_arquivo_pdf.php?tipo=artigo&evento=13&art=1159&cad=31065&opcao=com_id>. Acesso em: 08 novembro 2021.

DOMINGUES, A.; BUENO, M. J. C.; LOPES, M. R. **Análise Comparativa: Lean Manufacturing e Indústria 4.0.** 2019. Disponível em: <<https://fateclog.com.br/anais/2019/AN%c3%81LISE%20COMPARATIVA%20LEAN%20MANUFACTURING%20E%20IND%20aSTRIA%204.0.pdf>>. Acesso em: 10 novembro 2021.

FILHO, E. D.; MARTINS, N. O.; HERRERA, V. E. **Análise do Sistema Toyota em uma Indústria de Embalagens Plásticas da Região de Marília – SP.** 2020. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/5061/4424>>. Acesso em: 09 novembro 2021.

FISHER, F. **Essa tal Logística 4.0. Tecnológica,** São Paulo, v. 246, n. 1, p.44-52, out. 2016.

GALLARDO, C. A. **Princípios e Ferramentas do Lean Thinking na Estabilização Básica: Diretrizes para Implantação no Processo de Fabricação de Telhas de Concreto Pré-Fabricadas.** 2007. Campinas - SP: Dissertação de Mestrado. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~adgranja/index_arquivos/Gallardo,CarlosAntonioSamaniego.pdf>. Acesso em: 10 novembro 2021.

GARCIA, P. **“Robôs Autônomos”.** 2016. Disponível em: <<https://pedrogarcia12av1.wordpress.com/about/robos-autonomos/>>. Acesso em: 10 novembro 2021.

GHINATO, P. **Publicado como 2º cap. Do Livro Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações**, Ed.: Adiel T. de Almeida e Fernando M. C. SOUZA, Edit da EFPE, Recife, 2000. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5884/1/arquivo7423_1.pdf>. Acesso em: 11 de novembro 2021.

JASTI, N. V. K.; KODALI, R. **Lean production: Literature review and trends**. International Journal of Production Research. 2015. pp. 867-885.

LIKER, J. K.; Meier, D. **The Toyota Way – 14 Management Principles From the World’s Greatest Manufacturer**. 2004. MacGraw-Hill.

LIMA, N. F. G. M. de. **Metodologia Kaizen-Lean e Indústria 4.0 na Manutenção**. 2019. Disponível em: <<https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/15645>>. Acesso em: 09 novembro 2021.

LYDON, B. **Industry 4.0: Should You Bet on It?** 2015. Disponível em: <[Dishttps://www.automation.com/en-us/articles/2015-1/industry-40-should-you-bet-on-it](https://www.automation.com/en-us/articles/2015-1/industry-40-should-you-bet-on-it)>. Acesso em: 09 novembro 2021.

MORAES, C. P. de. **Aplicação do Lean Manufacturing em plantas de recapagem de pneus**. 2011. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO. Disponível em: <http://www.excelenciaemgestao.org/portals/2/documents/cneg7/anais/t11_0383_2142.pdf>. Acesso em: 08 novembro 2021.

NASSER, M. **O Método de Gestão Lean Manufacturing e a Indústria 4.0**. 2021. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/214137>>. Acesso em: 09 novembro 2021.

PASQUINI, T. C. DE S. **Proposta de Ferramenta para Relacionar os Princípios da Gestão de Qualidade aos Pilares da Indústria 4.0: Influência da Indústria 4.0 na Área da Qualidade**. 2018. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/23211/1/ENG_QUALI_2018_17.pdf>. Acesso em: 10 novembro 2021.

POMPEU, A. E.; RABAIOLI, V. **A Filosofia Lean Manufacturing: Seus Princípios e Ferramentas de Implementação**. 2014. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/275617812/A-Filosolia-Lean-Manufacturing-Seus-Principios-e-Ferramentas-de-Implantacao-Pompeu-A-M-e-Rabaioli-V-2014>>. Acesso em: 10 novembro 2021.

Portal da Indústria – CNI. **Desafios para Indústria 4.0 no Brasil**. 2016. Disponível em: <<https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2016/8/desafios-para-industria-40-no-brasil/>>. Acesso em 11 novembro 2021.

Portal da Indústria – CNI. **Indústria 4.0: Entenda seus Conceitos e Fundamentos**. 2021. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-4-0/>>. Acesso em: 10 novembro 2021.

PORTO, B. S.; ALMEIDA, P. R. V. DE. **Lean Manufacturing como Base para Implantação das Tecnologias Emergentes no Contexto da Indústria 4.0**. 2021. Disponível em: <<http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/16806/1/BRUNA%20PORTO.pdf>>.

PRINZ C.; KREGGENFELD, N.; KUHLENKÖTTER, B. **Lean Meets Industrie 4.0 – A Practical Approach to Interlink the Method World and Cyber-Physical World**. Procedia Manufacturing, v. 23, p. 21-26,2018.

REZENDE, D. M.; SILVA, J. F. da; MIRANDA, S. M.; BARROS, A. **Lean Manufacturing: Redução de Desperdícios e a Padronização do Processo. (Engenharia de Produção Automotiva)**. Faculdade de Engenharia de Resende. Resende, 2013. Disponível em: <<https://www.aedb.br/wp-content/uploads/2015/05/104157.pdf>>. Acesso em: 08 novembro 2021.

RIBEIRO, L.; SILVA, P. **Impacto da Indústria 4.0 nas Organizações, na Perspectiva do Brasil e Portugal**. 2020. Disponível em: <<https://revistas.rcaap.pt/uiips/article/download/21994/17101/85396>>. Acesso em: 09 novembro 2021.

ROCHA, E; SILVA, B. **Análise do**

Desenvolvimento e Princípios do Lean Manufacturing. 2020. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_ST_P_342_1751_41268.pdf>. Acesso em: 10 novembro 2021.

ROMANO, M. **Integração na Indústria 4.0. logiquesistemas.** 2017. Disponível em: <<http://www.logiquesistemas.com.br/blog/integracao-na-industria-40/>>. Acesso em: 08 novembro 2021.

SAKURAI, R.; ZUCHI, J. D. **As Revoluções Industriais até a Indústria 4.0.** Revista Interface Tecnológica, [S.l.], v. 15, n. 2, p. 480-491, 2018. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/386>>. Acesso em: 09 novembro 2021.

SANTOS, B. **Interação Entre Filosofia Lean e Indústria 4.0: Estudo Exploratório.** 2017. Disponível em: <https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/7840/1/5597_11559.pdf>. Acesso em: 09 novembro 2021.

SCHWAB, K. **A Quarta Revolução Industrial.** 1ª. ed. São Paulo: Edipro, v. 1, 2016.

SILVA, L. A. S. DE; RODRIGUES, T. A.; TAMMELA, I. **Lean Manufacturing e Indústria 4.0: Uma Revisão Sistemática da Literatura.** 2019. Disponível em: <https://www.simpep.feb.unesp.br/abrir_arquivo_pdf.php?tipo=artigo&evento=14&art=1004&cad=36510&opcao=com_id>. Acesso em: 09 novembro 2021.

SMITH, R.; HAWKINS, B. **Lean Maintenance: Reduce Costs, Improve Quality, and Increase Market Share.** 2004. Elsevier Butterworth-Heinemann.

TEECE, D. J. **Explicating Dynamic Capabilities: The Nature And Microfoundations Of (Sustainable) Enterprise Performance.** 2007. Strategic Management Journal, 28 (13), p. 1319–1350. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/smj.640>>. Acesso: 10 novembro 2021.

TEMPLE, N. **The Smart Factory and the Converging Roles of IT, Production and Engineering.** 2016. in: Smart IoT. London, UK: Excel.

VERMULM, R. **Políticas Para o Desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil.** 2018. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/15486/1/POL%3%8dTICAS%20PARA%20O%20DESENVOLVIMENTO%20DA%20IND%3%9aSTRIA%204.0%20NO%20BRASIL_2018.pdf>. Acesso em: 08 novembro 2021.

VITALLI, R. **Indústria 4.0. 2018.** Disponível em: <<https://www.industria40.ind.br/artigo/16751-os-10-pilares-de-industria-40>>. Acesso em: 09 novembro 2021.

WERKEMA, M. C. C. **Criando a Cultura Seis Sigma.** Belo Horizonte: Editora Poisson Vol.1, 2010. Disponível em: <<https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/553945/2/Seis%20sigma%20vol1>>. Acesso em: 10 novembro 2021.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. A. **Mentalidade Enxuta nas Empresas Lean Thinking: Elimine o Desperdício e Crie Riqueza.** Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2004. 408 p.

YAMADA, V. Y.; MARTINS, L. M. **Indústria 4.0: um Comparativo da Indústria Brasileira Perante o Mundo.** Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa, [S.l.], v. 34, n. esp., p. 95-109, abr. 2019. ISSN 2596-2809. Disponível em: <<http://periodicos.unifil.br/index.php/Revistateste/article/view/1011>>. Acesso em: 10 novembro 2021.