

**CENTRO UNIVERSITÁRIO SAGRADO CORAÇÃO**

**FERNANDO LEÃO DE OLIVEIRA**

**TÉCNICAS DE REDUÇÃO DE DESPERDÍCIO DA  
*LEAN MANUFACTURING* APLICADAS A  
INDÚSTRIA 4.0**

BAURU  
2021

**FERNANDO LEÃO DE OLIVEIRA**

**TÉCNICAS DE REDUÇÃO DE DESPERDÍCIO DA  
*LEAN MANUFACTURING* APLICADAS A  
INDÚSTRIA 4.0**

Projeto de pesquisa do curso de Engenharia de Produção apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas do Centro Universitário Sagrado Coração, sob orientação do Prof. Me. Vinicius Augusto Daré de Almeida.

BAURU  
2021

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com  
ISBD

O48t

Oliveira, Fernando Leao de

Técnicas de redução de desperdício da lean manufacturing aplicadas a indústria 4.0 / Fernando Leao de Oliveira. -- 2021.  
43f. : il.

Orientador: Prof. M.e Vinicius Augusto Daré de Almeida

Monografia (Iniciação Científica em Engenharia de Produção) -  
Centro Universitário Sagrado Coração - UNISAGRADO - Bauru -  
SP

1. Indústria 4.0. 2. Lean Manufacturing. 3. 7 Desperdícios. 4. Internet das Coisas (IoT). 5. Smart Factory. I. Almeida, Vinicius Augusto Daré de. II. Título.

Elaborado por Lidiane Silva Lima - CRB-8/9602

Dedico a todos que tem interesse na área da pesquisa e também a todas pessoas que contribuíram de forma direta ou indireta para a criação deste trabalho.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço este trabalho ao meu orientador Prof. Me. Vinicius Augusto Daré de Almeida e familiares por todo apoio ao longo da pesquisa, que me ajudaram e contribuíram para um melhor aprendizado.

Agradeço também a todos que participaram das pesquisas, pela colaboração disposição no processo.

## RESUMO

Desde 2011 com o início da terminologia Indústria 4.0, aumentou-se a competitividade das empresas de acordo com as exigências do mercado. Assim, para se garantir neste, as empresas buscam, constantemente, a atualização de técnicas e novas estratégias. Em um mundo cada vez mais tecnológico evoluir na qualidade, produzindo de forma sustentável, é uma missão empresarial. Conseqüentemente, reduzir o desperdício é fundamental para o crescimento, em todos os indicadores, de uma empresa. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo analisar e relacionar os elementos da Indústria 4.0 com os da *Lean Manufacturing*, sobre a aplicação da técnica de estudo como os 7 desperdícios, elementos da *Smart Factory* e Internet das Coisas (IoT), apresentando seus benefícios, principais potenciais e aplicações. Buscou-se apresentar o uso das técnicas a fim de demonstrar as possibilidades em atingir níveis de produtividade e de qualidade. Todo o estudo é uma revisão sistemática da literatura, com base em livros, artigos acadêmicos e páginas da web específicas de nível acadêmico, a fim de se coletar os dados. Por fim, tem-se, como objetivo final demonstrar a integração entre o *Lean Manufacturing* e a Indústria 4.0 para um alcance de melhorias em índices de desempenho.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0; *Lean Manufacturing*; 7 Desperdícios; Internet das Coisas (IoT); *Smart Factory*.

## RESUMO DO RELATÓRIO

O Projeto tem como objetivo geral investigar e conceituar as técnicas de redução de desperdício da *Lean Manufacturing* aplicadas a Indústria 4.0. A coleta e análise dos conteúdos apresentados teve início no segundo semestre de 2020, no mês de agosto. Desde o início da pesquisa foram estudados artigos científicos de base de dados como: *Scopus*, Periódicos CAPES/MEC e *European Journal of Operational Research* (EJOR). Ainda, uma análise de critérios mediante quais artigos seriam utilizados foi realizada, a qual levou em consideração o fator de impacto e número de citações dos artigos. Dessa forma, os que possuíam os maiores valores foram selecionados. Em sequência, foram criados os tópicos e construção do referencial teórico, uma vez que o presente projeto não necessita de experimentos ou práticas. Assim, de novembro de 2020 a março de 2021 foram construídos os tópicos: resumo, introdução, referencial teórico, metodologia, resultados parciais e referências bibliográficas. Por fim, de abril a setembro de 2021 a pesquisa seguiu para a elaboração dos resultados, discussões e conclusão. Destaca-se o baixo número de material bibliográfico e de produção envolvendo os assuntos. Dessa forma, faz-se necessário e notório pesquisas envolvendo os temas: *Lean Manufacturing* e Indústria 4.0. Destarte, tanto autor, quanto orientador, experimentaram grande evolução nos conhecimentos sobre os temas apresentados e, após a finalização deste, acreditam na possibilidade de publicação, participação em congressos e aprofundamento das pesquisas num mestrado.

## **ABSTRACT**

Since 2011, with the beginning of the terminology Industry 4.0, the competitiveness of companies has increased in line with market demands. Thus, to ensure this, companies are constantly seeking to update techniques and new strategies. In an increasingly technological world, evolving quality, producing sustainably, is a business mission. Consequently, reducing waste is critical to a company's growth, across all indicators. Thus, this work aims to analyze and relate the elements of Industry 4.0 with those of Lean Manufacturing, on the application of the study technique like the 7 wastes, elements of Smart Factory and Internet of Things (IoT), presenting its benefits, main potentials and applications. We sought to present the use of techniques to demonstrate the possibilities for achieving levels of productivity and quality. The entire study is a systematic review of the literature, based on books, academic articles, and academic-level specific web pages, to collect data. Finally, the final objective is to demonstrate the integration between Lean Manufacturing and Industry 4.0 for a range of improvements in performance indices.

**Keywords:** Industry 4.0; Lean Manufacturing, 7 Wastes, Internet of Things (IoT); Smart Factory.

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 1- Fluxograma das etapas metodológicas.....	9
Figura 2 - Sistemas CPS.....	20
Figura 3 - Impactos da Indústria 4.0 nos fatores de processo.....	25
Figura 4 - Impacto da Indústria 4.0 na cadeia dos fornecedores.....	28
Figura 5 - Resumo das interfaces entre o Lean e soluções providas pela Indústria 4.....	31

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>AGV</b>	Automated Guided Vehicles
<b>CAD</b>	Computer aided design
<b>CPS</b>	Cyber Physical Systems
<b>IA</b>	Inteligência Artificial
<b>IoT</b>	Internet of Things
<b>I4.0</b>	Indústria 4.0
<b>JIT</b>	Just In Time
<b>MA</b>	Manufatura Aditiva
<b>M2M</b>	Machine to Machine
<b>RFID</b>	Radio Frequency Identification
<b>STP</b>	Sistema Toyota de Produção
<b>TIC</b>	Tecnologia da Informação e Comunicação
<b>3M</b>	Muda; Mura; Muri
<b>3V's</b>	Volume; Variedade; Velocidade
<b>5S</b>	Seiri; Seiton; Seisou; Seiketsu; Shitsuke

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	6
2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	8
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
3.1	LEAN MANUFACTURING.....	10
3.1.1	Os 7 desperdícios .....	11
3.1.2	Just in time.....	13
3.1.3	Jidoka.....	14
3.1.4	5S.....	14
3.1.5	Kanban.....	15
3.2	INDÚSTRIA 4.0.....	16
3.2.1	Tecnologias da Indústria 4.0 .....	17
3.2.2	Desafios Gerais da Indústria 4.0.....	23
4	INTEGRAÇÃO ENTRE LEAN MANUFACTURING E INDÚSTRIA 4.0.....	24
4.1	Produção Puxada .....	25
4.2	Fluxo Contínuo.....	26
4.3	Cadeia de Suprimentos .....	27
4.3.1	Feedback na Cadeia de Suprimentos .....	28
4.3.2	Just In Time no Sistema Delivery.....	29
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
	CRONOGRAMA FUTURO.....	33
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
	<b>ANEXO A – Carta de Dispensa de Apresentação ao CEP ou CEUA.....</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde a Primeira Revolução Industrial tem-se a noção de que a indústria é a principal fonte de inovação e papel decisivo no desenvolvimento de um país. Em acréscimo, uma produção industrial fraca leva a queda de produtividade. Dessa forma, tecnologia e inovação devem sempre ocupar lugar de destaque na estratégia de investimentos, com o ideal de consciência socioambiental (SACOMANO, 2018).

Assim *Lean Manufacturing*, é de acordo com o Alves (2014) uma teoria que visa não gerar valor adicional, eliminando o máximo possível de desperdícios durante o processo aumentando seu lucro. Sua base de pensamento consiste em dois grandes pilares o *Just in Time*, que procura produzir apenas o necessário na quantidade necessária no momento necessário e o *Jidoka*. A produção *Lean* tem como objetivo fazer mais com menos: construção de produtos de melhor qualidade, entregues no prazo, na quantidade encomendada pelos clientes, com menos estoques, tempo de ciclo, espaço e hora de trabalho (HUNTZINGER, 2019).

Foi inicialmente na feira de Hannover, na Alemanha, em 2011 que batizaram as novas tecnologias e estratégias de Indústria 4.0 que também é sinônimo de Quarta Revolução Industrial. A nova era da Indústria 4.0 traz a tendência que foi chamada de “ Manufatura Inteligente “ que se baseia nas tecnologias IoT, *big data*, CPS, Inteligência artificial, impressão 3D, biologia sintética, dentre outros. Com o surgimento da Indústria 4.0 emerge uma promissora forma de lidar com desafios futuros no ambiente de produção (KAGERMANN et al., 2013).

Este trabalho através de uma revisão sistemática da literatura, busca apresentar os conceitos de *Lean Manufacturing* e Industria 4.0 e analisar a viabilidade de implantação dessas duas técnicas em empresas, as quais visam sempre a melhoria contínua e consciente da produção, evitando os desperdícios.

Elas podem ser perfeitamente combinadas 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).

Atualmente o mercado se encontra altamente competitivo e globalizado, e a indústria tem evoluído em todas as suas dimensões para responder essas exigências. Soma-se a isso grandes investimentos nas tecnologias digitais, novos materiais (fibras de carbono e grafeno), manufatura aditiva e híbrida, realidade aumentada e realidade virtual, as quais otimizam processos e novos modelos de negócios.

Sendo assim, a Indústria 4.0 representa um novo paradigma neste contexto globalizado da manufatura, e por isso há uma necessidade de estudar a relação existente entre as ferramentas da abordagem do *Lean Manufacturing* e o avanço das novas tecnologias que integram a Indústria 4.0 (SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016).

Uma grande motivação para esta pesquisa surge da pouca quantidade de estudos e produção científica envolvendo ambos os temas, visto que são assuntos recentes, comparados a outros tópicos em engenharia de produção ou administração. Em acréscimo, apresentar temas inéditos e pouco estudados, no Brasil, enriquece e agrega valor às fábricas, indústrias e empresas.

Portanto, tem-se neste trabalho um estudo teórico das principais bibliografias e trabalhos sobre *Lean Manufacturing* e Indústria 4.0, buscando demonstrar uma forte ligação entre os assuntos a de uma melhoria nos processos, sistemas e gestão em empresas. Logo, é de extrema importância para o setor industrial, fabril e de manufatura.

O objetivo geral dessa pesquisa é apresentar uma revisão teórica, identificar e analisar as técnicas do *Lean manufacturing* aplicadas na Indústria 4.0, apresentando definições, bem como seus benefícios na redução do desperdício. Pretende-se verificar o envolvimento dessas duas condutas de produção, e demonstrar que as ferramentas do *Lean Manufacturing* atuam como facilitadores para alavancar a tecnologia da Indústria 4.0.

Dessa forma, abaixo tem-se os principais conceitos, técnicas e definições teóricas, as quais são de fundamental importância para o estudo.

O alcance do objetivo geral está submetido aos seguintes objetivos específicos:

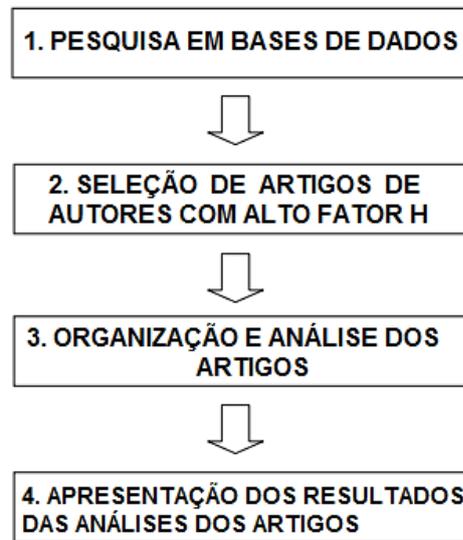
- Apresentar as definições e conceitos das técnicas mais utilizadas na redução do desperdício em *Lean Manufacturing*.
- Explorar o conceito dos 7 desperdícios em *Lean Manufacturing*.
- Revisar e apresentar a definição e principais conceitos do Sistema Toyota de Produção.
- Apresentar as definições e conceitos da Indústria 4.0, no Brasil e no mundo.
- Estabelecer uma aplicação das técnicas de redução do desperdício nas operações da Indústria 4.0.
- Conceituar a viabilidade de implantação de técnicas de *Lean Manufacturing* na Indústria 4.0.

## **2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Neste trabalho, a revisão bibliográfica e o estudo de caso foram as bases metodológicas. Segundo Alves-Mazzotti (2002), na revisão bibliográfica o material coletado pelo levantamento bibliográfico é organizado por meio de fontes científicas (artigos, teses e dissertações) e, a partir da sua análise, o pesquisador realiza a elaboração de ensaios que favorecem a contextualização para o problema, tendo como objetivo final a construção do referencial teórico. Já o método do estudo de caso enquadra-se como uma abordagem qualitativa e é frequentemente utilizado para coleta de dados na área de estudos organizacionais. Ou seja, a pesquisa pode ser realizada com experimentos, levantamentos, pesquisas históricas e análise de informações em arquivos, uma vez que tais exemplos representam as maneiras de realizar pesquisa, através do estudo de caso (YIN, 2001). Neste trabalho, foi realizado uma revisão bibliográfica sobre as técnicas de redução de desperdício da *Lean Manufacturing* na Indústria 4.0, na qual utilizou-se pesquisa em livros e artigos de referência na área.

A fim de ilustrar a metodologia e critérios para a análise dos artigos utilizados, criou-se um fluxograma com as quatro principais etapas.

Figura 1. Fluxograma das etapas metodológicas.



Fonte: Elaboração do próprio autor

A pesquisa foi realizada, principalmente, pela utilização das bases de dados *Scopus*, Periódicos CAPES/MEC e *European Journal of Operational Research* (EJOR), bem como consulta de livros e artigos sobre os temas. Estabeleceu-se um filtro de seleção para análise dos principais pesquisadores brasileiros, os quais obtinham os maiores fatores de citação e publicação. Em acréscimo, buscou-se optar por autores com fator h acima de 4, o qual representa o número de artigos publicados por ele que tenham citações maiores ou iguais a esse número. Foram selecionados dezesseis artigos, conforme o critério. A consideração foi de utilizar os artigos com um número maior de vinte citações. Como resultado da busca, os artigos selecionados foram analisados e, após estudo, pode-se apresentar e propor novos rumos de pesquisa, baseando-se nos resultados das análises dos artigos.

Destaca-se, por fim, a necessidade de maiores estudos sobre ambos os temas: *lean manufacturing* e I4.0, visto que são muito novos, fato este que impactou diretamente em um baixo número de artigos específicos.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo abordará a fundamentação teórica desta pesquisa, com o objetivo de apresentar os conceitos de *Lean Manufacturing* e da Indústria 4.0.

Embora tenham abordagens diferentes, a Indústria 4.0 e *Lean manufacturing* compartilham o mesmo objetivo de aumento da produtividade e flexibilidade (Frank, 2014). A introdução de sistemas ciberfísicos (CPS) e a Internet das coisas (IoT), que são componentes-chave da Indústria 4.0, permitem uma autonomia que normalmente não é encontrada em sistemas centralizados tradicionais. Isso combina com o pensamento tradicional enxuto, que favorece a descentralização (Kaspar e Schneider 2015).

Ressalta-se a motivação para conceituar e analisar as técnicas do Lean na I4.0 pelo princípio chave de operações enxutas, os quais segundo Slack (2009) podem ser definidos como a medida de eliminar todos os desperdícios de modo a desenvolver uma operação mais rápida, confiável, produtiva de alta qualidade, com custo baixo. Contudo o conceito é simples, mas aplicá-lo, nem tanto. Assim, a I4.0 por ser um conceito muito novo, tem-se campo de estudo para analisar tais conceitos e tópicos.

#### 3.1 LEAN MANUFACTURING

A Toyota ganhou notoriedade nos anos 70, devido sua eficiência, alta produtividade e técnicas inovadoras de processamento. Isso tudo devido ao Sistema Toyota de Produção (STP), com surgimento após a Segunda Guerra Mundial, criado por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno (WOMACK et al., 1990). Ao fim da segunda guerra mundial, a economia japonesa encontrava-se arrasada e a indústria, dentre elas o ramo automotivo, viram-se obrigadas a sobreviver num mercado com sérias restrições de investimentos e com uma procura decrescente.

Diante desse cenário, Taiichi Ohno e Shigeo Shingo, introduziram conceitos do Fordismo, de Henry Ford de uma forma adaptada para a realidade do Japão na época. Desenvolveu-se então um sistema produtivo, no qual tem como objetivo eliminar os desperdícios e a melhorar a utilização dos recursos da empresa (WOMACK, 1998).

Como seu próprio nome diz, o *Lean Manufacturing* ou seja, a manufatura enxuta, busca eliminar ou reduzir os 7 desperdícios, que são os fatores que não agregam valor e aumentam o *lead time*, também conhecido tempo de espera. A palavra americana *Lean* consiste em um processo dinâmico de mudanças orientado por um conjunto sistemático de princípios e melhores práticas (LIMA et al, 2016). Just in time, Jidoka, 5S e Kanban são os principais conceitos utilizados para atingir os objetivos. O *Lean* busca criar um ciclo de melhoria contínua como uma forma de especificar valor, alinhar na melhor sequência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção e considerar o conjunto inteiro de atividades na criação e fabricação de um produto (OLIVEIRA et al, 2014).

### **3.1.1 Os 7 desperdícios**

Segundo Slack (2009), tem-se como desperdício, qualquer atividade que não agregue valor. Para conseguir produzir produtos de boa qualidade no momento certo, diminuindo os custos e eliminando os elementos que não agregam valor, a multinacional Toyota criou o conceito dos 7 desperdícios. Esses desperdícios são: Processamento excessivo, estoque, superprodução, espera, movimento, transporte e defeito/retrabalho (OHNO, 1997)

Os sete desperdícios são explicados, individualmente, a seguir e todos adaptados de Ohno (1997).

#### **3.1.1.1 Processamento excessivo**

O excesso de processamento é referente a usinagem, soldagem, acabamento e inspeção. O desperdício de processamento corresponde a acabamentos desnecessários devido a falta de padrões e inspeções que originalmente são desnecessárias. É importante o ponto de vista crítico se realmente é importante certas etapas no processo para adquirir o produto.

A utilização de equipamentos mal dimensionados, que não trabalham na capacidade ideal de produção, a utilização de técnicas não necessárias para alcançar o objetivo esperado e a falta de cumprimento de uma sequência lógica, são exemplos de atividades que não agregam valor, portanto, são desperdícios.

### **3.1.1.2 Estoque**

Considera-se como estoque, os materiais, peças, produtos em processo e produtos acabados. Todos os estoques precisam de uma razão, propósito, para existir lá, e todos que não podem explicar por que estão lá no momento, é considerado como estoque inúteis. Em acréscimo o estoque leva consigo outros problemas: confiabilidade, problemas na entrega, falta de previsão. Estes acabam por criar falta de sincronismo e custos de armazenamento, como transporte e necessidade de espaço físico.

### **3.1.1.3 Superprodução**

O grande objetivo do Just in Time é produzir somente a quantidade determinada de demanda do produto. Na prática, uma produção sem demanda cria estoques intermediários, aumentando os custos de armazenamento e manuseio destes produtos na linha. A superprodução é produzir antes, mais rápido ou em maior quantidade do que a demanda. É considerado o pior desperdício, pois está relacionado com o time do produto. Ainda, causa o desperdício de estoque, movimento e transporte.

### **3.1.1.4 Espera**

É o tempo que produtos ou pessoas gastam aguardando material, informações ou pessoas. Vários fatores podem originar esse desperdício como avarias nos equipamentos, acidentes ou defeitos de qualidade, problemas de layout, dentre outros. Não conseguir começar a trabalhar devido à falta de peças, materiais, ferramentas, instruções e entre outros. O custo do tempo de espera pode ser desperdiçado e pode ocorrer perda de oportunidade.

Em acréscimo, o tempo quando não utilizado de forma eficiente é um desperdício, uma vez que cada segundo deve ser utilizado de forma produtiva.

### **3.1.1.5 Movimento**

O desperdício de movimento são aqueles movimentos que não agregam valor como procurar, agachar, trocar de mãos, dentre outros. Movimentação excessiva nas células de trabalho, movimentação de máquinas e o ponto de trabalho são exemplos desse tipo de desperdício. Em síntese, ocorre quando não há um padrão

de movimento, ou seja, problemas de movimentação podem ser, facilmente, resolvidos ajustando-se e adequando o trabalhador ao seu local de trabalho.

### **3.1.1.6 Transporte**

Movimentação de materiais, produtos, ferramentas, informações em excesso de forma desnecessária a execução de atividades. Ainda, é importante destacar que o transporte se relaciona com o tempo, uma vez que o tempo necessário para deslocar produtos está diretamente ligado aos custos. Por fim, custos do inventário no deslocamento dos produtos quando partem de uma área para outra, são de extrema relevância.

### **3.1.1.7 Defeito/Retrabalho**

É todo descarte, reparo ou retrabalho de um produto. Causado por uma deficiência na qualidade ou até mesmo por condição inadequada de trabalho.

## **3.1.2 Just in time**

Just in time é um mecanismo de eficiência criada pela Toyota, sendo um método de produção que cria o que você precisa, quando precisa na quantidade precisa. Cada processo deve ser suprido com os itens e quantidades certas, no tempo e lugar certo. “ Just in time não é uma ciência, uma vez que não tem por objetivo estabelecer hipóteses, teorias ou leis sobre a realidade organizacional. O JIT se coloca no campo de conhecimento técnico, cujo o objetivo é a transformação da realidade mediante uma relação de caráter normativo com os fenômenos que a compõem”. (LIKER; MEIER, 2007). Um dos conceitos do JIT é os 3M que são Muda, Mura e Muri que auxiliam para atingir a eficiência. Tal terminologia são tradicionais da língua japonesa, na busca por identificar e eliminar os desperdícios, foco da melhoria contínua.

De acordo com Ohno (1997) a insuficiência de padronização e racionalização cria desperdício, *Muda*, inconsistência, *Mura*, e irracionalidade, *Muri*, em procedimentos de trabalho e horas de trabalho, os quais levam à produção de produtos defeituosos.

De acordo com Takahara (2020) os 3M são explicados a seguir.

*Muda*, de uma forma simples, representa o propósito menor que os meios, significando qualquer atividade que resulte em desperdício ou que não seja produtiva. Tal conceito relaciona-se com os 7 desperdícios, o qual já foi apresentado. Ainda, está relacionado ao aumento da rentabilidade de um processo. Como exemplo, pode-se considerar uma máquina em uma linha de produção, a qual produz abaixo de sua capacidade, gerando desperdício de recursos.

*Muri* diz respeito quando o propósito é maior que os meios. Em outras palavras, refere-se a um estado em que o desempenho original não é demonstrado devido a uma sobrecarga de equipamentos ou operadores.

*Mura* refere-se a inconsistência na produção. Representa o desnivelamento ou o não balanceamento do trabalho dos operários ou das máquinas. Pode ser definido, também, como sendo a variação na operação de um processo não causada pelo cliente final. Dessa forma, aplicando-se os conceitos de Just in Time, pode-se evitar irregularidades, uma vez que se tem o inventário baixo, com um rígido controle de produtos de forma a fornecer o produto no tempo correto.

### **3.1.3 Jidoka**

De acordo com Werkema (2012), *Jidoka* significa “autônomação” que seria a automação com inteligência e toque humano. Consiste na autonomia do operador ou máquina parar o processo quando ocorrer alguma anormalidade. O objetivo não é parar a máquina em si, mas permitir que as pessoas façam trabalho diminuindo os erros e aumentando o valor agregado. Ao visualizar os problemas, o *Jidoka* tem por objetivo principal: economia de trabalho, aumento da qualidade e melhoria de equipamentos.

### **3.1.4 5S**

Baseado no princípio de que um ambiente motiva o trabalhador a realizar serviços de qualidade. Os 5S é uma prática para manter um ambiente em ordem, mantendo apenas os itens necessários em locais determinados. Um ambiente ou local de trabalho não adequado, sujo ou desorganizado, distrai a atenção do

trabalhador, dando espaço para que mais defeitos sejam produzidos. Os 5S vem dos termos em japonês *Seiri, Seiton, Seisou, Seiketsu e Shitsuke*.

De acordo com Takahara (2020) os 5S são explicados a seguir, de maneira simples e resumida.

*Seiri* é o senso de utilização, tem como objetivo eliminar o que não é útil separando o necessário do desnecessário e descartando o que for supérfluo. Tem como benefício o melhor controle de estoques, redução de custos com os itens, facilidade de limpeza e ganho de espaço.

*Seiton* representa o senso de ordenação. Baseado no princípio de que a ordem ajuda a facilitar a localização do objeto, o *seiton* é deixar as ferramentas necessárias em um lugar prático e apropriado de forma que o usuário entenda facilmente.

*Seiso* refere-se ao senso de limpeza. Trata-se de limpar e fiscalizar o local de trabalho e os equipamentos. Também significa inspecionar e fazer a manutenção de equipamentos e ferramentas para que estejam prontos para uso.

*Seiketsu* é o senso de saúde e higiene. Defende a manutenção das condições físicas e mentais de trabalho favoráveis e saudáveis para o trabalhadores.

*Shitsuke* senso da autodisciplina. O *shitsuke* refere a criar o hábito para o comprometimento da realização dos outros 4S.

### **3.1.5 Kanban**

É um sistema de controle da produção desenvolvido no Japão e que funciona entre estações de trabalho consecutivas. Sua principal função é regular os níveis de estoque, mantendo-os o mais baixo possível sem comprometer a produção. Quando o estoque intermediário da estação de trabalho seguinte está baixo, o KANBAN permite que a produção se inicie na estação anterior. Segundo Boonlertvanich (2005), existem muitas versões de controle KANBAN, por exemplo, de cartão único, de dois cartões e entre outro.

Cabe ressaltar que o objetivo principal desta pesquisa não é de se aprofundar no tópico, uma vez que poderá ser explorado em trabalhos futuros.

### 3.2 INDÚSTRIA 4.0

A Indústria 4.0 é o conjunto de tecnologias como IoT, Smart factory, Big Data, manufatura aditiva e entre outras, que quando aplicadas através de um sistema Cyber físico, traz uma integração entre o mundo virtual e o físico diminuindo as barreiras existentes que já havia. Sendo composta por quatro disrupções: o poder computacional e a conectividade; o surgimento de análises de inteligência de mercado; novas formas de interação homem-máquina; e melhorias na transferência do digital para o mundo físico, como robótica avançada e impressão 3D (ALMADA,2016).

A quarta revolução fornece a base para a Indústria 4.0 com aplicações modernas de tecnologia da informação e comunicação e conectadas com integração da automação industrial, rede de dados e tecnologias de processos industriais contemporâneas como produção inteligente, interação humano máquina, manufatura aditiva e operações remotas (LUTHRA; MANGLA, 2018).

A Indústria 4.0 influencia significativamente o ambiente de produção com mudanças radicais na execução das operações. Em contraste com o planejamento de produção baseado em previsão convencional, ainda permite o planejamento em tempo real dos planos de produção, juntamente com a otimização dinâmica (SANDERS, 2016). Os benefícios da implementação da Indústria 4.0 consistem no aumento da flexibilidade, seguido pela melhoria da produtividade, custo reduzido, tempo de entrega reduzido e melhor qualidade (BUER et.al,2018).

Em adição, assenta-se na integração de tecnologias de informação e comunicação que permitem alcançar novos patamares de produtividade, flexibilidade, qualidade e gerenciamento, possibilitando a geração de novas estratégias e modelos de negócio para a indústria, sendo, por isso, considerada a Quarta Revolução Industrial.

### 3.2.1 Tecnologias da Indústria 4.0

#### 3.2.1.1 *Internet of Things ( IoT )*

A Internet das Coisas é a interligação entre dispositivos de forma com fio ou sem fio de modo que eles possam se comunicar entre si mesmo, ou seja, as máquinas trocam dados, informações entre si, evitando o máximo possível da intervenção do homem. O termo utilizado para se referir a esta comunicação entre as máquinas é M2M (*machine to machine*). De acordo com Nagy et al.,(2018) e Hermann et al. (2016), a IoT é um termo para “dispositivos móveis” que são equipados com um chip, RFID, sensor ou qualquer outro dispositivo capaz de trabalhar em rede, e são capazes de se comunicar e compartilhar dados.

Enquanto na internet convencional os agentes emissor e receptor da comunicação são seres humanos, na IoT emissor e/ou receptor são coisas, ou seja, objetos que utilizam a internet como um canal de comunicação. Por exemplo, um sensor de temperatura que capta a temperatura de determinado ponto de inspeção em um forno industrial, e transmite este valor de temperatura pela internet para uma central, pode ser considerado uma aplicação de IoT. Esta central poderia ser acessada remotamente pela internet, por um supervisor que verificaria a temperatura (SACOMANO et al, 2018)

A IoT também pode ser definida como uma infraestrutura de rede global, que liga objetos físicos e virtuais por meio da exploração de capacidades de captura e comunicação de dados. Essa infraestrutura compreende a evolução da internet e da rede existente, capaz de oferecer competência específica de identificação de objetos, sensoriamento e conexão como base para o desenvolvimento de serviços e aplicações corporativas independentes. Elas serão caracterizadas por um alto grau de captura de dados autônomos, transferência de eventos, conectividade de rede e interoperabilidade (CASAGRAS, 2008).

Além de aumentarem a competitividade de diversos mercados verticais, as tecnologias de IoT podem proporcionar novas oportunidades de negócios (MINERVA; ROTONDI, 2015):

(i) conectando mercados verticais, originando aplicações e serviços transversais baseados no uso de uma plataforma comum de tecnologias de informação e comunicação;

(ii) possibilitando o surgimento e crescimento de novos segmentos de mercado e aplicações, possibilitado pela capacidade de interagir com objetos físicos por meios digitais e;

(iii) otimizar processos de negócios utilizando técnicas avançadas de análise aplicadas a fluxos de dados.

A IoT abre oportunidades para criar-se novos tipos de serviços, e até aplicações de mercado em massa, como as cidades inteligentes, nas quais diversos elementos urbanos são interligados por sistemas, visando eliminar congestionamentos, reduzir filas, melhorar o transporte, gerenciar melhor a geração e distribuição de energia, atendimentos à saúde, policiamento e outras coisa mais.

### **3.2.1.2 Big Data**

De acordo com Pilloni (2018) pode-se considerar que o conceito de *Big Data* é baseado nos 3V's: Volume, Variedade e Velocidade. O *Big Data* é a análise e interpretação de grandes volumes de dados diversos, também não estruturados e atípicos, que incluem vários tipos, formatos e séries temporais que são gerados e registrados. Requer lidar com vários dados mistos ao mesmo tempo, não podendo ser tratados por ferramentas convencionais. Tem como propósito a coleta, seleção, armazenamento, pesquisa, compartilhamento, transferência, análise e visualização de informações.

Segundo Pereira et al (2017), usa-se o *big data* para analisar dados como:

- Dados dos canais de vendas e de relacionamento com o cliente, juntamente com dados de mercado (dados econômicos, setoriais, de

parceiros ou concorrentes) permitem análises de previsão de demanda mais acuradas, reduzindo custos de estoque e melhorando a programação da produção.

- Dados de operações e fluxos internos da linha de produção permitem alimentar simuladores e otimizar o processo produtivo
- Dados de sinais vitais de trabalhadores, como frequência cardíaca, pressão e temperatura podem resguardar acidentes de trabalho e promover a saúde e segurança no trabalho em postos críticos, como na proximidade de altos-fornos, caldeiras, minas, grandes alturas etc.
- Dados do funcionamento interno de equipamentos, como temperatura, espectros de sons e vibrações mecânicas, bem como imagens de peças, permitem identificar e antecipar uma possível quebra ou falha do equipamento. Dados históricos de manutenção corretiva podem permitir uma manutenção preditiva, antes que nova quebra ocorra.

O ponto chave para a compreensão do papel dessa tecnologia no caso da chamada Quarta Revolução Industrial, e da Indústria 4.0 em particular, está na visão de que dados obtidos e armazenados em grande quantidade se tornam uma nova classe de ativo organizacional, como dinheiro em caixa ou aplicações financeiras, máquinas e equipamentos, imóveis e estoques, embora, por serem intangíveis, pareçam mais com ativos como marca e capital intelectual. (SACOMANO et al, 2018).

### **3.2.1.3 Computação em Nuvem**

O conceito de computação em nuvem ou, do inglês, *cloud computing*, vem da ideia de que não se sabe corretamente onde os dados estão sendo processados ou armazenados. Pode ser que estejam em um servidor no Brasil, ou nos Estados Unidos, ou até mesmo nos dois lugares ao mesmo tempo, de forma que um seja uma cópia de segurança do outro (SALESFORCE, 2017).

O maior benefício disso é poder acessar esses dados pela internet, de qualquer parte do mundo, não importando a distância em que eles estejam armazenados. Assim não estando em um local fixo, mas em local de fácil acesso,

várias pessoas podem ter acesso ao conteúdo ou dados, de vários locais diferentes, desde que tenham autorização de acesso e façam a autenticação para tal (SALESFORCE, 2017), usando qualquer dispositivo (celular, tablet, computador ou outro) que esteja conectado à internet (CENTRALSERVER, 2017).

#### **3.2.1.4 Smart Factory**

A fábrica inteligente ou *Smart factory* é definido como uma fábrica que realiza de forma contínua e progressiva a reforma dos processos de melhoria da qualidade e produtividade, utilizando dados digitais. É uma fábrica que incorpora as tecnologias de ponta como a IA (inteligência artificial) e IoT ( Internet das coisas ) (Hermann et al., 2015).

Representa atualmente uma transição entre a automação tradicional e outra totalmente conectada a sistemas flexíveis, ou seja, alterando a maneira de sistemas produtivos, uma vez que estes aprendem e se adaptam as novas demandas.

Ainda, pode ser considerada como uma peça chave na Indústria 4.0. Baseado nas definições de CPS (*Cyber Physical Systems*) e IoT, a Smart factory pode ser definida como uma fábrica onde o CPS se comunica através da IoT, e trabalha no auxílio de funcionários e máquinas na execução de suas tarefas (Hermann et al., 2015).

#### **3.2.1.5 Manufatura Aditiva**

Manufatura Aditiva (MA) é uma maneira de converter um modelo 3D, como um arquivo CAD, em um objeto físico ligando ou unindo materiais por meio de luz, vibração ultrassônica, laser e feixe de elétrons. Tem características diferentes, de acordo com os materiais ou métodos de colagem. A sua realização através de uma tecnologia de ponta é a tecnologia de impressão 3D. A manufatura aditiva começou como uma tecnologia de prototipagem rápida que realizou as ideias de produto dos engenheiros de projeto nos anos 80 e agora está sendo usada não apenas para prototipagem, mas também para fabricar produtos completos graças aos avanços em tecnologia de materiais e laminação. (KANG et al., 2016).

Entretanto, a impressora 3D enfrenta ainda alguns desafios técnicos como: a limitação no tamanho dos componentes a serem criados, imprecisão e o custo elevado de produção em grande escala.

### 3.2.1.6 *Cyber Physical Systems (CPS)*

São sistemas computacionais e colaborativos nos quais as operações são monitoradas, coordenadas, controladas e integradas por núcleos de comunicação e computação. Assim como a internet transformou a maneira como os seres humanos interagem entre si, os CPS transformam como nós interagimos com o mundo físico em nossa volta. A partir da Figura 2, podemos observar a comunicação dos sistemas de computação, comunicação e controle (SACOMANO, 2018).

Figura 2 – Sistemas CPS



Fonte: Retirado de Sacomano (2018)

Em uma planta industrial operando com I4.0 a linha de produção pode ser acionada e controlada remotamente. Para facilitar, um modelo virtual da linha de produção é criado, de modo que otimizações da linha possam ser ensaiadas primeiro no computador, caracterizando o mundo virtual, para garantir que, quando implantado, venha a causar o mínimo de problemas possíveis. Dessa forma, quando existem problemas na linha o próprio sistema poderá entrar em contato requisitando manutenção ou interação com sistemas de fornecedores, logística e outros (SACOMANO, 2018).

Em adição, os sistemas de CPS compreendem máquinas inteligentes, sistemas de armazenamento e instalações de produção que foram desenvolvidos digitalmente e caracterizam integração de ponta a ponta baseada em TIC, da logística de entrada à produção, marketing, logística de saída e serviços (KAGERMANN, 2013; LIMA, 2019).

Com o auxílio de sensores os CPSs são capazes de coletar diretamente, processar e avaliar os dados, enquanto os atuadores permitem que eles reajam a mudanças e as facilidades da comunicação digital permitem que eles interajam com outros sistemas CPSs. Em relação às fábricas inteligentes, um sistema CPS, pode ser criado quando vários sistemas CPSs estão conectados e interagem uns com os outros (SEITZ e NYHUIS, 2015). A integração vertical os utiliza para habilitar plantas para reagir rapidamente às mudanças na demanda ou nos níveis de estoque e falhas. Estes habilitam ainda não somente organizações autônomas de gerenciamento de produção, mas também de gestão de manutenção. (SCHLAEPFER; KOCH, 2015).

### **3.2.1.7 Etiquetas de RFID**

RFID vem do inglês, Radio-frequency identification tag. De acordo com Sacomano et al (2018), as etiquetas de RFID são pequenos dispositivos eletrônicos que transmitem informações por meio de radiofrequência. Podendo ser colocadas em embalagens de produto, equipamentos e até mesmo em pessoas ou animais.

Dotadas de antenas ou captadores e microchips, enviam e respondem (ou somente respondem) sinais de rádio que são emitidos pela base transmissora em uma determinada frequência. São classificadas em:

- *Etiquetas de RFID passivas*: só respondem ao sinal enviado pela base transmissora. Sem fonte própria de energia, são energizadas pelo próprio sinal da base.
- *Etiquetas de RFID ativas*: enviam o próprio sinal, por serem dotadas de fonte própria de energia.

- *Etiquetas de RFID semipassivas, ou semiativas*: possuem fonte própria de energia, contudo precisam da presença de um leitor para comunicar as informações, pois não dispõem de modulador e, portanto, não podem criar um novo sinal de radiofrequência.

Há outras classificações de etiquetas de RFID: conforme o tipo de memória ou o protocolo de comunicação. Compostas por diversos materiais, matérias e formatos, as etiquetas guardam a identificação do produto na linha de produção, podendo ser identificadas por leitores instalados remotamente, ou nas próprias máquinas de produção, que passam a identificar o que será/está sendo produzido (GOMES, 2007).

### **3.2.2 Desafios Gerais da Indústria 4.0**

Apesar das empresas acreditarem que a transformação digital promovida pela Indústria 4.0 aumentará a competitividade, há certas inseguranças na implementação de projetos na área. Problemas relacionados com a transmissão de dados, incompatibilidade das interfaces, segurança e integridade dos dados, serão os desafios, além da falta de qualificação de habilidades humanas.

Abaixo estão destacados alguns desafios destacados acima de forma detalhada. Todo conteúdo abaixo foi retirado de Pilloni (2018).

a) **Qualificação de habilidades humanas**: com a Indústria 4.0, há uma demanda por um novo tipo de profissional com capacidades múltiplas envolvendo diversas áreas. Profissionais capazes de lidar com tecnologias específicas e de alta complexidade. Porém, as empresas deparam com suas equipes sem a qualificação necessária para operar novas tecnologias.

b) **Segurança e integridade de dados**: Quando se trata de internet e tecnologia, as ameaças de indivíduos mal-intencionados são constantes, e não há garantia de um sistema que garanta suficientemente a proteção de dados das indústrias. Segundo Pilloni (2018), com a introdução de meios de comunicação heterogêneos e protocolos que não são concebidos para funcionar em um ambiente

industrial, particularmente sem fio, é necessário estudar novos mecanismos que garantam segurança e proteção. Deve-se garantir que as instalações de produção e o produto em si não ameacem as pessoas e o meio ambiente. O uso incorreto do produto e o acesso não autorizado às instalações de produção precisam ser evitados.

c) Falta de tecnologias de informação e comunicação: As indústrias normalmente adquirem pacotes de tecnologia de processo que já trazem toda infraestrutura de comunicação incorporada, e em alguns casos já estão disponíveis até para integração entre equipamentos do mesmo fornecedor, porém quando outras aplicações para esses processos são demandadas, falta uma infraestrutura básica para integração.

#### **4 TÓPICOS ENTRE LEAN MANUFACTURING E INDÚSTRIA 4.0**

Uma importante perspectiva sobre a interação entre a Indústria 4.0 e o Lean, é que este último pode ser usado como uma base para construir uma implementação no outro, tornando-se assim um facilitador. Assim, Kolberg e Zühlke (2015) destacam o papel facilitador do Lean no processo de padronização do trabalho, organização e transparência, os quais são destacados como suporte para implementação de soluções ligadas à Indústria 4.0.

Através da comparação de tecnologias, os autores propuseram uma visão geral de possíveis conexões e dessa maneira, apresentaram dois casos de duas empresas alemãs: Würth e Wittenstein. A empresa Würth, introduziu um sistema de reabastecimento de pedido com base em cestos *Kanban*. Um sensor detecta a quantidade de itens no cesto e os dados são automaticamente transmitidos para o sistema de controle. Além disso, o novo sistema é capaz de enviar pedidos automaticamente para os fornecedores, fazendo com que o stock seja reduzido, ocorra a liberação de espaço no chão de fábrica e os pedidos sejam feitos conforme a necessidade da linha.

Outro caso analisado foi o da empresa Wittenstein, onde se encontra em funcionamento um sistema flexível de suprimento da cadeia de produção. Ao invés de intervalos fixos de transporte, um sistema integrado com a produção e AGVs

(*Automated Guided Vehicles*, em português Veículos Guiados Automatizados) determinam o intervalo de transporte através da demanda em tempo real. Ainda, a interação entre funcionários com sistema de transporte se dá através de telas portáteis, reforçando dessa forma um dos princípios da Indústria 4.0 que é a verticalização proporcionada pela interação homem-máquina.

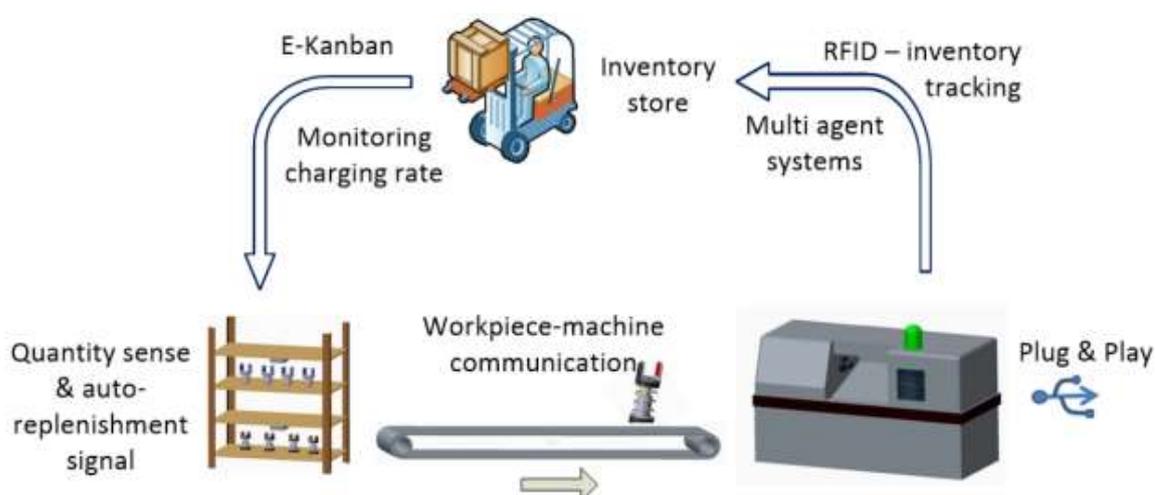
Por fim, o grau de maturidade de um sistema produtivo *Lean* está associado a um maior nível de conscientização, o que proporciona uma melhor compreensão de suas práticas e princípios subjacentes, levando os resultados obtidos a conclusão de que o nível de maturidade do sistema em uma empresa é variável importante em um processo de associação a Indústria 4.0 (KOLBERG & ZUHLKE, 2015).

Neste tópico serão abordadas as tecnologias da indústria 4.0 que podem ser integradas no conceito da Lean Manufacturing, com o objetivo de examinar os desempenhos entre elas e relacionar as funções.

#### 4.1 Produção Puxada

Na produção puxada, uma operação fluxo abaixo, seja interna ou externa, fornece informações à operação fluxo acima, geralmente por cartões kanban, a respeito de quais partes e materiais são necessários, a quantidade necessária, quando e onde é necessário. Nada é produzido pelo processo fornecedor sem que o cliente fluxo abaixo tenha apontado a necessidade (SANDERS et al., 2016). Na Figura 3 podemos ver a otimização que as tecnologias da Indústria 4.0 podem trazer.

Figura 3. Impactos da Indústria 4.0 nos fatores de processo



Fonte: Sanders et al. (2016).

Um sistema de produção puxada com rastreamento impróprio da quantidade de materiais fornecidos para a linha de produção e alterações na programação após o fornecimento de material afetam severamente no desempenho do sistema. Usando tecnologias de informação e comunicação, um sistema *e-kanban* reconheceria produtos faltantes por meio de sensores e com isso acionaria um sinal de reabastecimento. As variações de abastecimento também podem ser monitoradas e transmitidas por um sistema sem fio à uma central de controle de estoque em tempo real (KOLBERG e ZUHLKE, 2015). Essas trocas de informações sem fio seriam realizadas por radiofrequência (RFID) tags para rastrear e monitorar o status, número e localização dos lotes de materiais. As mudanças em cronogramas também podem ser monitoradas continuamente e os kanbans podem ser atualizados por meio destas tecnologias. Podendo assim, criar um fluxo geral de produção por sistemas de monitoramento automáticos e rastreáveis, tudo isso com as tecnologias da Indústria 4.0.

#### **4.2 Fluxo Contínuo**

O fluxo de matérias primas, produtos semiacabados e acabados, precisa ser contínuo de acordo com um fluxo de valor determinado. Com o conceito de fabricação do JIT, os materiais devem chegar apenas no momento da fabricação e não devem ser mantidos armazenados por longos períodos no inventário. Todo processo precisa agregar valor e resultar em um fluxo simplificado de operações. Em muitos casos, uma interrupção de fluxo surge devido a erros na contagem de estoque, falta de capacidade e centralização de sistemas de controle que levam a atrasos na tomada de decisões. Soluções da indústria 4.0 que empregam RFID ajuda a eliminar erros associados ao inventário por meio do rastreamento exato em tempo real (RAKI, 2014).

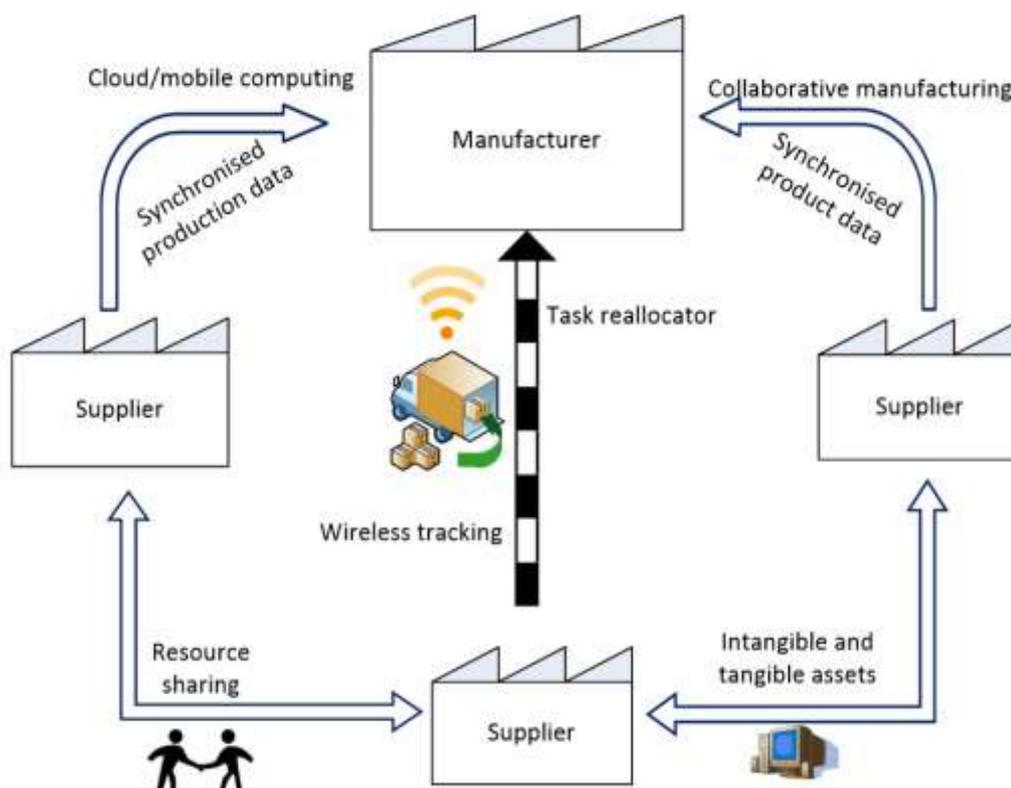
As empresas modernas que também utilizam as tecnologias da Indústria 4.0, podem realizar agendamentos integrados e realizar planejamento de produção entre as indústrias subcontratadas. Por exemplo, um fabricante pode rastrear a capacidade e o progresso dos pedidos de um fornecedor e ajustar sua própria produção de acordo com essas informações (WIENDAHL & LUTZ, 2002).

De acordo com Wan, Zhu et al (2014), propuseram um método de distribuição de material baseado na Internet das Coisas em um ambiente de produção JIT para uma oficina de modelos misto. Este método era sobre um modelo matemático para distribuição de material com base no layout de produção e informações de material em cada estação. O algoritmo de otimização inteligente elimina a interrupção e espera na linha de fabricação e atrasos no cronograma, permitindo um fluxo contínuo e simplificado. Desta forma, o rastreamento de estoque em tempo real, a subcontratação e a tomada de decisão descentralizada levam a um fluxo contínuo e otimizado na linha de produção.

### **4.3 Cadeia de Suprimentos**

A *Supply Chain*, também conhecida como Cadeia de Suprimentos, consiste em todo processo de logística que abrange desde a fabricação da matéria-prima de um produto até a entrega para o consumidor final. Um dos fatores de importância é o fluxo de mercadorias e informações dos fornecedores para o fabricante (SANDERS et al. 2016). O impacto das tecnologias da Indústria 4.0 e Lean Manufacturing na cadeia de suprimentos é apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Impacto da Indústria 4.0 na cadeia dos fornecedores



Fonte: Sanders et al. (2016).

#### 4.3.1 Feedback na Cadeia de Suprimentos

A transferência inadequada de informações entre fabricantes e fornecedores pode gerar vários desperdícios no que diz respeito ao processo do produto (SCHMIDT et al., 2015). Os fornecedores precisam ser informados regularmente sobre o status e as condições dos produtos e serviços prestados, mas como há uma divergência de modelos de operações para esse gerenciamento, permite que tenha uma deficiência de comunicação (SLACK, 2009). Já a Indústria 4.0 fornece as ferramentas necessárias para alcançar resultados imediatos e feedback automático aos fornecedores, para suprir os canais de comunicações inadequados. O tradicional mecanismo de comunicação entre as empresas pode ser melhorado por meio da computação em nuvem e serviços de computação móvel. Uma melhoria no mecanismo de colaboração e sincronização de comunicação servem como facilitadores para manter uma melhor eficácia.

### 4.3.2 Just In Time no Sistema Delivery

A filosofia JIT é popularizada por meio do Sistema Toyota de Produção que exige um inventário nível de valor zero. Apenas o número necessário de produtos deve chegar ao fabricante no tempo certo, sem a necessidade de armazená-los antes de serem usados (CABALLERO-GIL, MOLINA-GIL, CABALLERO-GIL & QUESADA-ARENCIBIA, 2013). Porém, nos atuais sistemas de logística a entrega nem sempre é possível devido a razões como status incompleto das mercadorias, incompatibilidade entre as mercadorias necessárias e transportadas e atrasos inesperados. A IoT está equipada com diversos dispositivos integrados de comunicação, que gerenciam informações sobre mercadorias transportadas. Cada item armazenado recebe uma nota de entrega que seria rastreado sem fio sobre sua origem, destino e status atual. Ao etiquetar cada item, garante o envio do produto certo para o destino correto, reduzindo o Lead Time, otimizando as rotas de viagem e sua confiabilidade na logística (BOSE & PAL, 2005). Em caso de um pedido não ser possível ser entregue devido a algum engarrafamento imprevisto ou qualquer outra restrição, um alocador inteligente iniciaria um processo de negociação, onde um pedido é realocado para satisfazer as exigentes restrições de tempo. Portanto, etiquetagem dos itens, rastreamento sem fio, promovem o JIT de mercadorias (TEPEŠ et al., 2015).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segundo Nicoletti (2013) foi identificado que o Lean é visto como um importante agente na implementação e consolidação da I4.0 sendo que conceitos Lean como a padronização do trabalho, organização e transparência são fundamentais no suporte a implementação. Pela revisão realizada é possível sistematizar que o Lean Manufacturing é um facilitador, uma vez que confere valor intelectual à cultura das pessoas, simplifica os processos e reduz/elimina os desperdícios de forma que os mesmos não sejam automatizados; ainda reduz a

possibilidade de comprometer recursos escassos e aumenta a transparência dos processos e da organização do trabalho.

No quesito de integração da Indústria 4.0, segundo Sanders et al. (2016), adotando as tecnologias desta, as empresas são capazes de se tornarem enxutas sem a necessidade de manter esforços conscientes e persistentes de “esforço para ser enxuto”. Visto que as operações e gerenciamentos estão melhorando consideravelmente por meio das tecnologias digitais por esta oferecida, tem-se redução dos desperdícios pré-existentes. Abaixo a Figura 5 (página seguinte) apresenta as dimensões de gestão do *Lean Manufacturing* e como os conceitos e as tecnologias da Indústria 4.0 podem facilitar a aplicação dessas dimensões.

Em acréscimo podemos validar através dos trabalhos de Nicoletti (2013), Kolberg, (2015); Zuhlke et al, (2015), os quais tratam o *Lean* como fator facilitador a implementação da Indústria 4.0, através das análises de casos de implementação industrial. Ainda, conceitos deste como a padronização de trabalho, organização e transparência foram fatores afirmativos de suporte.

Hambach et al. (2017) propõem um modelo de método de melhoria continua (ciclo PDCA, Plan-Do-Check-Act) digitalizado, a partir da integração com soluções da I4.0. Assim, para este a melhoria continua digital pode oferecer potencial e possibilidades para uma maior eficiência do processo. Os autores apoiam a ideia de que a aplicação de modernas tecnologias de informação e comunicação, associadas a Indústria 4.0, em sistemas de produção Lean pode melhorar o desempenho dos referidos sistemas, obtendo processos de produção e logística mais eficientes.

*Figura 5 - Resumo das interfaces entre o Lean e soluções providas pela Indústria 4.0*

Dimensões do Lean Manufacturing	Desafios para a implementação do Lean Manufacturing pela perspectiva de integração	Soluções providas pela Indústria 4.0
feedback dos fornecedores	Conhecimentos e recursos limitados	Fabricação colaborativa
	Diferenças nos modelos de negócios, operação e prática da manutenção de dados	Melhores mecanismos de comunicação
		Sincronização de dados
Entregas Just in Time pelos fornecedores	Status de envio dos produtos incompletos	Tagueamento dos itens
	Incompatibilidade na quantidade de itens transportados	Rastreamento sem fios de mercadorias
	Atrasos inesperados durante o transporte	Realocação inteligente da
Desenvolvimento dos fornecedores	Recursos e conhecimentos inadequados	Interfaces padronizadas
	Compatibilidade de equipamentos entre organizações	Organizações virtuais - cooperação sinérgica
Envolvimento dos clientes	Pouca flexibilidade para alteração do produto	Período de congelamento alongado
	Relação entre necessidades e funções	QFD de grande volume
	Obtenção das necessidades exatas dos clientes	Análise de uso
Produção Puxada	Quantidade de material fornecida imprópria	Monitoramento do reabastecimento de material
	Mudanças no cronograma de produção	Rastreamento e atualização do cronograma e do Kanban
Fluxo Contínuo	Erros na contagem de estoques	Acompanhamento de estoques em tempo real
	Falta de capacidade	Subcontratação
	Sistemas de controle centralizados	Tomada de decisão descentralizada
Redução do tempo de setup	Adaptação no processo baseado na experiência humana	Auto-otimização e aprendizado de máquina
		Comunicação entre peças e máquinas
Produtividade total/Manutenção preventiva	Nenhum controle de avaria da máquina	Comunicação trabalhador - máquina
	Tempo de resolução de problemas desconhecidos	Avaliação de manutenção automatizada
		Sistema de controle de manutenção preditiva
Controle Estatístico de Processo	Ignorância dos operadores	Comunicação entre pessoas e máquinas
	Incapacidade de rastrear variações do processo	Melhor interface homem-máquina
		Rastreamento/integração/gerenciamento de processos
Envolvimento dos trabalhadores	Mecanismos de feedback indevidos	Dispositivos de feedback inteligentes
	Práticas de avaliação de desempenho	Sistema de suporte ao trabalhador
	Monotonia no trabalho	Melhor interface homem-máquina

Fonte: Adaptado de Sanders (2016).

Acrescenta-se a justificativa da necessidade de mais artigos e pesquisas envolvendo os temas abordados, principalmente com relação ao desperdício e a I4.0, uma vez que este é um conceito muito novo, frente a outros tópicos em Engenharia de Produção e Administração.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A finalidade deste trabalho foi de apresentar os conceitos teóricos do Lean Manufacturing nas tecnologias da Indústria 4.0, visando a redução do desperdício. Tal trabalho tem, então, como contribuição apresentar tópicos, teóricos, estabelecendo a relação entre Lean e a I4.0, visto a grande necessidade de uma produção mais limpa e eficiente.

Ao realizar a revisão de literatura, pode-se encontrar que a relação entre ambas é de cooperação, sendo que não competem entre si. Há uma contradição com relação ao elemento facilitador entre autores, entretanto, a integração entre os dois conceitos é positiva, com o *Lean* e a Indústria 4.0 apoiando-se mutuamente tendo uma busca mais efetiva pela melhoria e redução de desperdícios. Portanto, estas duas abordagens de produção podem ser combinadas de forma a apoiarem-se no desenvolvimento de uma estrutura, que permita aumentar a flexibilidade e superar as deficiências das práticas convencionais.

É importante destacar também que a qualificação de habilidades humanas é um fator humano que deve ser melhor integrado aos modelos de empresas que buscam implementar as tecnologias da Indústria 4.0, uma vez que muitos dos conceitos apresentados envolvendo tecnologia digital.

Embora este trabalho tenha sido capaz de apresentar a viabilidade dos objetivos propostos, a fim de ajudar as organizações a reduzir os desperdícios no meio altamente globalizado em que vivemos. Em acréscimo, a escassa literatura acerca da relação dos dois conceitos e o desperdício indica a necessidade de mais estudos que comprovem as relações acima mencionadas. Dessa forma, propõe-se então para trabalhos futuros o desenvolvimento de estudos práticos, os quais envolvam a aplicação direta de tais conceitos, a fim de provar a relação teórica já existente.

## 7 CRONOGRAMA FUTURO

Os próximos passos, conforme apresentado nesta pesquisa de IC, configuram a publicação em revistas da área, tais como pesquisa operacional, qualidade, administração da produção e tecnologia/ inovação. Ainda, conta-se com a elaboração da apresentação para o Fórum de Iniciação Científica, em dezembro de 2021, bem como os ajustes sugeridos pela comissão do CIIC após a avaliação do relatório final.

Uma grande motivação e, produto final desta pesquisa, é a vontade em querer contribuir com mais estudos relacionando *Lean Manufacturing*, Desperdícios e Indústria 4.0, assuntos que interligados apresentam baixas publicações e artigos. Em acréscimo, estuda-se a possibilidade em levar o assunto adiante em um projeto para pesquisa de mestrado.

Por fim, toda a pesquisa encontra-se, exatamente, da forma que foi programada, sempre respeitando os prazos e datas estabelecidos, em reunião, entre orientando e orientador.

## REFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMADA, F. L. **The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES)**. Journal of Innov. Manag., vol. 3, no. 4, p. 17, 2016.

ALVES-MAZZOTTI, A. J. **A “revisão bibliográfica” em teses e dissertações: meus tipos inesquecíveis – o retorno**. In: BIANCHETTI, L.; MACHADO, A. M. N. A bússula do escrever: desafios e estratégias na orientação de teses e dissertações. São Paulo: Cortez, p.25-44, 2002.

ALVES, A. C., Sousa, R. M., Dinis-Carvalho, J., Lima, R. M., Moreira, F., Leão, C. P., Maia, L. C., Mesquita, D., Fernandes, S. **Final year Lean projects: advantages for companies, students and academia**. Proceedings of the Sixth International Symposium on Project Approaches (PAEE2014), Medellin, Colombia, p. 56, 2014.

BOSE, I., & Pal, R. **Auto-ID: managing anything, anywhere, anytime in the supply chain**. Communications of the ACM, 48(8), p 100-106, 2005.

BUER, 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**. Int. J. Prod. Res., vol. 7543, pp. 1–17, 2018.

CASAGRAS. **Coordination and Support Action for Global RFID related Activities and Standardization**. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/articles/pdf?4461>>. Acessado em 11 de janeiro de 2021.

FRANK, H. **Lean Produktion versus Industrie 4.0: Gegner oder Verbündete**. Industrie Management 30: p 17–20, 2014.

HAMBACH, J., KUMMEL, K., METTERNICH, J. **Development of a Digital Continuous Improvement System for Production**. Procedia CIRP 63, 330–335., 2017.

HERMANN, M., PENTEK, T., & OTTO, B. **Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review**. Journal of Innov. Manag., vol. 14, no. 5, p. 55-64, 2016

HUNTZINGER, J. **The Roots of Lean: Training within Industry-the origin of Kaizen**. Target, v. 18, n. 1, p. 6-19, 2002.

KAGERMANN, Henning; WAHLSTER, W; HELBIG, J. **Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0 - Securing the Future of German Manufacturing Industry**. München: National Academy of Science and Engineering, vol. 3, no. 2, p. 114-130, 2013.

KANG, H., S.; LEE, J., Y.; CHOI, S.; KIM, H.; PARK, J., H.; SON, J., Y.; KIM, B., H.; NOH, S., D. **Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions International Journal of Precision Engineering and Manufacturing Green Tech**. Vol.3, n.1, pp. 111–128, 2016.

KASPAR, S. SCHNEIDER, M. **Lean und Industrie 4.0 in der Intralogistik: Effizienzsteigerung durch Kombination der beiden Ansätze**. Productivity Management 20: p 17–20, 2015.

KOLBER, D., ZUHLKE, D. **Lean automation enabled by industry 4.0 technologies**. IFAC-PapersOnLine, 48(3), 1870-1875, 2015

LIKER, J. K.; MEIER, David. **O modelo Toyota-manual de aplicação: um guia prático para a implementação dos 4Ps da Toyota**. Bookman Editora, 2007.

LIMA, D. F. S.; ALCANTARA, P. G. de França; SANTOS, L. C. **Mapeamento do fluxo de valor e simulação para implementação de práticas lean em uma empresa calçadista**. Revista de Produção Online, vol. 16, no. 1, pp. 366–392. 2016.

LUTHRA, S.; MANGLA, S., K. **Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies**. Process Safety and Environmental Protection, vol. 117, pp. 168-179, 2018.

MINERVA, R.; ROTONDI, D.. **Towards a Definition of the Internet of Things (IoT)**. IEEE Internet Initiative, 2015.

MUKCSTADT, J. A.; TAYUR, S. R. **A comparison of alternative KANBAN control mechanism**: I. Background and structural results. IIE Transactions, v. 27, n. 2, p. 140-150, 2015.

NAGY, J., OLÁH, J., ERDEI, E., MÁTÉ, D., POPP, J. **The role and impact of industry 4.0 and the internet of things on the business strategy of the value chain — The case of hungary**. Sustainability, Vol. 10, Issue 10, pp. 3491, 2018.

NICOLETTI, B. **Lean and Automate Manufacturing and Logistics**. In Advances in Production Management Systems. P, 278–285, 2013.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, R. B. M.; CORRÊA, V.A. **Mapeamento do Fluxo de Valor em um Modelo de Simulação Computacional**. Produção Online, vol. 14, no. 3, pp. 837–861, 2014.

PEREIRA, S. **Software project for remate monitoring of body temperature**. IEEE Latin America Transactions, v. 15, n. 11, p. 2238-2243, 2017.

PILLONI, V. **How data will transform industrial processes: Crowdsensing, crowdsourcing and big data as pillars of industry 4.0**. Future Internet, Vol. 10, Issue 3, pp. 1- 14, 2018.

RAIKI, H. **An application of RFID in supply chain management to reduce inventory estimation error**. Uncertain Supply Chain Management, 2(2), p 97-104, 2014.

SACOMANO, J. GONÇALVES, R. et al. **Indústria 4.0 conceitos e fundamentos**. São Paulo: Blucher, 2ªed., 2018.

SANDERS, A. ELANGESWARAN, C.; WULFSBERG, J. **Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing**. Journal Ind. Eng. Manag., vol. 9, no. 3, pp. 811–833, 2016.

SCHLAEPFER, R., C. e KOCH, M. **Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies**. Industry 4.0 Deloitte, Vol 1, Issue 10, pp. 32, 2015.

SCHMIDT, R. et. al. **Industry 4.0-Potentials for Creating Smart Products: Empirical Research Results**. Business Information Systems. Springer International Publishing. p 16-27, 2015.

SEITZ, F.; NYHUIS, P. **Cyber-Physical Production Systems Combined with Logistic Models – A Learning Factory Concept for an Improved Production Planning and Control**. Journal Ind. Eng. Manag., Vol. 32, pp. 92-97, 2015.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo : Editora Atlas, 3ªed, 2009.

TAKAHARA, A. **KAIZEN BASE**. Disponível em: <<https://www.kaizen-base.com/contents/tps-42590/>>. Acessado em 28 de dezembro de 2020.

TAMÁS, P.; ILLÉS, B.; DOBOS, P.. **Waste reduction possibilities for manufacturing systems in the industry 4.0**. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, vol.10, nº10, 1297-1303, 2016.

TEMPLE, N.,. **The smart factory and the converging roles of IT, production and engineering**. Smart IoT. London, UK: Excel. 2016.

TEPES, M., Krajnik, P., Kopač, J., & Semolič, B. **Smart tool, machine and special equipment: overview of the concept and application for the toolmaking factory**

**of the future.** Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 37(4), p 1039-1053, 2015.

WAN, Y.L., ZHU, H.P., MU, Y.P., & YU, H.C. **Research on IOT-Based Material Delivery System of the Mixed-Model Assembly Workshop.** Proceedings of 2013 4th International Asia Conference on Industrial Engineering and Management Innovation (IEMI2013). Springer Berlin Heidelberg. p 581-593, 2014.

WERKEMA, C. **Lean seis sigma: introdução às ferramentas do lean manufacturing.** 2ª Edição. 2012.

WIENDAHL, H, LUTZ, S. Production in networks. **CIRP Annals-Manufacturing Technology**, 51(2), p 573-586, 2002.

WOMACK, J., JONES, D. 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.** Free Press, New York, 1990.

WOMACK, J. P.; JONES, D. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.** Rio de Janeiro: Campus, 1998.

YIN, R. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** Porto Alegre: Bookman, 2ed., p. 233-240, 2001.

**ANEXO A – Carta de Dispensa de Apresentação ao CEP ou CEUA**



## CARTA DE DISPENSA DE APRESENTAÇÃO AO CEP OU CEUA

À

COORDENADORIA DO PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNISAGRADO

Informo que não é necessária a submissão do projeto de pesquisa intitulado

Técnicas de redução de desperdícios da Lean Manufacturing aplicadas a Indústria 4.0

, ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP) ou à Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) devido à

Seu escopo não abordar pesquisa com seres humanos e não fazer uso de animais

Atenciosamente,

Vinicius Augusto Dore de AlmeidaVinicius Augusto Dore de Almeida

NOME E ASSINATURA DO DOCENTE

Data: 10 de março de 2020