



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO**



MATEUS FILIPE ALVES BARBOSA

**INDÚSTRIA 4.0 APLICADA À LINHA DE MONTAGEM AUTOMOBILÍSTICA:
VEÍCULOS MÉDIOS E PESADOS**

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E
AUTOMAÇÃO**

Ouro Preto, 2019

Mateus Filipe Alves Barbosa

**INDÚSTRIA 4.0 APLICADA À LINHA DE MONTAGEM AUTOMOBILÍSTICA:
VEÍCULOS MÉDIOS E PESADOS.**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Paulo Marcos de Barros Monteiro

Co-orientador: Luiz Fernando Ríspoli Alves

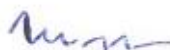
Ouro Preto
Escola de Minas – UFOP
Dezembro/2019

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

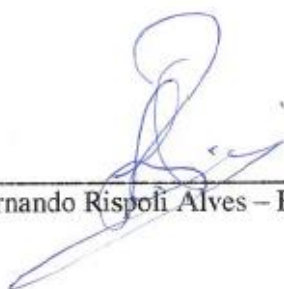
- B238i Barbosa, Mateus Filipe Alves .
Indústria 4.0 aplicada à linha de montagem automobilística [manuscrito]:
veículos médios e pesados. / Mateus Filipe Alves Barbosa. - 2019.
36 f.: il.: color..
- Orientador: Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro.
Coorientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Rispoli Alves.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de
Minas.
1. Produtividade Industrial. 2. Indústria 4.0. 3. Tecnologia. I. Alves, Luiz
Fernando Rispoli. II. Monteiro, Paulo Marcos de Barros. III. Universidade Federal
de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 621

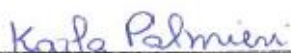
Monografia defendida e aprovada, em 05 de Dezembro de 2019, pela comissão avaliadora constituída pelos professores:



Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro – Orientador



Prof. Dr. Luiz Fernando Rispoli Alves – Professor Co-Orientador



Prof. Dr.a Karla Boaventura Pimenta Palmieri – Professora Convidada

AGRADECIMENTO

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus que me encheu de bençãos e me iluminou durante este caminho que percorri.

Agradeço aos meus pais, Geraldo e Hilda, que sempre me estimularam a buscar meus sonhos e sempre acreditaram em mim, pelo apoio incondicional durante essa jornada.

Ao meu irmão Pablo pelo apoio e vibração nos momentos de conquista.

Ao professor Paulo Monteiro e professor Luiz Fernando Rispoli pela grande ajuda na escrita deste trabalho, bem como pela grande importância na minha formação acadêmica e profissional.

A Universidade Federal de Ouro Preto e a todos os mestres pelo conhecimento e funcionários e amigos que fizeram parte dessa caminhada.

Agradecimento especial à gloriosa República Skulaxu que me acolheu nesses anos de Ouro Preto e me ensinou o real sentido da palavra amizade.

Por fim agradeço a todos meus amigos que sempre estiveram comigo nesse momento, aos amigos de Sete Lagoas, aos amigos de curso e de repúblicas amigas.

RESUMO

A busca crescente pela maior produtividade dentro do ambiente fabril impulsionou a criação e uso de diversas tecnologias, sendo que essas tiveram grandes evoluções no decorrer do tempo. O presente trabalho tem-se como objetivo elucidar a evolução da indústria e demonstrar a importância da aplicação de conceitos da indústria 4.0. Neste trabalho também exemplifica-se práticas de automação dentro da indústria automobilística de veículos médios e pesados, apresentado a importância do uso veículos guiados automaticamente, pontes elevatórias e talhas, impressões 3D e *Pick to Light*.

Palavras-chave: Produtividade, Indústria 4.0, Tecnologia.

ABSTRACT

The growing search for greater productivity within the manufacturing environment drove the creation and use of various technologies, and these had large developments over time. The present work aims to elucidate the evolution of the industry and demonstrate the importance of the application of concepts of industry 4.0. This work also exemplifies automation practices within the automotive industry of medium and heavy vehicles, presented the importance of using guided autonomous vehicles, lifting bridges and carvings, 3D prints and Pick to Light.

Keywords: Productivity, Industry 4.0, Technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Revoluções Industriais	17
Figura 2 – Evolução da manufatura.....	18
Figura 3 – AGV	23
Figura 4 – Guindastes Móveis	24
Figura 5 – Processos gerais da manufatura aditiva	26
Figura 6 – Variedades de um código de barras	26
Figura 7 – Exemplo de um QR Code	27
Figura 8 – Pick to Light.....	30

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	09
1.1 JUSTIFICATIVA.....	12
1.2 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS.....	13
1.2.1 GERAIS.....	12
1.2.2 ESPECÍFICOS.....	12
1.3 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA	13
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 PRIMEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	14
2.2 SEGUNDA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	15
2.3 TERCEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	16
2.4 QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	16
2.5 INDÚSTRIA 4.0	18
3. AUTOMAÇÃO NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA DE VEÍCULOS MÉDIOS E PESADOS.....	22
3.1 VEÍCULOS GUIADOS AUTOMATICAMENTE.....	22
3.2 PONTES ELEVATÓRIAS E TALHAS.....	24
3.3 IMPRESSÃO 3D.....	25
3.4 CÓDIGO DE BARRAS	26
3.5 PICK TO LIGHT	28
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
REFERÊNCIAS	33

1. INTRODUÇÃO

A indústria 4.0 pode ser entendida como um conceito de engloba automação e tecnologia da informação inserido dentro da cadeia produtiva de um determinado bem de serviço ou consumo as principais tecnologias referentes a inovações tecnológicas. No que tange as tecnologias e inovações da indústria 4.0 destaca-se a utilização *Big Data*, Manufatura aditiva (Impressão 3D), Inteligência Artificial, Internet das Coisas, Sistemas Ciber-físicos.

A imersão dos conceitos e ferramentas da indústria 4.0 dentro da manufatura acontece com o intuito de tornar a mesma cada vez mais produtiva e com o menor percentual de falha possível. Isto somente possível com a adoção da automação em detrimento de processos manuais praticados por operadores.

Vale destacar que o termo 4.0 faz alusão à quarta revolução industrial. E este termo seria uma referência ao momento histórico no qual a indústria e a sociedade como um todo se encontra, pois o uso e a disseminação constante da tecnologia estão enraigados em nosso meio, sendo algo natural e orgânico a está atual geração.

Para que a Indústria 4.0 se torne uma realidade foi percorrido um longo caminho na história da indústria. Sendo que este começou com o advento da Primeira Revolução Industrial, no início de 1780.

A Primeira Revolução Industrial pode ser caracterizada como um momento histórico científico de marco, no qual têm se a criação da máquina a vapor. Tal criação impactou diretamente o meio produtivo. Logo, a principal mudança foi no processo produtivo. Anteriormente, o trabalho era realizado por artesãos mulheres e crianças, sendo estes desenvolvidos em casa ou oficinas. Com a Revolução Industrial tudo mudou, os processos migraram-se para fábricas, onde tinha-se a utilização de máquinas. Nesse cenário também surgiu o conceito de divisão de trabalho, o que propiciou o ganho de escala dentro do processo produtivo (BRASIL ESCOLA, 2018).

Por volta de 1870, tem-se o surgimento da Segunda Revolução Industrial, marcando a história com a criação de conceitos e práticas importantes, podendo-se destacar a descoberta da energia elétrica e a implantação do conceito fabril de Henry Ford (BRASIL ESCOLA, 2018).

Já a Terceira Revolução Industrial, de maneira sucinta trouxe conceitos primários no que tange à automação de processos, com o uso de controle e computadores programáveis. (BRASIL ESCOLA, 2018).

Finalmente, tem-se o advento da dita Quarta Revolução Industrial, na qual o uso de tecnologias se torna algo orgânico. Tem-se conceitos como o de *big data*, automação, controle, robótica, impressão 3D, internet das coisas, sistemas ciber-físicos e inteligência artificial sendo considerados diferenciais no processo produtivo, fazendo com que o mesmo possua ganhos de produtividade e eficiência em uma escala exponencial.

Segundo Coutto (2018), é notória que a obtenção de vantagens competitivas por meio de sistemas de gestão eficazes é condição necessária à sobrevivência das empresas e a tecnologia surge como fator chave de sucesso, permitindo a diferenciação entre concorrentes.

Para Coutto (2018), além da otimização de custos e processos, melhorias e inovações em produtos e serviços provenientes da implementação de conceitos da indústria 4.0, é necessário a criação de novas estratégias e a necessidade de colocá-las em ação com a participação de todos os seus colaboradores.

De acordo com Coutto (2018) a indústria 4.0 torna a empresa mais flexível e ágil para atender as mudanças, exigências e expectativas de mercado e buscarem maior rentabilidade.

Cabe ressaltar que o surgimento das revoluções industriais e o avanço da mesma ocorreram de maneira consistente nos países ditos hoje de primeiro mundo, que possuem um acervo enorme de tecnologias e práticas sofisticadas em suas manufaturas. Países como o Brasil possuem um grande atraso no que tange a aplicação de tecnologia em suas manufaturas, sendo essas em grande parte feita por meio de processos manuais, realizados pelos seus

operadores, o que ocasiona em grandes percentuais de falhas no produto final e alongamento do tempo de produção de um determinado bem.

O Brasil não concluiu de forma razoável a sua terceira revolução industrial. Isso quer dizer que muitas indústrias brasileiras (para não dizer a maioria) ainda operam em regime 2.0, utilizando, por exemplo, lógicas de acionamentos elétricos com relês para promover automação. Sequer utilizam microcontroladores e/ou controladores lógicos programáveis. O Brasil não utiliza a robótica e a automação de forma sistemática (JUNIOR et al., 2018).

O estudo da Confederação Nacional da Indústria aponta que dos 24 setores industriais brasileiros, mais da metade (14, incluindo vestuário e têxtil) está bastante atrasado em relação à adoção de tecnologias digitais e robotização. Devido ao baixo grau de inovação, pouca inserção no comércio exterior e produtividade inferior à média internacional, os níveis de industrialização no Brasil estariam nos níveis da Indústria 2.0. (CNI, 2018).

De acordo com Yin, Steck e Li (2017), na indústria brasileira atual predomina a Indústria 2.0. Esses autores fazem uma comparação entre as principais características da indústria atual e a Indústria 4.0.

No presente trabalho tem-se como objetivo realizar um estudo de caso de como ocorre e como deve ocorrer a implantação da Indústria 4.0 no setor fabril, com destaque para o setor automobilístico. Vale ressaltar que o presente trabalho traz em seu corpo conceitos e práticas que são características da Indústria 4.0

1.1 JUSTIFICATIVA

O uso de sistemas de automação e conceitos de Indústria 4.0, como gestão integrada e análise sistemática de dados para tomada de decisões tem crescido de maneira exponencial dentro das manufaturas. Este conceito vem com o objetivo de garantir a otimização do processo, com redução do tempo de operação e tomada de decisões corretas que irão impactar diretamente no futuro desta organização. Dentro de uma indústria que adota os conceitos

oriundos da Manufatura Enxuta é notório a importância de minimizar a ocorrência de erros em cada estação da produção, sendo esta redução, por meio de processos automatizados.

1.2 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS

1.2.1 GERAIS

No presente trabalho, tem-se como objetivo elucidar como uma indústria deve inserir em seu cotidiano práticas e conceitos oriundos da Indústria 4.0, salientando a importância do mesmo, pois influenciam diretamente no resultado final de uma empresa, bem como no seu sucesso.

1.2.2 ESPECÍFICOS

Tem-se como objetivo específicos:

- Elucidar a evolução da indústria, por meio da caracterização das revoluções industriais;
- Contextualização de conceitos da Indústria 4.0 e sua importância;
- Descrição de práticas de automação dentro de uma indústria automobilística de veículos médios e pesados.

1.3 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

Para o presente trabalho foi realizado um levantamento de diversas revisões bibliográficas acerca das Revoluções Industriais, conceitos e práticas de Indústria 4.0, conjuntura e organização de grandes empresas, com enfoque em empresas do setor automobilístico.

Como o enfoque deste trabalho é o tema Indústria 4.0, os demais temas citados servem de base e como ancoragem para sustentar as definições citadas, demonstrando que as mesmas possuem embasamento e podem ser aplicadas de maneira prática. Por isso, para contextualizar

um tema tão abrangente como indústria 4.0, foi realizada uma pesquisa por meio de artigos, teses e monografias, dentre outros, sobre assuntos específicos, são eles: Internet das Coisas, fábricas inteligentes, gestão integrada dentre outros.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

No primeiro capítulo deste trabalho tem-se uma contextualização a cerca do tema proposto, trazendo em seu escopo o objetivo (geral e específico), a justificativa bem como a metodologia utilizada.

No segundo capítulo fez-se uma Revisão da literatura. Nele é apresentada a definição de conceitos sobre Revolução Industrial e Indústria 4.0, e como a evolução das Revoluções, impactou e criou-se o que seria a Indústria 4.0.

No terceiro capítulo, mostre-se a importância da automação e do uso de tecnologias na manufatura, com destaque para o setor automobilístico. Além disso, tem-se a descrição de exemplos práticos de soluções de automação dentro desse setor, bem como a justificativa para o uso de cada uma.

Para concluir, têm-se as considerações finais e as referências bibliográficas usadas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo tem-se como obtivo apresentar levantamento de diversas revisões bibliográficas acerca das Revoluções Industriais, conceitos e práticas de Indústria 4.0, conjuntura e organização de grandes empresas com enfoque em empresas do setor automobilístico.

2.1 *PRIMEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL*

O advento das Revoluções Industriais foi um marco para setor fabril mundial e por isso impactou diretamente a vida da população mundial, já que a mesma depende do trabalho fornecido pelas indústrias. Tais revoluções foram um marco e ditaram um norte de como as indústrias iriam organizar suas cadeias produtivas, relacionamentos de trabalho, tomada de decisões, ou seja, impactou diretamente o produto final ofertado por estas empresas.

É sabido que a Primeira Revolução Industrial iniciou-se por volta de 1760 na Inglaterra, e durou até meados de 1850. Sendo um marco precursor do capitalismo, ou seja, propiciou a passagem do sistema feudal para o sistema capitalista. Tal revolução transformou a vida das pessoas inseridas naquele momento histórico.

O início da industrialização teve como consequência a mecanização das linhas de produção em série e a utilização de energia a vapor. Logo, a produção caseira, aquela feita por artesãos em um ambiente familiar, foi sendo substituída gradativamente pelo ambiente fabril centralizando e elevando a capacidade produtiva (SCHUH et al, 2015).

Neste período, a invenção da máquina a vapor foi um marco. O uso da energia proveniente do calor do carvão mineral e sua transformação em energia mecânica para realizar os funcionamentos das máquinas representou um grande avanço no modo como se trabalhava até então, ocasionando um aumento enorme de produtividade por consequência do aumento da velocidade na realização de processos.

Logo, a Inglaterra por ter sido pioneira neste processo da transformação da manufatura em uma maquinofatura passou a vender em grande escala e em todo o mundo seus produtos, tornando-se o país mais capitalizado e Londres a capital financeira internacional.

2.2 *SEGUNDA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL*

A Segunda Revolução Industrial iniciou-se na segunda metade do século XIX, tendo duração entre 1850 e 1870. Esta baseou-se em conhecimentos científicos para proporcionar impactos dentro da indústria, enquanto na Primeira Revolução o ferro, o carvão e a energia a vapor eram amplamente usados, na Segunda Revolução Industrial o aço, a eletricidade e o petróleo ganham espaço. (COSTA, 2002).

Segundo Almeida (2005), durante a Segunda Revolução Industrial, o principal campo de estudo e, conseqüentemente, o foco das transformações que ocorreram na economia mundial foram inovações no campo da eletricidade e da química. Para ele, este interesse e foco nesta áreas proporcionaram o surgimento de novos tipos de motores (elétricos e à explosão), de novos materiais e processos de fabricação, de grandes empresas, do telégrafo sem fio e rádio, responsáveis por difundir instantaneamente a informação, ou seja, descobertas que mudaram novamente, assim como na primeira revolução industrial, o sistema fabril e a vida das pessoas.

A partir de 1870, a adoção da eletricidade e a divisão do trabalho deram início a segunda fase de industrialização, com a substituição do vapor por motores elétricos, sendo a indústria automobilística uma das pioneiras na utilização de linhas de produção em série, idealizada por Henry Ford, para a produção do Ford Modelo T, nos Estados Unidos. (ALIZON et al, 2009).

2.3 TERCEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

A Terceira Revolução Industrial iniciou-se em meados do século XX e possui alguns pontos que a tornam diferente das demais, pois a mesma proporcionou o acelerado aumento da produtividade do trabalho no que tange à indústria e serviços, principalmente àqueles que recolhem, processam, transmitem e arquivam informações, ou seja, de maneira resumida, surge o conceito de prestação de serviço por terceiros. Neste período, houve a substituição do trabalho humano pelo computador e a difusão do autosserviço, compreendido pela crescente transferência de uma série de operações das mãos de colaboradores que atendem ao público para o próprio usuário (SINGER, 1996).

Do ponto de vista de Almeida (2005), a Terceira Revolução Industrial teve como fato importante o desenvolvimento de circuitos eletrônicos e, em seguida, os circuitos integrados, também conhecidos como microchips. Tais elementos impactaram e transformaram os meios de informação, não somente dentro das industriais como para a população em geral e fez com que a comunicação atingisse altos níveis, com a explosão da internet.

Para Silva, Silva e Gomes (2002), a Terceira Revolução Industrial veio com o objetivo de incorporar os avanços referentes à microeletrônica e o uso cada vez maior dos computadores, trazendo estes como aliados aos processos produtivos, proporcionando a confecção de produtos que atingem cada vez mais altos níveis de qualidade aliados com produção em grande escala, o que torna tais empresas competitivas perante ao mercado.

2.4 QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

A Quarta Revolução Industrial surge no século XXI, sendo esta marcada pelo desenvolvimento da internet, sensores cada vez menores e com mais tecnologia embarcada, *software* e *hardware* cada vez mais robustos, além de uma evolução enorme dentro da manufatura, com a introdução do aprendizado de máquina, inteligência artificial, internet das coisas dentre outros. Tal fato, desencadeou uma transformação na indústria como um todo. Tais mudanças impactaram a forma como se enxerga e calcula a produtividade industrial e

impactou diretamente a sociedade, no que tange as relações de trabalho e criação, extinção de profissões, além, é claro, de mudar drasticamente a economia.

Atualmente, falando-se de uma maneira global, entrou-se na era da Quarta Revolução Industrial, cujo termo principal que a define é a tecnologia, mais especificamente com a utilização *Big Data*, Manufatura aditiva (Impressão 3D), Inteligência Artificial, Internet das Coisas, Sistemas Ciber-físicos dentro do setor fabril. É notório o crescente uso de impressões 3D para a produção de peças que possuem *designer* muito específico, uso de sistemas Ciber-físicos como robôs colaborativos e ambientes de simulação dentro da indústria, para auxílio ao operador, utilização de inteligência artificial e *Big Data* para tratar dados e embasar decisões mais precisas dentro da indústria.



Figura 1 - Revoluções Industriais

Fonte: Ministério da Indústria, Comércio e Serviços – Governo Federal

Na figura 1 demonstra-se, por meio de um gráfico bem didático, o tempo histórico no qual ocorreu cada uma das Revoluções Indústrias, bem como a caracterização do que foi cada uma delas.

Segundo Conferência Nacional de Indústria, o uso da internet como plataforma de intercâmbio de informações permite a comunicação de uma infinidade de dispositivos,

integrando os mundos da produção e da conectividade, o que deu origem ao que se convencionou chamar “Internet das Coisas”. (CNI, 2016).

Esta nova era industrial, máquinas, sistemas e redes baseadas em Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) são capazes de trocar e responder a informações de forma independente e em tempo real, para gerenciar processos de produção industrial. (MARTIN, 2017).

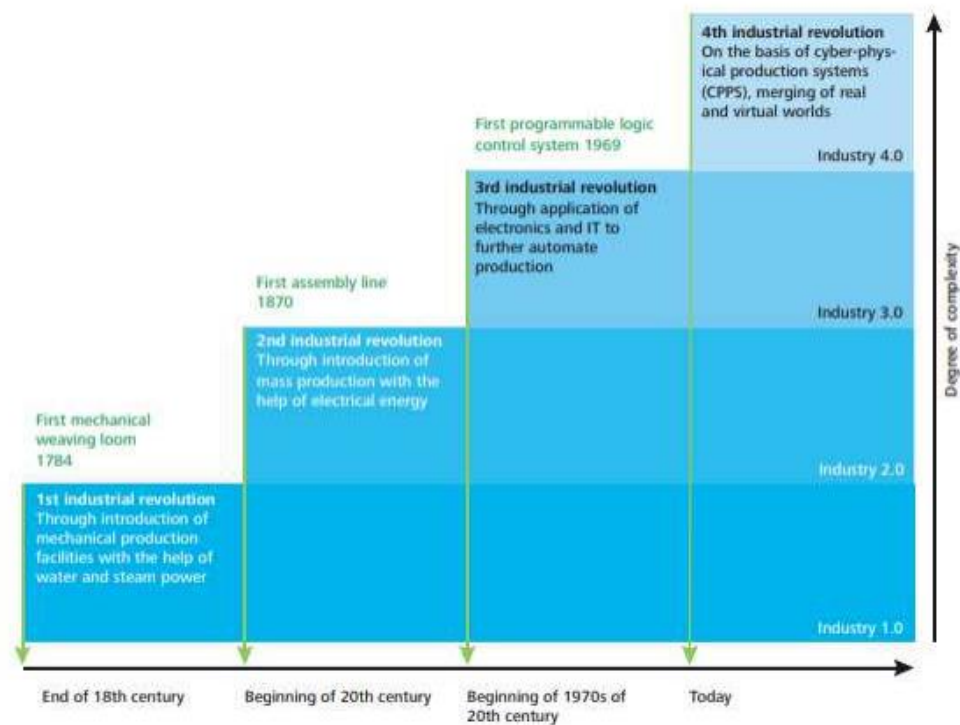


Figura 2: Evolução da manufatura.

Fonte: DELOITTE (2015)

A Figura 2 elucida a evolução da manufatura em decorrência do impacto das grandes revoluções industriais ao longo do tempo.

2.5 INDÚSTRIA 4.0

É notório que o termo Indústria 4.0 ganhou maior popularidade em 2011, quando uma companhia do governo, organizações e academias alemãs conseguiram manter a indústria

alemã como umas das mais competitivas do mundo (KAGERMANN et al, 2013). Neste momento, ficou nítido para o grupo de pesquisa que a Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) era responsável por dar suporte para o processo de modernização das linhas de produção da década de 80 e que era de suma importância financiar esse investimento para acompanhar o futuro (KAGERMANN et al, 2013).

Assim como a Inglaterra foi pioneira na revolução industrial, no que tange o assunto Indústria 4.0, o país que deu o pontapé inicial em busca de aplicar esses conceitos foi a Alemanha. Mas este não foi o único a identificar o grande potencial provenientes dessas novas tecnologias. Os temas “ Produção Inteligente, “Fabricação Inteligente” ou “Fábrica Inteligente” começam a se alastrar na Europa, na China e nos EUA, se referindo, principalmente, à rede digital de fabricação inteligente, enquanto o termo “fabricação Avançada” possuía um caráter mais amplo e abrangia uma maior quantidade de tendências de modernização no ambiente fabril (KAGERMANN et al, 2013).

Dentro da indústria 4.0, além de conceitos importantes para serem aplicados dentro do ambiente fabril, existem alguns princípios que o regem.

Os autores Hermann, Pentek e Otto (2016) definiram estes princípios básicos para que se possa aplicar os conceitos da Indústria 4.0 em um ambiente real. Foi realizado um trabalho de análise de 51 publicações e definiu-se os seguintes conceitos:

Interoperabilidade

A interoperabilidade é considerada o princípio que realmente torna o ambiente fabril dito como inteligente, pelo fato de conectar os objetos, máquinas e pessoas por meio da Internet das Coisas, também conhecida como *IoT* e é entendido como os dos principais princípios da revolução industrial (MARTIN, 2017).

Virtualização

A virtualização pode ser entendida como a capacidade dos sistemas de informação e também de sistemas ciberfísicos de criar simulações que iram criar cópias virtuais de

elementos do mundo físico. De maneira resumida, é criado um ambiente de simulação, sendo que esta versão virtual, normalmente criada por meio de leitura de dados de sensores e monitoramento em ambiente simulado, torna possível a previsão de problemas e fornece uma base de dados para a previsão de problemas, sendo um instrumento para a tomada de decisões (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

Um exemplo prático de virtualização seria o uso deste para o monitoramento de máquinas de grande importância dentro da indústria, que sua “parada” acarretaria grande prejuízo dentro da produção. Neste caso, essa máquina seria replicada em um *software* de simulação e esta seria constantemente monitorada, para isso seria necessário o monitoramento em tempo real dessa máquina por meio de sensores, sendo estes integrados ao *software* para que em caso de qualquer problema com esta máquina e sua virtualização permita resolvê-lo de maneira mais simples.

Descentralização

Tal princípio prega a autonomia e a maior independência possível na realização de tarefas, sendo esta habilidade fornecida pelos sistemas ciber-físicos. Característica de suma importância dentro do novo modelo de ambiente produtivo no qual a produção em tempo real é uma meta e o crescente aumento da produtividade e qualidade deve ocorrer por meio de processos cada vez mais complexos e com maior individualização (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

A descentralização pode ser entendida como máquinas funcionando por meio de ambientes ciber-físicos e com o constante emprego de inteligência artificial, para que a tomada de decisão não esteja sob a tutela de um operador. Sendo que tal prática possui como objetivo evitar falhas humanas nos processos dentro da indústria.

Resposta em tempo real

No contexto das fábricas inteligentes, os dados são coletados e analisados em tempo

real, garantindo capacidades de reação imediata diante de problemas de operação ou mudanças de demandas. Os objetos inteligentes devem poder identificar a falha em uma operação para redirecionar as tarefas a outras máquinas operacionais. Isso também contribui muito para a flexibilidade e a otimização da produção (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

Orientação ao serviço

Tal princípio pode ser entendido como uma arquitetura orientada a serviços no qual as ditas fábricas inteligentes estão inseridas. Sendo assim, fica nítido que as funcionalidades e serviços de uma empresa, os sistemas inteligentes e operadores humanos estão disponibilizados sob a forma de serviços prestados em plataformas da Internet dos Serviços (*IoS*), de acordo com a necessidade e demanda do cliente (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

Modularidade

O conceito da modularidade está intrinsecamente ligado a maior flexibilização dessa nova fase pela qual a indústria está passando, contribuindo para a formação do seu dinamismo, proporcionando uma rápida adaptação a novas demandas de mercado como mudanças sazonais, por exemplo. Tal princípio torna possível que tais fábricas adaptem e reorganizem suas produções rapidamente, conseguindo por meio disto atender as tendências de mercado ou customização de produtos, por meio da implantação de sistemas modulares, no qual o processo é dividido em segmentos, inúmeras módulos, sendo que estes módulos possuem como característica essencial seu poder de adaptabilidade (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

A modularidade pode ser entendida como uma forma de subdividir uma operação maior em várias outras menores e mais simples, sendo que estas atividades menores podem ser feitas de maneira independente e depois reunidas para formar a operação maior. Proporcionando maior flexibilidade e adaptabilidade do processo.

3. AUTOMAÇÃO NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA DE VEÍCULOS MÉDIOS E PESADOS.

Segundo R. Vadher (2011), a automação pode ser entendida como um sistema que não necessita da interferência humana. Está pode ser definida como uma tecnologia que utiliza como sua base comandos programados para operar um determinado processo.

De acordo com P. Abreu (2001/2002) a automação possui um papel de suma importância na economia mundial e contribui na redução de trabalhos ditos pesados, que exigem grande vigor físico, bem como também reduz trabalhos desagradáveis, monótonos e repetitivos e que são ergonomicamente desfavoráveis para o trabalhar. Sendo que sua implementação nas empresas, proporciona: redução de custos, ganhos de produtividade, aumento da competitividade, controle de qualidade mais eficiente. Tudo isso atrelado a um trabalho mais agradável ao operador que possui a seu lado equipamentos automáticos que vêm com o objetivo de facilitar o seu trabalho diário.

Dentro do setor fabril a automação vem com o objetivo de substituir a mão de obra que realiza trabalhos repetitivos, em ambientes de difícil acesso e ergonomicamente desfavoráveis ao ser humano. Exemplos práticos que demonstram está importância é o uso de esteiras e sistemas automáticos para separação de itens, dentro de uma indústria. Bem como utilização de robôs guiados para prospecção de ambientes de difícil acesso e uso de robôs para realizar tarefas no qual o operador teria que ficar muitas horas em uma posição desfavorável para seu corpo.

3.1 VEÍCULOS GUIADOS AUTOMATICAMENTE

No setor automobilístico em geral, é notório que a qualidade alta e os prazos são muitos acirrados. Um das soluções que são usadas para complementar as operações na

montagem e auxiliar nesse problema são automação no que tange o deslocamento de peças e matérias primas em geral. Diante de tal necessidade, criou-se o *Automatic Guided Vehicles* (AGV), que permite a interligação de diferentes lugares dentro da manufatura sem que haja auxílio humano. O veículo guiado automaticamente pode ser visto figura 3.



Figura 3 - AGV.

Fonte: ASSEMBLY (2015)

O AGV pode ser entendido como um robô seguidor de linha. No caso específico de muitas empresas automobilísticas, o AGV segue uma fita magnética que é colocada ao longo no caminho que o mesmo deve percorrer, fazendo o deslocamento de algum material, ou seja realizando o trabalho de locomoção que antes de sua implementação normalmente era feito pelo operador, diminuindo assim o tempo de eficiência do trabalhador, já que o mesmo irá dedicar maior tempo trabalhando efetivamente. Para que isto ocorra de maneira efetiva, tem-se um planejamento de rota e programação da mesma.

Este equipamento possui um alto custo de aquisição devido ao seu alto grau de robustez. Pois este consegue locomover equipamentos bem pesados. Dentro da linha de produção é planejado uma rota no qual este equipamento deve seguir. Sendo esta rota feita por uma fita magnética e acrescenta-se tags em pontos estratégicos, no qual ocorre algumas mudanças na programação. A programação é feita por meio de uma interface em uma IHM, sendo possível regular sua velocidade, seu sensor para evitar choque, sendo que este sensor frontal e/ou lateral, consegue-se programar para que este vire em algumas direções, direita ou

esquerda, ou mesmo pare um determinado tempo e depois siga em frente. Ou seja, sua programação é ampla.

3.2 PONTES ELEVATÓRIAS E TALHAS

Outro equipamento crucial dentro da linha de produção são as pontes elevatórias, pois, por meio destas, é possível fazer a elevação equipamentos e peças de dezenas de toneladas.



Figura 4 - Guindastes móveis.

Fonte: SCHUWAB (2016)

Na figura 4 é possível notar a importância desse tipo de equipamento na linha de montagem. Nesse método de trabalho, os operadores, ficam parados em seu posto de trabalho e é papel do veículo chegar até eles.

Outros equipamentos de suma importância dentro da linha de produção são as talhas e os volteadores, o primeiro é usado para transportar determinados equipamentos de grande peso, como, por exemplo, o chassi no seu carrinho que será acoplado a linha de araste. Já o segundo, é usado para dar um giro de 180° no chassi em um determinado ponto na linha de produção, isso ocorre, pois, no início da montagem dos equipamentos do chassi é feito de cabeça para baixo, logo em seguida o mesmo passa pelo volteador e sofre um giro de 180°. Isto ocorre, pois na construção de caminhões no início da linha de chassi é mais cômodo aos operadores colocarem as peças com este de cabeça para baixo, mas antes deste ser acoplado o motor é necessário que este volte a sua posição original.

A linha de araste dentro da linha de produção cumpre um papel essencial, já que com a ideias da manufatura enxuta, é essencial que o operador tenha um posto de trabalho e fique neste local o máximo de tempo possível, pois somente assim seu trabalho realente será efetivo. Assim, para que isso ocorra, o veículo deve vir até o posto de trabalho do operador. Isso só é possível por meio da linha de arraste, sendo que o veículo – ou a parte do veículo no qual se está trabalhando – é acoplado a um “carrinho”, sendo este pinado na linha de produção e consequentemente puxado até o posto de trabalho seguinte.

3.3 IMPRESSÃO 3D

É sabido que a modelagem tridimensional surgiu entre o final dos anos 80 e início dos anos 90, ganhando grande apreço no mercado, pelo fato de ser uma técnica que possui grande viabilidade e produz retornos rápidos. Tal técnica resumidamente seria a obtenção de formas tridimensionais de qualquer objeto por meio de uma representação matemática e gráfica feitas em *softwares* computacionais (VOLPATO et al., 2007).

Segundo Curtis (2006), a prototipagem rápida utiliza de um conjunto de tecnologias que irão confeccionar objetos físicos tridimensionais, por meio de desenhos previamente projetados em *softwares* de desenho. Logo, uma grande vantagem desta técnica é a possível criação de objetos personalizados, ou seja, objetos estes que cumprem todas as exigências de seus clientes.

A técnica de impressão 3D veio para acrescentar agilidade e a redução de custos dentro da manufatura, sendo estas características pilares dentro da Indústria 4.0. Tal impressão proporciona a criação de peças de elevada complexidade e altamente personalizadas em instantes. Tal fato é de suma importância dentro da “nova” manufatura, pois além de reduzir o tempo da viabilização dentro do processo produtivo, proporcionou a quebra da grande dependência que a indústria tradicional possuía de fornecedores de peças, por exemplo.



Figura 5 - Processos gerais da manufatura aditiva.

Fonte: GIBSON, ROSEN e STUCER (2010)

Por meio da figura 5 é possível observar as etapas que não necessárias para se conceber um objeto tridimensional por meio de uma impressora 3D.

3.4 CÓDIGOS DE BARRAS

De acordo com o Silva & Papani (2010), o código de barra pode ser conceituado como uma representação gráfica dada pela junção entre barras claras e escuras intercaladas entre si. Isto representa as combinações binárias utilizadas pelo computador. Por meio desta simbologia, tem-se um equipamento – *scanner* – que detecta os números binários que estão representados por meio de tais linhas.

Segundo Dias (2009), tais simbologias ocorrem de duas formas: o código bidimensional, que possui informações em duas direções, sendo assim, sua leitura ocorre em dois sentidos e os códigos lineares, que possuem informações em seu em apenas um sentido.



Figura 6: Variedades de códigos de barra.

Fonte: DIAS (2009)

Na Figura 6, tem-se a representação dos dois códigos de barras descritos acima.

De acordo com Pinto, Felcher e Ferreira (2016), um importante tipo de código de barra que foi popularizado dentro do setor fabril, principalmente automobilístico, é o *QR Code*. Este é a abreviação de *Quick Responsive Code*, um código de barra bidimensional, possuindo como grande vantagem competitiva o fato deste poder ser scaneado pela maioria dos celulares que possuem câmera fotográfica e ou algum aplicativo responsável pelo reconhecimento de código.



Figura 7: Exemplo de um QR code.

Fonte: PINTO, FELCHER E FERREIRA (2016)

Na figura 7, tem-se um exemplo de um *QR Code*. Vale destacar que o programa de reconhecimento de imagem tem como finalidade decodificar e compreender as informações ou dados contidos no código, sendo que esse código é convertido em alguns determinados formatos. Pode ser convertido em formato de texto, um *link* de um determinado site por exemplo, ou um número, um arquivo de pdf, um e-mail dentre outros.

Tem-se dentro da indústria automobilística, com foco em produção de veículos médios e pesados, o código de barra como um grande aliado na produção e logística. Por isso, têm-se alguns exemplos de aplicação dos mesmos no que se refere a automação propriamente dito e na parte de “automação” controle de estoque.

Dentro da produção de veículos médios e pesados, o controle e organização das peças é feito por meio de uma identificação por um número, sendo este representado graficamente por um código de barra. Este código de barra carrega inúmeras informações, como: nome da peça, quantidade no armazém, além da sua localização nos “supermercados” dentro da linha de produção.

Cada modelo de veículo e suas inúmeras variações possuem uma numeração específica para sua identificação e, conseqüentemente, sua diferenciação. Sendo que está também possui representação por meio de código de barras. Este código é de extrema importância dentro da linha de produção, pois este carrega inúmeras informações que são de suma importância para a confecção dos veículos.

Esta numeração, especifica algumas características como o modelo do veículo a ser produzido, seu peso, sua classificação quanto a médios, e leves, além de informações como alguns itens adicionais que este veículo possa ter. Por meio de *Software* específico esta numeração pode ser “quebrada” e se desmembrar em várias outras numerações, sendo que estas se referem aos inúmeros conjuntos de montagem que compõem esse veículo.

Vale destacar que esta nova numeração se refere a uma parte do veículo, cabine de um caminhão por exemplo, sendo que estes conjuntos depois de tal desmembramento carregam consigo as numerações de cada peça que está contido em seu grupo. Sendo que cada peça possui uma numeração e uma representação em código de barra.

3.5 *PICK TO LIGHT*

Outra utilização dentro da linha de produção dos códigos de barra são os *Pick to Light*. Estes consistem em projetos de automação que podem ser aplicados tanto na área de logística como na área de produção.

Este projeto consiste na leitura de um número representado por meio de um código de barra, que carrega consigo informações importantes. Por meio dessa leitura, através de um leitor de código de barra é realizado a comunicação deste leitor de barra com um CLP, por meio desta comunicação é possível a transferência destes números para o CLP, para que posteriormente este possa ser tratado em uma lógica de programação.

Estes caracteres coletados pelo leitor de código de barra e transferidos para o CLP são inseridos em uma lógica de programação. A lógica funciona de seguinte maneira: estes caracteres são armazenados em uma variável, sendo que esta variável, por meio de uma função da linguagem *ladder*, é comparada com um banco de dados – previamente criado – contendo todos os números de código de barra.

Quando é lido o código de barra este número é transferido ao CLP, logo em seguida é feita a comparação com o banco de dados, ou seja, é feita uma varredura no banco de dados contendo todos os códigos de barras, sendo estes comparados um a um com o código de barra coletado.

Quando o código de barra coletado coincide com um código de barra do banco de dados, essa função retorna um sinal elétrico. Este sinal alimenta um determinado grupo de *led`s* específicos.

O *led* nesse projeto tem como objetivo sinalizar quais peças serão montadas naquele modelo específico de veículo, sendo que esta informação é fornecida pelo código de barra específico de cada veículo.

Neste projeto também é colocado na estrutura sensores retro reflexivos, esses são colocados na coluna da estrutura, no qual são inseridos as vasquetas. Tais sensores funcionam da seguinte maneira: quando é realizada a leitura do código de barra e realizada a lógica do CLP, tem-se o acionamento de *led`s*. Caso o operador responsável por pegar a peças, as pegue corretamente os *led`s* são apagados, entretanto caso mesmo com a sinalização dos *led`s* o operador pegue as peças erradas, por meio do sinal proveniente do sensor retro reflexivo aciona-se um *buzzer* e um sinaleiro vermelho, com o objetivo de sinalizar ao responsável dos operadores, que a montagem de algumas peças em um veículo está incorreta.

Tal projeto é aplicado em operações de alto risco e que possua um nível de memorização alto, tentando sanar assim a falha humana, pois um conjunto de *led`s* que irá orientar o operador quanto a sua operação, reduzindo os retrabalhos e melhorando seus índices de qualidade.



Figura 8: Pick to Light.

Fonte: TURK (2015).

Na figura 8, tem-se a representação de um *Pick to light* que consiste basicamente em *scanner* leitor de código de barra, que irá fazer a leitura do código de barra e enviará essa informação em ASCII, por meio de um cabo para um CLP. Este receberá esta informação por meio de uma função RX, e dentro do CLP será criada uma lógica de programação para que determinado *led* só seja acionado caso aquele modelo de veículo, identificado pelo código de barra lido anteriormente, necessite daquele determinado objeto ou peça na sua montagem. O *led* funcionará como uma instrução automática ao operador de qual peça o mesmo deverá pegar naquela operação para aquele modelo de veículo. Para tentar prevenir a falha humana ao máximo, ao lado de cada vasqueta é colocado um sensor retro flexivo que possui como função principal acionar um sinalizador e uma torre vermelha quando o operador tentar pegar uma peça diferente da que está sendo indicada pela programação, por meio do *led*. Este mesmo projeto pode ser usado de maneira idêntica na montagem de kits de peças que serão levados no início da produção para a linha de montagem.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É notório que o uso de tecnologia dentro da manufatura é de suma importância para a sobrevivência da mesma, pois com o atual cenário de competitividade dentro do setor fabril, mais especificamente no setor de montadoras de veículos, exige que a mesma funcione com a maior produtividade possível, atingindo altos níveis de qualidade na montagem, o que só se torna viável com a implementação cada vez maior de equipamentos e técnicas tecnológicas.

Neste trabalho teve-se como objetivo trazer de forma generalizada a evolução da tecnologia dentro do setor da manufatura e mostrar exemplos de aplicação de tecnologia dentro de uma empresa, do setor de montagem de caminhões e vans e, com isso, definir a importância da tecnologia dentro desse cenário.

Conclui-se, por meio deste trabalho, que o uso de tecnologia cada vez mais inovadoras e disruptivas é essencial para a sobrevivência da manufatura. Sendo que tal tecnologia foi sendo desenvolvida ao longo do tempo através da evolução gradativa da indústria por meio das revoluções industriais.

Sendo que com advento da Indústria 4.0 constatou-se a importância da mesma dentro do setor fabril.

Por fim, mostrou-se por meio de exemplos práticos a importância da automação dentro de uma indústria automobilística de veículos médios e pesados, pois neste setor a produtividade deve ser máxima e os veículos devem ser montados com a maior qualidade possível, pois pequenos erros podem ocasionar grandes consequências para o cliente final.

Por isto, a implementação de tecnologia dentro desse setor fomenta a competitividade e torna este ambiente cada vez mais produtivo, eficaz e mais seguro.

5 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. R. **O Brasil e a nanotecnologia: rumo à quarta revolução industrial.** 2005. Espaço Acadêmico, Maringá, a. VI, n. 52, set. 2005.

ASSEMBLY. **AGVs Deliver Parts to Mercedes Assembly Line.** 2015. Disponível em; <<http://www.assemblymag.com/articles/92915-agvs-deliver-parts-to-mercedes-assembly-line>>. Acesso em: 20 out. 2019.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio e Serviços. **Agenda brasileira para a Indústria 4.0. O Brasil preparado para os desafios do futuro.** 2019. Disponível em: <<http://www.industria40.gov.br/>>. Acesso em: 18 set. 2019.

CNI – **Confederação Nacional da Indústria. Oportunidades para a Indústria 4.0: Aspectos da Demanda e Oferta no Brasil,** 2018. Disponível em: www.portaldaindustria.com.br. Acesso em: 19 out. 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. **Desafios para a indústria 4.0 no Brasil.** Brasília: CNI, 2016.

COSTA, A. M. N. **Revoluções tecnológicas e transformações subjetivas. Psicologia: teoria e pesquisa,** v. 18, n. 2, p. 193-202, 2002.

COUTTO, Celso Afonso de. **Integração entre os Sistemas Balanced Scorecard e Enterprise Resource Planning na Indústria 4.0.** 2018. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Engenharia de Produção, Universidade Paulista, São Paulo, 2018.

CURTIS, W. **Rapid prototyping: trully functional prototype – time-compression technologies. Moldes de Prototipado,** Astúrias, v. 03, n. 04, p. 12, Mar./Apr. 2006. Disponível em:<<http://www.timecompress.com>>. Acesso em: 20 set. 2019.

DELOITTE. **Industry 4.0: Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies.** Zurich: Deloitte AG, 2015. Disponível em: Acesso em: abr. 2018

DIAS, E. M. **Código de barras.** Universidade Católica de Brasília. Departamento de Matemática. Brasília, 2009.

F. ALIZON, S. B. SHOOTER, T.W. SIMPSON, **Henry Ford and the Model T: lessons for product platforming and mass customization,** Design Studies, Volume 30, capítulo 5, setembro 2009.

GIBSON, I.; ROSEN, D. W.; STUCKER, B. **Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing.** New York: Springer Heidelberg Dordrecht London, 2010.

G. Schuh, C. Reuter, A. Hauptvogel, C. Dölle, “Hypotheses for a Theory of Production in the Context of Industrie 4.0”, Springer, 2015.

JUNIOR, L. C. A.; FILHO, P. de S.; CUSTÓDIO, L. R.; SILVA, G. P. **Virtualização, Otimização e Flexibilização de Processos e da gestão: Potencialidades da Indústria 4.0.** Revista de Tecnologia da Informação Aplicada. Jul./Dez., p. 11-17, 2018.

KAGERMANN, H., W. WAHLSTER; J. HELBIG. **Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0:** Final report of the Industrie 4.0 Working Group. Frankfurt, 2013.

K. SCHWAB. Historical context, em The Fourth Industrial Revolution, WEF, 2016, p. 7.

MARTIN. **Industry 4.0: Definition, Design Principles, Challenges, and the Future of Employment.** 2017. Disponível em: <<https://www.cleverism.com/industry-4-0/>>Acesso em: 02 out. 2019.

M. HERMANN, T. PENTEK, B. OTTO, **Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios**, Hawaii, 2016.

P. ABREU, Robótica Industrial, 2001/2002. Disponível em: <https://paginas.fe.up.pt/~aml/maic_files/introd.pdf>. Acesso em: 29 out. 2019.

PINTO, A. C; FELCHER, C.D.O; FERREIRA, A.L. **A Considerações sobre o uso do aplicativo QR Code no ensino de Matemática: Reflexões sobre o papel do professor.** Disponível em: < http://www.sbem.com.br/enem2016/anais/pdf/8323_4386_ID.pdf >. Acesso em: 20 out. 2019

REVOLUÇÃO INDUSTRIAL. Brasil Escola. 2018. Disponível em: < <https://brasilecola.uol.com.br/historiag/revolucao-industrial.htm>>. Acesso em: 29 out. 2019.

R. VADHER, A importância da automação das coisas., 2011. Disponível em:<<http://rishivadher.blogspot.pt/2011/03/importancia-das-automacao-das-coisas.html>>. Acesso em: 29 out. 2019.

SCHUH, G.; POTENTE, T.; THOMAS, C.; HEMPEL, T. Short-term cyber-physical Production Management. Procedia CIRP, v. 25, p. 154-160, 2014.

SILVA, D. B.; SILVA, R. M.; GOMES, M. L. B. O reflexo da terceira revolução industrial da sociedade. Ln: ECONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22., 2002, Curitiba, 2002.

SILVA, F. T.; PAPANI, F. G. **Código de barras.** XXII Semana Acadêmica da Matemática da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, 2010.

SINGER, P. Desemprego e exclusão social. São Paulo em perspectiva, São Paulo, v. 10, p. 1, 1996.

SINGER, P. Desenvolvimento capitalista e desenvolvimento solidário. Estudos avançados, v. 18, n. 51, p. 7-22, 2004.

TURK. Pick to Light. 2015. Disponível em; <<https://www.turck.com.br/pt/picktolight-2644.php> >. Acesso em: 01 out. 2019.

VOLPATO, N. **Prototipagem Rápida: Tecnologias e Aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

YIN, Y.; STECK, K. E.; LI, D. **The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0**. *International Journal of Production Research*, p. 848-861, 2017.

YIN R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos; tradução Ana Thorell**, 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.