

CEZAR DE FARIA SOUZA

**A ENGENHARIA CIVIL NO PLANEJAMENTO E
DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA 4.0**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADOR: AGNALDO ANTÔNIO MOREIRA TEODORO
DA SILVA**

ANÁPOLIS / GO: 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

SOUZA, CEZAR DE FARIA

A Engenharia Civil no Planejamento e Desenvolvimento da Indústria 4.0

45P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Indústria 4.0

2. Sistema de Manufatura

3. Planejamento Industrial

4. Engenharia Civil

I. ENC/UNI

II. Bacharel (10^o)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SOUZA, C. de F. *A Engenharia Civil no Planejamento e Desenvolvimento da Indústria 4.0*. 2019. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação - Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, 2019.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Cezar de Faria Souza

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

A Engenharia Civil no Planejamento e Desenvolvimento da Indústria 4.0

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2019

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

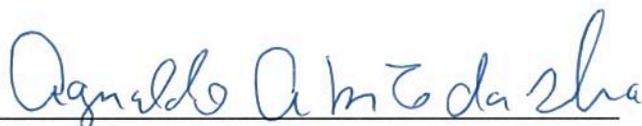

Cezar de Faria Souza
cezarfaria@hotmail.com

CEZAR DE FARIA SOUZA

**A ENGENHARIA CIVIL NO PLANEJAMENTO E
DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA 4.0**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:



**AGNALDO A. M. TEODORO DA SILVA, Mestre (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)**



**AURELIO CAETANO FELICIANO, Especialista (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**



**CLÁUDIA G. DE OLIVEIRA SANTOS, Mestra (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 28 de Maio de 2019.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por me conceder a vida e por possibilitar que eu alcance meus objetivos. A minha família por estar sempre me apoiando em meus estudos, em especial a minha mãe Ana Elizabeth de Faria por ter sempre se esforçado trabalhando de domingo a domingo para que eu pudesse estudar e estar hoje estudando e trabalhando no setor da engenharia civil.

Quero agradecer também a minha esposa Mayara dos Anjos Fernandes de Faria por estar sempre me apoiando e ajudando a alcançar os meus objetivos.

Agradeço aos meus amigos e futuros colegas de profissão que estiveram comigo ao longo do curso de engenharia civil e também aos meus colegas do setor de engenharia civil da CAO A Montadora de Veículos de Anápolis pelos ensinamentos e carinhos que me foram passados.

Um agradecimento também ao Gerente Executivo da Manufatura Durval Pinheiro Junior da CAO A Montadora de Veículos pela atenção e orientação para o desenvolvimento deste trabalho.

Por último, a todos os professores que colaboraram para meu ensino ao longo da minha vida, especialmente aos professores de graduação em engenharia civil que me transmitiram um conhecimento de excelência para que fosse possível o desenvolvimento dos estudos do presente trabalho.

RESUMO

O mundo da indústria anda passando por mais uma mudança no modo de produção, a quarta revolução industrial também chamada de Indústria 4.0 traz a tecnologia cibernética para o mundo industrial, com o objetivo de reduzir o custo na manufatura, entregar um produto com mais qualidade ao cliente e aumentar o ritmo de produção. Para a adequação da Indústria 4.0 é preciso estudos de engenharia civil para que possa fazer a estrutura física que irá comportar os equipamentos necessários para esse novo modelo de produção, sendo assim, os profissionais da área de engenharia civil devem entender os princípios fundamentais da Indústria 4.0 para que possa ajudar no planejamento e desenvolvimento da mesma. Baseado em informações colhidas em artigos científicos, teses, revistas e monografias, foi feito um estudo para saber como a engenharia civil pode colaborar e qual a importância para o desenvolvimento da quarta revolução industrial. Com o intuito de colaborar com a adequação da Indústria 4.0 na CAO Montadora de Veículos em Anápolis-GO, foram desenvolvidos projetos em programas de desenho técnico em 2D e 3D, prevendo obras e alterações necessárias no local de maior intensidade logística da empresa. Por fim, haja visto que o profissional de engenharia civil tem que estudar cada vez mais sobre a quarta revolução industrial para que possa desenvolver projetos que venha a ajudar a estruturar, planejar e desenvolver essa nova indústria.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Engenharia Civil. Automação. AGV. Manufatura. Tecnologia.

ABSTRACT

The world of industry has been undergoing another change in production mode, the fourth industry revolution also called 4.0 Industry brings cybernetic technology to the industrial world, with the aim of reducing the cost in manufacturing, delivering product with more quality to the client and increase the pace of production. For the adequacy of the 4.0 Industry, it is necessary civil engineering studies so that you can make the physical structure that will behave the necessary equipment for this new production model, consequently, professionals in the field of civil engineering should understand the fundamental principles of 4.0 Industry so that it can help in planning and developing this. Based on information collected in scientific articles, thesis, magazines and monographs, a study was conducted to learn how civil engineering can collaborate and what is the importance for the development of the Fourth Industrial Revolution. In order to collaborate with the adequacy of 4.0 Industry in CAO Montadora de Veículos in Anápolis – GO, projects were developed in technical design softwares in 2D and 3D, predicting works and necessary changes in the place of higher logistic intensity of company. Finally, since the civil engineering professional has to study more and more about the Fourth Industry Revolution so that you can develop projects that will help structure, plan and develop this new industry.

KEY WORDS: 4.0 Industry. Civil Engineering. Automation. AGV. Manufacture. Technology

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução industrial do ponto de vista temporal.....	13
Figura 2 - Tecnologias fundamentais da indústria 4.0.....	16
Figura 3 - Internet das coisas.....	17
Figura 4 - Indústria atual vs impressão 3D.....	19
Figura 5 - Principais componentes do sistema construtivo de pisos industriais.....	24
Figura 6 - Sistema de detecção de incêndio	25
Figura 7 - Croqui do Shed	26
Figura 8 - Localização dos pilares do Shed.....	27
Figura 9 - Localização dos pilares do Shed parte I	28
Figura 10 - Localização dos pilares do Shed parte II.....	28
Figura 11 - As Built em 3D	29
Figura 12 - As Built em 3D parte I.....	30
Figura 13 - As Built em 3D parte II	30
Figura 14 - Fachada norte existente do bloco 10.....	31
Figura 15 - Fachada sul existente do bloco 11	31
Figura 16 - Fachada leste existente do bloco 11.....	31
Figura 17 - Fachada oeste existente do bloco 180.....	32
Figura 18 - Piso industrial do Shed	33
Figura 19 - Piso industrial do Shed parte I.....	34
Figura 20 - Piso industrial do Shed parte II.....	35
Figura 21 - Projeto em 3D	36
Figura 22 - Projeto em 3D parte I.....	36
Figura 23 - Projeto em 3D parte II	37
Figura 24 - Alteração no portão da Fachada norte do bloco 10	37
Figura 25 - Alteração no portão da fachada sul do bloco 11	37
Figura 26 - Rota para AGVs.....	38
Figura 27 - Rota para AGVs Parte I	39
Figura 28 - Rota para AGVs Parte II.....	39

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AGV	Automated Guided Vehicles
BIM	Building Information Model
CPS	Cyber-Physical Systems
EIC	Escritório de Intérpretes e Conferência
GPS	Global Positioning System
IoT	Internet of Things
NBR	Norma Brasileira
QR	Quick Response
RFID	Radio Frequency Identification
TI	Tecnologia da Informação
TIA	Telecommunications Industry Association

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	JUSTIFICATIVA	9
1.2	OBJETIVOS	10
1.2.1	Objetivo Geral	10
1.2.2	Objetivo Específico	10
1.3	METODOLOGIA.....	11
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1	INDÚSTRIA 4.0.....	12
2.1.1	Revolução Industrial	12
2.1.2	Quarta Revolução Industrial	15
2.1.3	Aplicação na Engenharia Civil	21
3	ESTUDO DE CASO	26
3.1	AS BUILT	26
3.2	AS BUILT EM 3D.....	29
4	ANÁLISE	33
4.1	PISO INDUSTRIAL E PORTÕES	33
4.2	PROJETO DE ADEQUAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 EM 3D	35
4.3	ROTA PARA AVGS	38
4.4	BENEFÍCIOS	40
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
	REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

A engenharia civil surgiu através das técnicas construtivas criadas a partir da união dos estudos de ciências. No qual, vários cientistas colaboraram para tal “arte”, como: Euclides (Geometria), Arquimedes (Alavanca), Pitágoras (Trigonometria), Isaac Newton (As Três Leis de Newton) e etc... Desde a origem aconteceram várias obras que impressionaram a humanidade até a atualidade, começando com as antigas pirâmides do Egito, passando pelos belos aquedutos romanos, que próximo também tem o Coliseu, que chama tanta atenção quanto a muralha da China, que pode ser vista da estação espacial internacional, até chegar as ilhas artificiais e ao maior arranha céu do mundo nos Emirados Árabes (PORTO, 2018).

A participação nas três gerações da revolução industrial foi fundamental para o desenvolvimento e progresso da indústria. Na primeira revolução industrial, foi fundamental a construção de galpões e estradas ferro para atender a logística e manufatura, não muito distante, teve a segunda revolução com a produção em massa de energia elétrica, surgindo inúmeras hidro e termelétricas, no qual foi o pontapé para o início da terceira revolução, alavancando a construção de estradas, ferrovias, portos, aeroportos, galpões industriais e todos os tipos de plataforma logística, devido à elevada digitalização (BORLIDO, 2017).

Na quarta revolução industrial (Indústria 4.0), a flexibilidade é um dos principais fatores, fazendo o uso da conectividade. Através de interfaces humanas os dispositivos se conectam entre si, fornecendo dados de todos os sensores conectados, podendo fazer uso desses dados posteriormente. Formada de aparelhamento com análises avançadas e o aprendizado de máquinas, humanos e dispositivos são incrivelmente capazes de suprir as necessidades do setor (SOUZA, 2018).

É preciso estudos de engenharia civil para a construção dos locais adequados para o funcionamento do sistema. Os galpões devem ser flexíveis quanto as mudanças, fornecendo agilidade para adaptar rapidamente as especificações de fabricação, de forma que os robôs tenham máxima eficiência. O *layout* da fábrica deve ser estudado para que tenha o melhor modelo de adequação, para que se otimize o sistema de manufatura.

1.1 JUSTIFICATIVA

Expor o quanto olhar para o futuro é fundamental no mundo industrial, buscando novos métodos de logística e produção. Apresentar uma nova indústria, a cibernética, capaz

de diminuir os custos da manufatura através de um sistema inteligente, interligado e robotizado, no qual irá revolucionar o setor industrial.

A falta de conhecimento do profissional de engenharia civil sobre o sistema de manufatura causa grandes problemas em obras nas indústrias.

Levando em conta que esse trabalho se propõe a gerar um referencial de inovações sendo desenvolvidas na indústria, o profissional de engenharia civil deve se capacitar, acompanhando a evolução da indústria, para que possa planejar e desenvolver métodos construtivos para que os sistemas mecânicos e cibernéticos da indústria 4.0 possam funcionar com o máximo de eficiência.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é apresentar métodos de engenharia civil para o planejamento e desenvolvimento da indústria 4.0, procurando o modelo ideal para adequação na CAO Montadora de Veículos.

1.2.2 Objetivo Específico

Seguindo o objetivo principal desse trabalho, os objetivos definem-se por:

- a) Desenvolver uma revisão bibliográfica de conceitos, termos e contextos essenciais para a melhor elaboração do trabalho.
- b) Elaborar a metodologia a ser aplicada para atingir o resultado através da indústria 4.0.
- c) Fazer aplicação da metodologia para a área da engenharia civil.
- d) Expor e discutir as maneiras construtivas para a indústria 4.0, apresentando a importância do planejamento para evitar problemas futuros.
- e) Apresentar a importância da evolução tecnológica para a indústria e o quanto a engenharia civil pode contribuir para essa evolução, mostrando o quanto os profissionais da área devem estar atualizados e dispostos a desenvolver novas maneiras de construção.

1.3 METODOLOGIA

O trabalho é dividido em pesquisa exploratória e em um estudo de caso. A pesquisa exploratória consiste em colher informações sobre o tema em livros, teses, dissertações e trabalhos de conclusão de curso. Começando com o aprendizado de sistema de manufatura atual, posteriormente, estudos sobre a Indústria 4.0 e em seguida métodos construtivos e de projetos para a adequação da quarta revolução industrial na CAO A Montadora de Veículos.

O estudo de caso será feito baseado em pesquisa de funcionamento do sistema de manufatura atual de uma empresa existente, para que possa usar conhecimentos de engenharia civil para o planejamento e desenvolvimento da Indústria 4.0 no local, buscando o método mais eficiente para o layout específico.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em quatro capítulos, sendo este o primeiro deles, onde apresenta a introdução sobre o assunto, expondo a motivação pela qual buscou trabalhar com este tema, bem como a indicação dos objetivos geral e específicos e a metodologia.

No segundo capítulo refere-se à revisão bibliográfica, mostrando a evolução tecnológica da engenharia civil desde a sua origem até a atualidade, juntamente com o estado da arte da construção civil na primeira, segunda e terceira revolução industrial. Expondo a importância da engenharia civil nas revoluções industriais e como funciona a indústria 4.0, utilizando a robótica e automação para a sua eficiência. Em seguida, mostra a aplicação dessa profissão nessa nova revolução industrial.

No terceiro capítulo, por sua vez, será apresentado o projeto de *AS Built* em 2 e 3D na área de logística da empresa CAO A Montadora de Veículos Ltda de Anápolis-GO.

O quarto capítulo apresenta quais são os benefícios que esse novo sistema pode trazer para empresa. Apresentando também os projetos que são precisos para a implantação da Indústria 4.0, expondo detalhadamente o motivo de cada projeto a ser desenvolvido.

Por fim, no quinto e último capítulo são apresentadas as considerações finais após a realização deste trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com o início da revolução industrial foi possível produzir diversos tipos de produtos em grande escala, com o sistema sendo alavancado devido à criação da máquina a vapor. Desde então, foram surgindo novas revoluções industriais devido a novas descobertas, sendo a segunda revolução industrial formada pela eletricidade, mudando novamente o método de produzir com o uso do motor elétrico. A terceira e atual revolução industrial que ainda é adequada na maioria das empresas do mundo, surgiu devido à informação da computação, com o uso de computadores e sistemas de produção programáveis (AIRES, 2017).

A quarta revolução industrial está surgindo não apenas com um método de produção mais rápido e barato. Apresenta também um método mais flexível de produzir, fazendo uma variedade de produtos sem precisar mudar a planta de produção ou perder tempo. Para isso, a nova revolução industrial conta com a inteligência das máquinas, sistemas inteligentes de internet, robôs autoguiados, banco de dados, realidade aumentada, impressão 3D e várias outras tecnologias que podem contribuir no processo (CLAUDIA, 2017).

2.1 INDÚSTRIA 4.0

A quarta revolução industrial é conhecida como a Indústria 4.0, inicialmente denominada *Industrie 4.0*, pelo fato de o termo ter sido apresentado pela primeira vez na Alemanha, em 2011 na feira de *Hannover* e lançado oficialmente em abril de 2013 (CLAUDIA, 2017).

Nas últimas décadas o mercado global sofreu inúmeras mudanças, avançando da produção em massa, definida por Henry Ford como produção de produtos diversificados em larga escala e a preços relativamente baixos em linhas de montagem, para uma produção de alta qualidade, de grande customização e com ciclos de vida mais curtos. Estas novas exigências por parte dos consumidores levaram as indústrias a mudanças, principalmente em termos de qualidade, agilidade e flexibilidade, para se manterem no mercado (MATOS, 2017).

2.1.1 Revolução Industrial

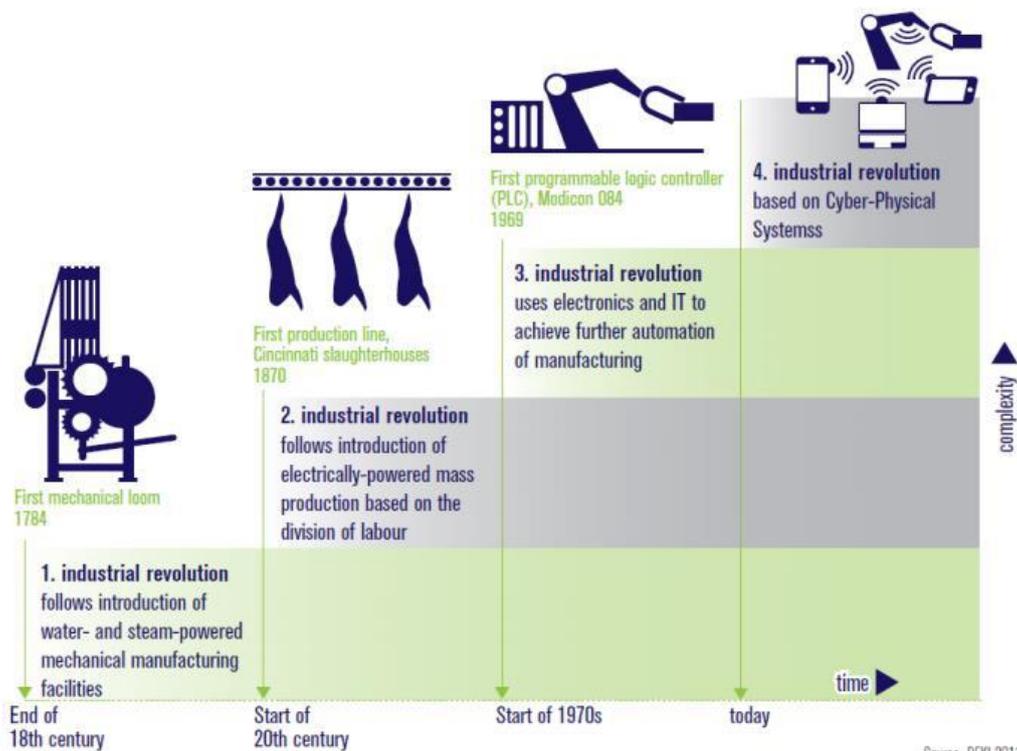
É difícil imaginar como a vida seria nos dias de hoje sem automóveis, eletrodomésticos, telefones, computadores, máquinas etc. Entretanto, em meio ao mundo de

máquinas e tecnologia, tal como conhecemos, começou a tomar forma com a Revolução Industrial, que teve início na Inglaterra em meados do século XVIII e se expandiu para outros países a partir do século XIX. Anteriormente a esse período, existiam grandes cidades, porém eram comerciais, principalmente as capitais, no qual eram alimentadas por pessoas que trabalhavam em pequenos grupos, que produziam em pequena escala produtos como alimentos, roupas e objetos (CAMPOS & MIRANDA, 2005).

Posteriormente, na segunda metade do século XIX surgiu a Segunda Revolução Industrial, com a introdução do petróleo e da eletricidade, foi possível fazer produção em série, no qual foi muito utilizada pelo inventor do automóvel, Henry Ford produzindo em massa o automóvel Ford-T. Após o período da Segunda Guerra Mundial, encerrada em 1945, surgiu a Terceira Revolução Industrial, substituindo a produção rígida em massa pela produção flexível, iniciada no ano de 1950, na fábrica da Toyota Motors (NETO & TASINAFO, 2006).

É possível ver a evolução da indústria ao longo do tempo na Figura 1.

Figura 1 – Evolução industrial do ponto de vista temporal



Fonte: BORLIDO, 2017.

As três revoluções industriais e suas histórias:

- Primeira Revolução Industrial

A Primeira Revolução Industrial se iniciou na Inglaterra a partir da segunda metade do século XVIII, com a alteração do sistema produtivo devido ao surgimento de máquinas que aceleravam a fabricação dos produtos. A máquina a vapor patentada por James Watt, em 1769, transformou o mundo com o uso do mecanismo para fabricação de produtos. Com os avanços tecnológicos na Inglaterra, houveram mudanças nas relações de produção, sociais e políticas de tal forma que efetivamente revolucionaram a sociedade europeia (CAMPOS & MIRANDA, 2005).

Usando carvão vegetal para mover máquinas a vapor, os altos custos e o processo lento de retirada das madeiras e sua transformação em carvão não atendia as necessidades energéticas das indústrias. Na década de 1780 foi introduzido o uso de carvão mineral e métodos para purificar o ferro, fazendo os novos industriais implantarem as unidades fabris em áreas próximas às minas de carvão (COELHO, 2016).

O uso da tecnologia da máquina a vapor não se limitou na esfera industrial. Foram criados veículos a vapor por volta de 1780 e o navio a vapor criado pelo norte-americano Robert Fulton em 1805. Assim, as viagens marítimas duravam menos tempo sendo impulsionadas por motores, não dependendo exclusivamente de remos ou ventos. Com o uso das linhas férreas, teve-se um enorme impacto na economia industrial em expansão, pois os transportes eram realizados em maiores volumes e de forma mais rápida (NETO & TASINAFO, 2006).

A partir da década de 1760, com as invenções e uso de máquina a vapor, as alterações da indústria têxtil, os usos do carvão e do ferro ficaram posteriormente conhecidos como a Primeira Revolução industrial (BORLIDO, 2017).

- Segunda Revolução Industrial

Com a introdução da eletricidade e o petróleo como fontes energéticas, na segunda metade do século XIX, trouxeram maior dinamismo à produção. Com a criação de lâmpadas iniciou-se a iluminação das residências e indústrias, possibilitando as pessoas trabalharem a noite. (RAPOSO, 2018).

A Segunda Revolução Industrial foi marcada pela produção em série, usada pelo inventor do automóvel nos Estados Unidos, Henry Ford revolucionou a forma de produção no início do século XX, produzindo em massa o Ford-T. O “fordismo”, conhecido como uma série de normas e métodos de racionalização de produção, visavam maximizar os resultados nas fábricas. Com a mão-de-obra especializada, foi possível manter o controle de todo o processo de produção de bens, da compra da matéria prima até a distribuição ao consumidor, conhecido como verticalização da produção (NETO & TASINAFO, 2006).

- **A Terceira Revolução Industrial**

Encerrada a Segunda Guerra Mundial em 1945, surgiu outra época de expansão industrial. Devido ao crescimento econômico capitalista da América do Norte e o ocidente europeu, no qual estava esgotando o modelo fordista de produção, a terceira revolução industrial começou a surgir. Diferenciada da forma de produção de Henry Ford, em 1950, a fábrica da Toyota Motors no Japão decidiu substituir o modo rígido de produção pelo modo flexível, esgotando de vez o modelo fordista em 1970. Substituindo a especialização por células de trabalho, no qual equipes que formam unidades responsáveis por todo o processo de fabricação, da compra da matéria-prima à entrega do produto acabado aos clientes. Com a produção flexível foi possível adaptar a produção conforme as demandas do mercado, controlando o fluxo de matéria-prima as necessidades reais da produção, sendo requeridos fornecedores somente quando havia demanda real para a produção (NETO & TASINAFO, 2006).

Em 1990, com a automação industrial e produção de alta tecnologia, baseada na mão-de-obra altamente especializada, surgiu um novo tipo de unidade fabril, voltadas para robótica, mecatrônica, informações analisadas e processadas de forma digital e telecomunicações (COSTA, 2017).

2.1.2 Quarta Revolução Industrial

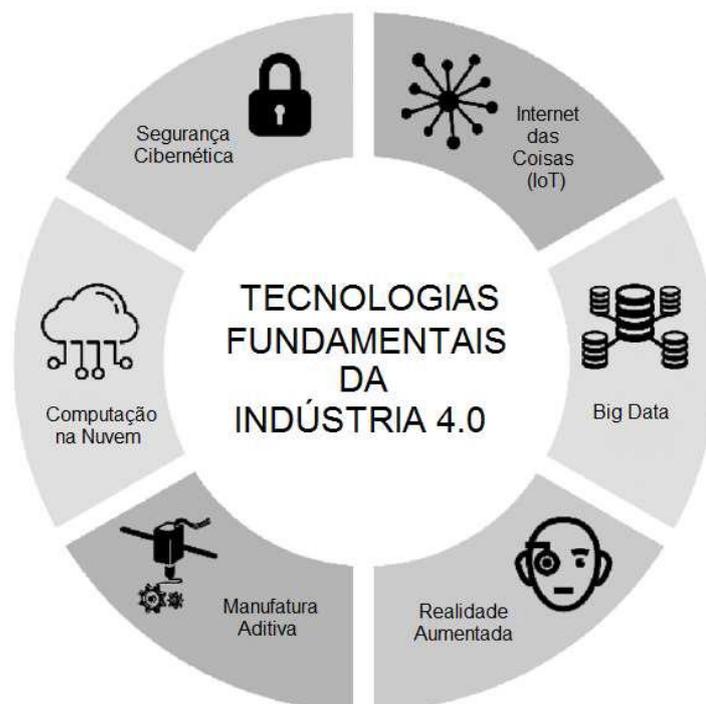
A Quarta Revolução Industrial, ou a Indústria 4.0, surgiu na Alemanha em 2011, no qual fazia parte de um projeto de estratégias do governo alemão voltadas para a tecnologia. Através de fábricas inteligentes, pode-se obter dados da produção quase que instantaneamente, permitindo a rastreabilidade e o monitoramento remoto de todos os processos por meio de inúmeros sensores, no qual a tomada de decisão pode ser feita por um

sistema cyber-físico que também fornece informações sobre seu ciclo de trabalho, com maior flexibilidade e a utilização da arquitetura de *software* orientada a serviço, direcionando cada vez mais para uma produção sob medida (PACHECO, 2017).

Nas “indústrias inteligentes”, máquinas e insumos que “conversam” entre si ao longo das operações industriais com a escala flexível do processo de fabricação ocorrendo de forma autônoma e integrada. Com dispositivos localizados em pontos diferentes de uma empresa, ou até mesmo em várias empresas, podem também trocar informações de forma instantânea sobre compras e estoque, otimizando a logística com maior integração entre os elos de uma cadeia produtiva (BECKER, 2018).

A capacidade da Indústria 4.0 de desenvolver uma manufatura capaz de atender às demandas dos clientes com custos acessíveis é o conjunto de tecnologias utilizado no sistema: internet das coisas (IoT – *Internet of Things*), impressão 3D, dispositivos móveis, computação em nuvem, sistema ciber-físicos (CPS – *Cyber-Physical Systems*), *big data analytics*, robótica, segurança cibernética, entre outras. A intensa comunicação entre os elementos do processo produtivo torna a produção mais flexível, sendo capaz de atender a demandas específicas. Com potencial de aumentar a produtividade industrial, modificar o perfil da força de trabalho e fomentar o crescimento econômico, impactando a competitividade entre as empresas (CLAUDIA, 2017).

Figura 2 - Tecnologias fundamentais da indústria 4.0



Fonte: SOUZA, 2018.

Na quarta revolução industrial, a transformação da indústria se consiste baseada em produção centralizada para a produção descentralizada baseada em sistemas cyber-físicos (SOUZA, 2018).

Os pilares principais para a formação da Indústria 4.0 como ilustrado da figura 2 são:

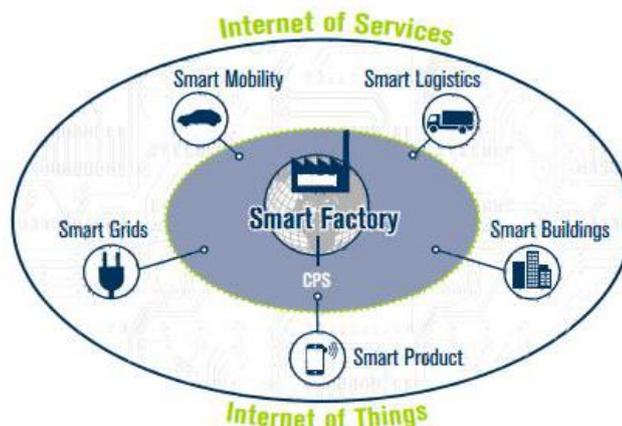
- IoT- *Internet of Things*

Internet das coisas, o termo inglês teve seu primeiro uso quando Kevin Ashton o citou em uma apresentação na Procter & Gamble em 1999, para falar sobre o uso de RFID (*Radio Frequency Identification*) na cadeia de suprimentos. Daí em diante, o termo vem sendo usado para passar a idéia da integração de objetos físicos e virtuais em redes conectadas a Internet, permitindo a troca, coleta e armazenagem de dados, que posteriormente processados e analisados, possam gerar informações para otimizar o relacionamento entre máquinas, objetos e humanos (ALBERTIN, 2017).

Conforme a Figura 3, a IoT é a garantia de uma maior visibilidade/transparência em toda a cadeia produtiva, monitorando em tempo real (cada caixa, palete, contentor, veículo e outros) podendo cada equipamento ser equipado com um GPS para ser controlado constantemente (BORLIDO, 2017).

A IoT pode ser usada em várias aplicações na indústria, com a relação indústria/manufatura, mas também pode usada para o setor de transportes, construção de cidades inteligentes, para o comércio e vários outros setores. A IoT e a *Cloud Computing* caminham juntas para estabelecer um novo cenário de tecnologia, no qual a *Cloud Computing* é um dos principais meios de serviço, infra estrutura, plataforma de *software* e análise de dados da IoT sistema (MATHIOLA, 2017).

Figura 3 - Internet das coisas



Fonte: BORLIDO, 2017.

- Big Data

O grande número de informações e dados relacionados a produção formam enormes quantidades de dados, que são produzidos pelos equipamentos de fabricação inteligente durante o processo de produção. Para obter uma operação de alta qualidade, as informações de dados precisam ser coletadas e deve ser dado um *feedback* a todos os aspectos da produção. É no Sistema Físico-cibernéticos (CPS – *Cyber-Physical Systems*) que a IoT aparece, no qual a Big Data, CPS e IoT estão relacionados um com o outro (SOUZA, 2018).

A determinação de probabilidades com métodos e procedimentos matemáticos baseada em uma enorme quantidade de dados, no qual permite que as decisões sejam tomadas sem conhecer o efeito de causa (ALBERTIN, 2017).

Através da gestão e análise da grande quantidade de dados, é possível otimizar a produção e até mesmo a redução de energia, com a eficiência da coleta de dados e avaliação abrangente de dados de várias fontes diferentes em milésimos de segundos, vai se tornar procedimento padrão para apoiar a tomada de decisões em tempo real sistema (MATHIOLA, 2017).

- Realidade Aumentada

É a interação entre a máquina e o ser humano, em que é permitido ao usuário ver o mundo real, com objetos virtuais sobrepostos ou compostos com o mundo real. Com o uso da realidade aumentada é possível criar uma interface entre os colaboradores e os produtos digitais, criando postos de trabalhos interativos, podendo ser empregada para aumentar a produtividade em quase todas as atividades do setor fabril, desde as atividades básicas até o suporte para processos de manutenção e treinamento (SOUZA, 2018).

A realidade aumentada é uma das principais novas tecnologias a ajudar os processos industriais a se tornarem mais inteligentes, principalmente nas operações que requerem procedimentos, na assistência remota e manutenção, no controle da qualidade, no treinamento de colaboradores, no design de produtos, na gestão de riscos e na logística. Assim, a realidade aumentada pode ser utilizada para que os colaboradores possam obter informações sobre o tempo de ciclo restante dentro do seu campo visual, apoiando o processo *just-in-time* de produção (ALBERTIN, 2017).

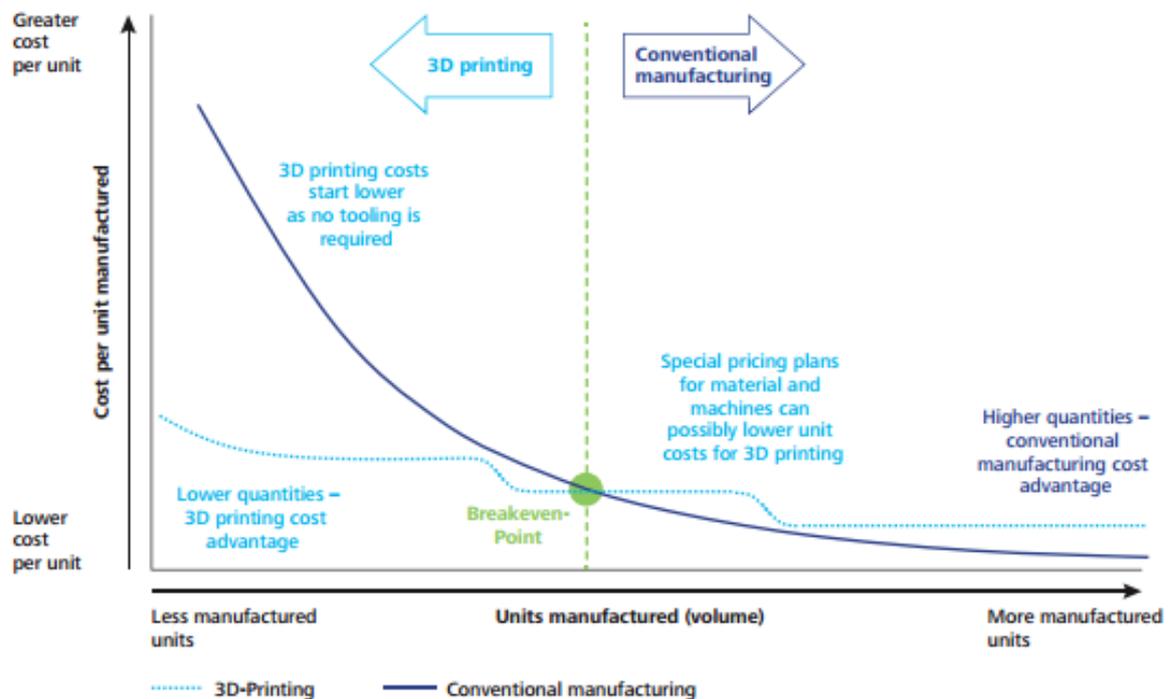
- Manufatura Aditiva

É uma técnica automatizada fazendo a conversão de CAD 3D para objetos físicos usando uma variedade de abordagens. A utilização dessa tecnologia permite reduzir os tempos

de ciclo de desenvolvimento dos produtos na indústria, lança-los no mercado de forma mais rápida, com maior custo efetivo e maior valor agregado à introdução de recursos personalizáveis. Com a diversificação das aplicações na manufatura aditiva, vários processos foram desenvolvidos permitindo a produção de uma diversidade de produtos, desde plásticos até os metais. Diferente dos processos tradicionais de fundição, soldagem, forjamento, torneamento e estampagem, o processo da manufatura aditiva permite produzir (imprimir) produtos e/ou componentes por meio da adição de materiais em camadas. A impressão 3D permite entregar uma variedade de produtos personalizados, customizados e em diversos lugares (AHRENS, 2013).

Conforme a figura 4 é perceptível que a impressão 3D não é tão vantajosa para produção em massa, mas sim para pequenos volumes. Além disso, a impressão 3D facilita o desenvolvimento de superfícies/desenhos complexos, lançamentos de produtos mais exequíveis (BORLIDO, 2017).

Figura 4 - Indústria atual vs impressão 3D



Fonte: BORLIDO, 2017.

- *Clound Computing*

Implementada a IoT, a computação em nuvem provê recursos e serviços de armazenamento em servidores remotos, possibilitando alcançar a alta escalabilidade e alta usabilidade, permitindo aumentar a disponibilidade e precisão dos dados (SOUZA, 2018).

O armazenamento em nuvem fornece a redução nos custos e maior flexibilidade de reação a mudanças esperadas e inesperadas, no qual facilita o compartilhamento de dados em diferentes locais e em sistemas que vão além do servidor da empresa. Devido ao armazenamento em nuvem, é possível a comunicação e o intercâmbio de dados inteligentes entre os fatores (colaborador, equipamento e produto) e os sistemas cyber-físicos, os equipamentos de transportes, assim como outros equipamentos que agregam valores ao sistema (MATHIOLA, 2017).

- *Cyber Security*

Trabalhando com protocolo padrão de comunicação e a conectividade entre todos os links da cadeia de criação de valor, as fábricas adequadas a Indústria 4.0 irão proteger os sistemas industriais e linhas críticas de fabricação contra ameaças cibernéticas (SANTOS, 2014).

- *Integração Vertical e Horizontal de Sistemas de Softwares*

Na Indústria 4.0, a possibilidade das cadeias de valor verdadeiramente automatizadas através da integração de dados universais e entre empresas, permitem os departamentos, as funções e os recursos se tornarem mais coesos. Entende-se como integração horizontal a dos vários sistemas de TI apoiando e implementando diferentes processos de agregação de valor (assim como logística, fabricação, vendas, engenharia e serviço), tanto dentro ou além das fronteiras da empresa. Com organização em redes, multiplica as capacidades disponíveis sem a necessidade de novos investimentos, permitindo as empresas em redes integradas a se adaptarem a mercados voláteis e reduzir os ciclos de vida dos produtos com agilidade (RIBEIRO, 2017).

Como exemplo de aplicação na logística, os equipamentos como os Veículos Guiados Automatizados (AGVs – *Automated Guided Vehicles*), serão utilizados para realizar transporte interno. Parte da logística inteligente será caracterizada por equipamentos de transporte capazes de agir de forma rápida em eventos imprevistos, conseguindo operar de forma autônoma do ponto de início e de destino mesmo com a mudança de clima ou tráfego. A fim de realizar uma coordenação descentralizada de produtos e suprimentos com os

sistemas de transporte, todos os equipamentos de transporte farão troca de dados inteligentes com os módulos de criação de valor, no qual irão conter sistemas de identificação (como chips RFID ou código QR) que permitirão a identificação e localização sem fio de todos os itens na cadeia de valor (ALBERTIN, 2017).

A integração vertical é a de vários sistemas de TI em diferentes níveis hierárquicos de um sistema de produção, com nível de sensores e atuadores, de controle, de gerenciamento da produção, de execução e fabricação, e o nível de planejamento de recursos corporativos. Assim, a integração permite um sistema de fabricação flexível e reconfigurável, no qual máquinas inteligentes formando um sistema auto-organizado que pode ser dinamicamente reconfigurado para a adaptação de diferentes tipos de produtos. Usando sistemas de sensores, os equipamentos de fabricação (ferramentas mecânicas ou de montagem) poderão identificar e localizar os fatores de criação de valor, como os seres humanos ou produtos, para monitorar os processos de fabricação, assim como os processos de transporte, corte ou montagem (RIBEIRO, 2017).

Recebendo os dados inteligentes monitorados, os atuadores aplicados no equipamento de fabricação poderão reagir em tempo real a mudanças específicas dos processos, produtos ou humanos (ALBERTIN, 2017).

2.1.3 Aplicação na Engenharia Civil

Antes das instalações da planta de produção, fixação dos sensores e a programação de robôs autoguiados, a empresa precisa passar por um processo de obras, no qual exige pesquisa e estudo sobre a empresa para que possa começar uma adequação. Os profissionais de engenharia civil devem ter conhecimento sobre o novo sistema de manufatura, para que possa saber exatamente qual tipo de obra deve ser feita.

Para iniciar uma adequação da Indústria 4.0, alguns estudos e projetos devem ser feitos:

- *Layout*

O Layout é fundamental para a adequação da Indústria 4.0 em uma fábrica, no qual o projeto estrutural e arquitetônico deve estar totalmente preciso e sem erros para que seja inserido no sistema (*big data*, IoT e *cloud*). Em caso de novas empresas, a execução deve estar totalmente de acordo com o projeto, diferente do caso de empresas já existentes, que

devem fazer As Built dos projetos de toda a fábrica para que não haja erros (GROOVER, 2011).

As instalações no sistema de produção representam às fábricas, às máquinas, às ferramentas, os equipamentos de inspeção, o equipamento para tratamento de materiais e os sistemas computadorizados que controlam as operações de produção, incluindo o *layout* da fábrica, que se refere à organização física dos equipamentos. O *layout* das instalações é de grande importância para o sistema de transporte de materiais na Indústria 4.0, em que o principal equipamento de transporte é o AGVS (*Automated Guided Vehicle System*) que depende de rotas precisas para a sua configuração. Normalmente os equipamentos são organizados em grupos lógicos, podendo o sistema de produção ser células individuais de trabalho, composta por um único trabalhador responsável e uma única máquina. Porém, é mais comum que tenha um sistema de produção com grupos de máquinas e trabalhadores, precisamente, uma linha de produção (SANTOS, 2013).

O *layout* das instalações deve ser criado de maneira a otimizar o fluxo de materiais no prédio e utilizar o sistema mais apropriado para o manuseio. O *layout* da planta deve fornecer a área total da instalação e áreas dentro dos departamentos específicos, arranjo do equipamento no *layout*, localizações relativas dos departamentos, localizações onde os materiais devem ser buscados e entregues, possíveis rotas entre essas localizações e distâncias percorridas. Esses fatores influenciam direto nos padrões de vazão e escolha dos equipamentos de manuseio de materiais (GROOVER, 2011).

O computador central comanda os veículos em relação a seus destinos e as operações em que eles têm que desempenhar, tendo um envio automático de veículos de acordo com o cronograma pré-planejado de buscas em entregas no *layout* e/ou em resposta as chamadas de várias estações de carga/descarga. Na função de despacho, o computador central deve possuir informações atualizadas sobre a localização de cada veículo no sistema de maneira que ele possa tomar decisões corretas sobre quais veículos despachar para quais localizações. No entanto, o controlador central tem que comunicar continuamente com os veículos para saber as localizações necessárias (SANTOS, 2013).

- Salas de Baterias/Recarga

Os AGVS são veículos impelidos por baterias a bordo que permitem muitas horas de operação (normalmente de 8 a 16 horas de serviço) antes da próxima recarga (GROOVER, 2011).

Quanto a sala de carregamento de baterias em uma indústria, em formação de atmosfera explosiva, utiliza-se o procedimento da norma IEC 60079-10-1:2009 (atmosfera explosiva de gases), traduzida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR EIC 60079 – Equipamentos Elétricos para Atmosfera Explosiva – Parte 10-1 (AMARAL, 2015).

- *Data Center*

Os data centers abrigam os servidores com vários níveis de organização e técnicas de virtualização, sendo a manifestação física da *Cloud Computing*. Portanto, para uma adequação da Indústria 4.0 é preciso um *Data Center*, onde ficará os servidores do *Big Data*, *Cloud* e gerenciadores do IoT. O *Data Center* pode ficar em um ou vários lugares, dependendo do projeto elaborado (VERDI, 2010).

Para qualquer *Data Center* deverá ter bem definido aspectos como o espaço físico, infraestrutura e rede, segurança física, combate e prevenção contra incêndios, arrefecimento e energia. Para definição de requisitos e recomendações para o projeto de instalação, a TIA (*Telecommunications Industry Association*) estabeleceu a normativa internacional TIA-942, no qual não só visa o projeto inicial do processo de construção como permite o planejamento de um *Data Center* à longo prazo e de modo a facilitar o seu crescimento e futuras aplicações (FARIA, 2017).

- *Piso da Fábrica*

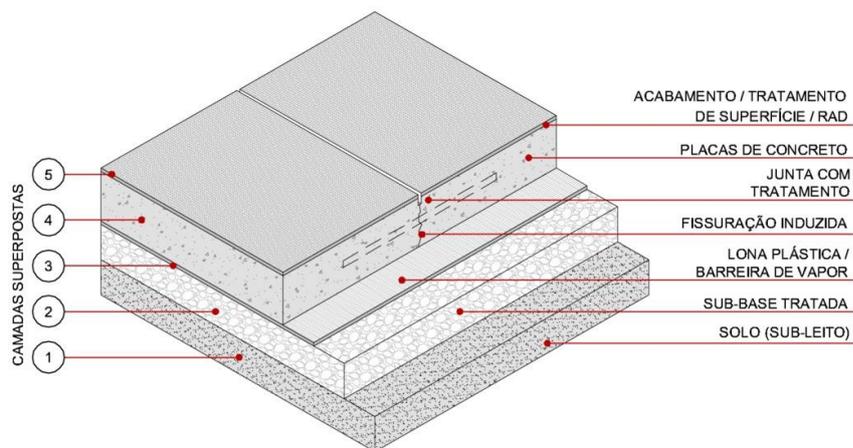
O piso industrial como sendo elemento estrutural, com a finalidade de distribuir os esforços verticais provenientes dos carregamentos ao subleito, é de grande importância para a logística de operação das empresas, tendo em conta que é sobre ele que as atividades produtivas se realizam, possibilitando o movimento de cargas e equipamentos, além de resistir aos esforços mecânicos, biológicos e químicos (CRISTELLI, 2010).

Para adequação da quarta revolução industrial, o piso deve ser liso de tal forma que seja possível a movimentação de AGVS, que também exige que o piso seja totalmente plano, sem ondulações e depressões, de modo a evitar qualquer tipo de variação no deslocamento do veículo. Existem três tipos de tecnologias utilizadas em sistemas comerciais para a orientação de AGVs: faixas pintadas, veículos guiados automaticamente e condutores embutidos. Os AGVs são orientados por faixas pintadas no piso, no qual o veículo possui um senso ótico para rastrear a pintura. O sistema de faixas pintadas é útil quando os ambientes que mudam frequentemente a planta e/ou ambientes que contém muito ruído elétrico, impossibilitando os

outros dois modelos de orientação de veículos. No caso dos veículos guiados automaticamente, utiliza-se uma combinação de orientação por cálculo e balizas localizadas por toda a planta e que pode ser identificados por sensores a bordo, possibilitando determinar a rota na ausência de um percurso definido no piso. Para os AGVs fazerem os cálculos, é de extrema importância a precisão do *layout* das instalações (SANTOS, 2013).

Para os veículos orientados com condutores embutidos no piso é necessário que fios elétricos sejam colocados em um pequeno canal cortado na superfície do piso. Normalmente o fio condutor tem largura de 3 a 12 milímetros e profundidade de 13 a 26 milímetros, conectado a um gerador de frequência de 15 kHz, produzindo um campo magnético ao longo do caminho que pode ser seguido por sensores a bordo do veículo. O canal é preenchido com cimento após a instalação do fio, no qual devem ser tomadas as precauções necessárias para que não haja danificação ou descontinuidade no piso (GROOVER, 2011).

Figura 5 - Principais componentes do sistema construtivo de pisos industriais



Fonte: CRISTELLI, 2010.

A figura 5 apresenta um modelo de piso industrial a ser usado em fábricas com adequação a Indústria 4.0, com suas devidas camadas: (1) solo/subleito (2) sub-base (3) lona plástica/barreira de vapor (4) placa de concreto (5) acabamento/tratamento da superfície/revestimento de alto desempenho (CRISTELLI, 2010).

- Sistema de Detecção e Combate a Incêndio

O sistema de combate a incêndio não pode ser agressivo aos equipamentos, já que a maioria dos equipamentos são eletrônicos. Para isso, foram desenvolvidos dois agentes

extintores de incêndio como o Novec 1230 e o FM200 (nomes comerciais), onde é utilizado um sistema de gás inerte, não corrosivo, não combustível e não reagente com a maioria das substâncias (NEVES, 2017).

Também existem sistemas inteligentes de detecção de incêndio, contendo uma grande diversidade de sensores e sistemas que podem ser extremamente sensíveis, como os sensores de fumaça, por aspiração, temperatura ou ópticos. Conforme a Figura 6, utiliza-se um sistema de serial (laço) com cada dispositivo endereçado de forma de identificação correta ao local do princípio de incêndio. Para configurar e locar os sensores, é de extrema importância a precisão do projeto de layout das instalações (ZUCCHI & AMÂNCIO, 2013).

Figura 6 - Sistema de detecção de incêndio



Fonte: ZUCCHI & AMÂNCIO, 2013.

3 ESTUDO DE CASO

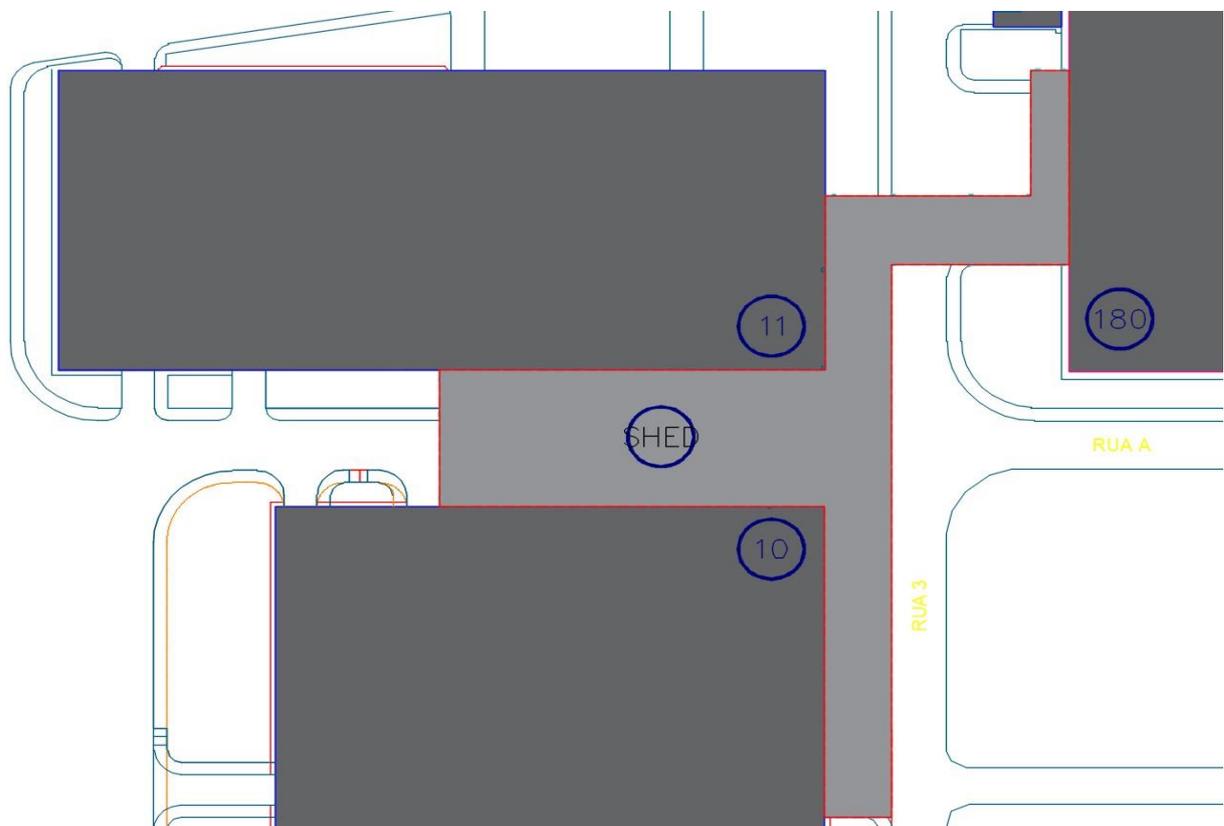
O estudo foi realizado na empresa CAO A Montadora de veículos (Anápolis – GO), no qual foi feito *As Built* no local em que a logística tem o maior fluxo de veículos transportadores (caminhões, rebocadores, transpaleteiras e empilhadeiras) dentro da empresa, que fica entre os blocos 10, 11 e 180.

O *Warehouse* 180 (bloco 180) é o armazém de peças de montagem final dos veículos e é responsável pela maioria do abastecimento de peças para o bloco 10 e 11, onde acontece a montagem final dos produtos.

3.1 AS BUILT

Conforme a Figura 7, no local há uma cobertura em modelo *shed* que conta com vários pilares metálicos para a sustentação de sua cobertura e contém também pavimento asfáltico onde transitam os veículos transportadores pela.

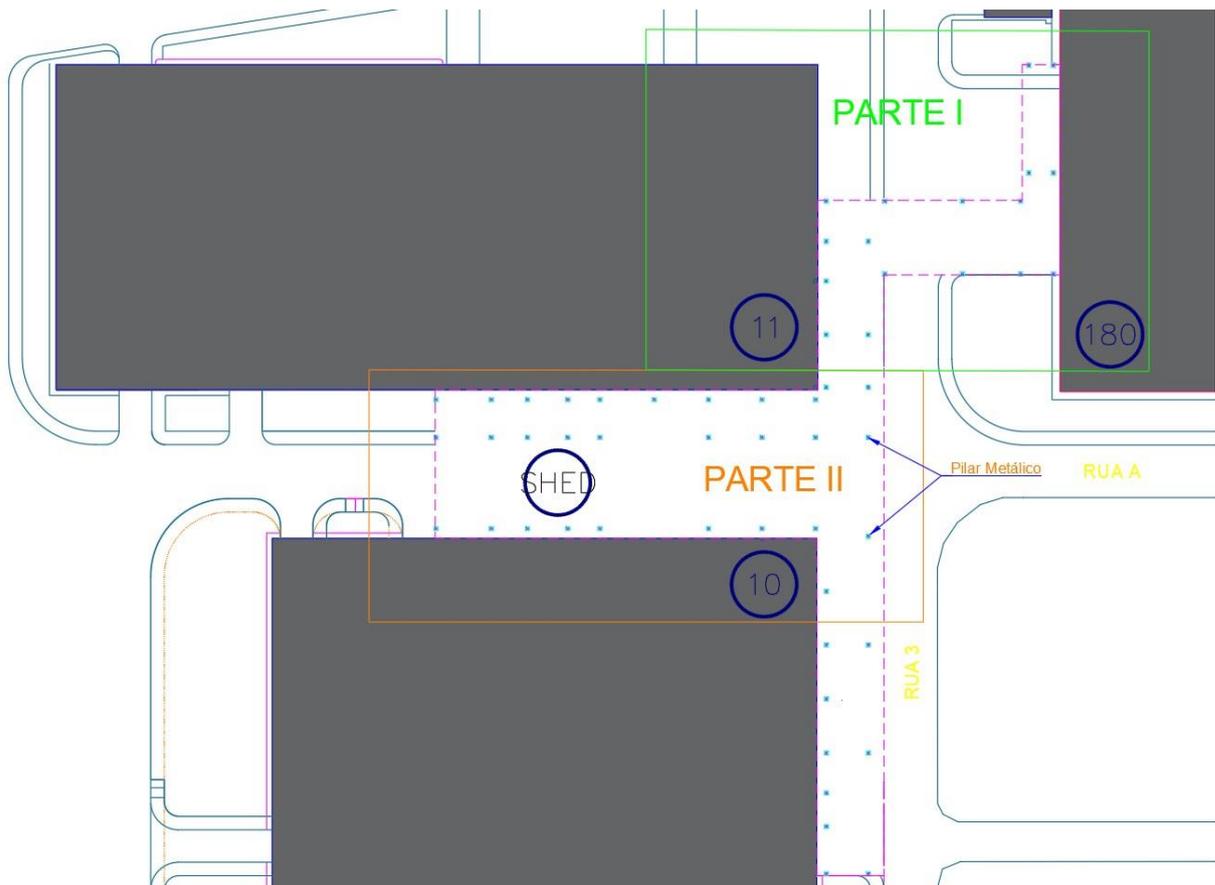
Figura 7 – Croqui do Shed



Fonte: Autor, 2019.

A locação dos pilares do *Shed* é de grande importância para a elaboração do projeto de Indústria 4.0 devido à rota de AGVs para a flexibilidade da manufatura no local. Como apresenta a Figura 8, os pilares estão fixados diretamente onde tem o maior fluxo logístico.

Figura 8 – Locação dos pilares do Shed

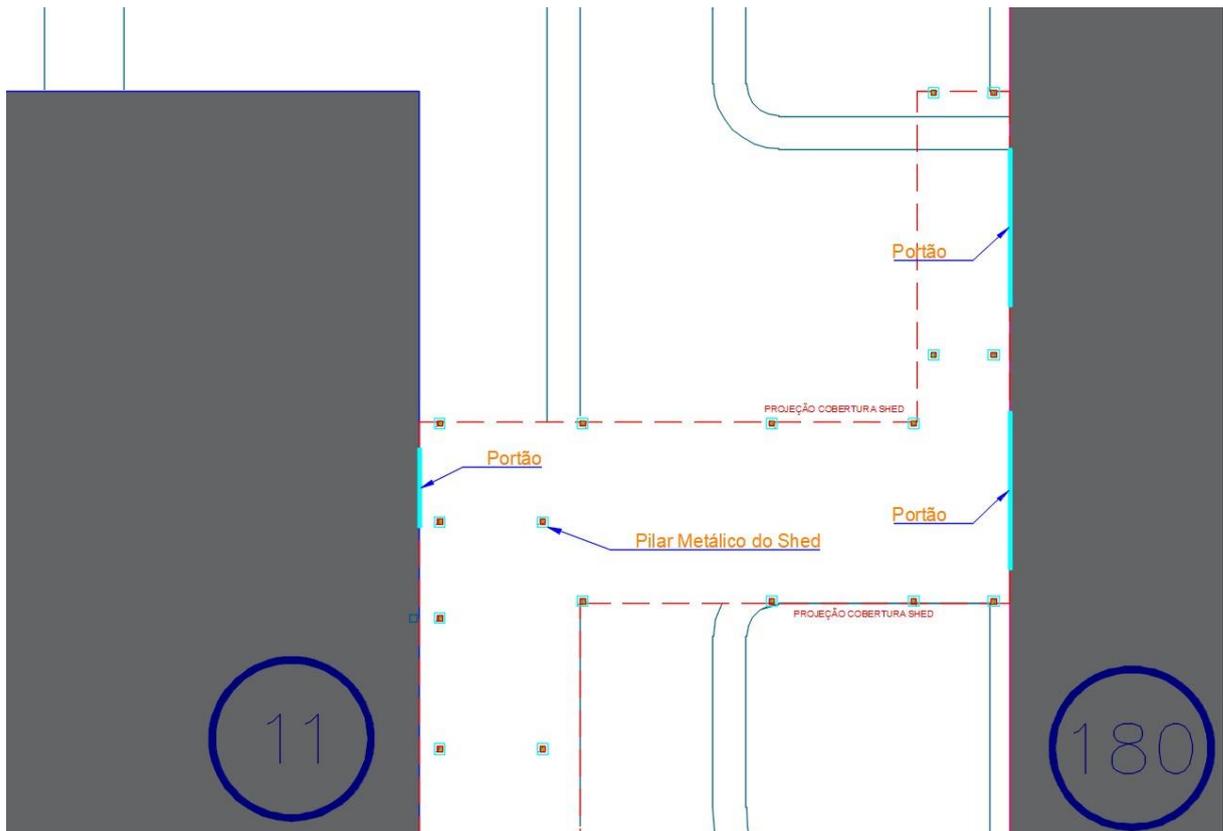


Fonte: Autor, 2019.

Para o desenvolvimento do projeto de *As Built* foram feitas medições *in loco* e compatibilização em projetos 2D existentes.

Para melhor detalhamento sobre a locação dos pilares do *Shed*, dos portões dos blocos 10, 11 e 180 e a projeção da cobertura do *Shed*, a Figura 8 apresenta a divisão do projeto em duas partes a serem detalhadas. A Figura 9 apresenta os detalhes da parte I entre o os blocos 11 e 180 com a projeção de cobertura do *Shed* representada pela linha tracejada vermelha, os portões por linhas azuis ciano, os pilares em pequenos blocos quadrados e a cobertura dos galpões em cinza.

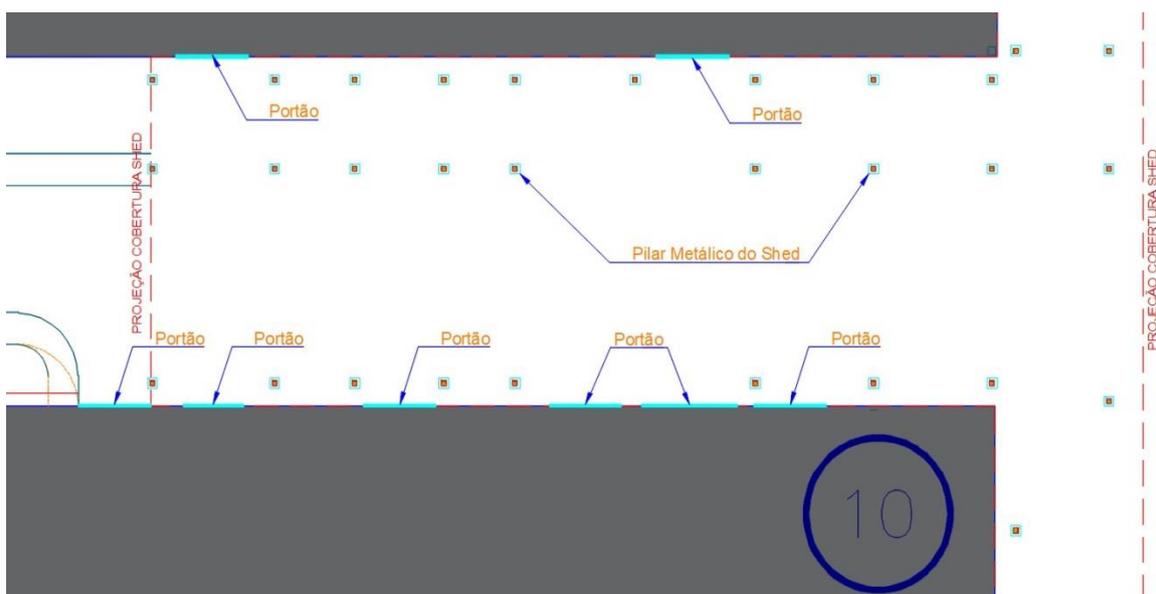
Figura 9 - Locação dos pilares do Shed parte I



Fonte: Autor, 2019.

A Figura 10 apresenta os detalhes entre os blocos 10 e 11.

Figura 10 - Locação dos pilares do Shed parte II



Fonte: Autor, 2019.

3.2 AS BUILT EM 3D

Como mostra a Figura 11, foi desenvolvido um projeto da região do *Shed* em modelo 3D utilizando um programa com plataforma BIM na intenção de obter informações mais precisas devido à realidade aumentada. Com o projeto 3D apresentando detalhadamente como é o local existente, é possível prever com precisão o que deve ser feito tanto na questão estética quanto na questão técnica. A imagem apresenta o bloco 10 a esquerda, o bloco 11 no meio, o bloco 180 a direita e a cobertura do modelo *Shed* ligando os três blocos.

Figura 11 - As Built em 3D

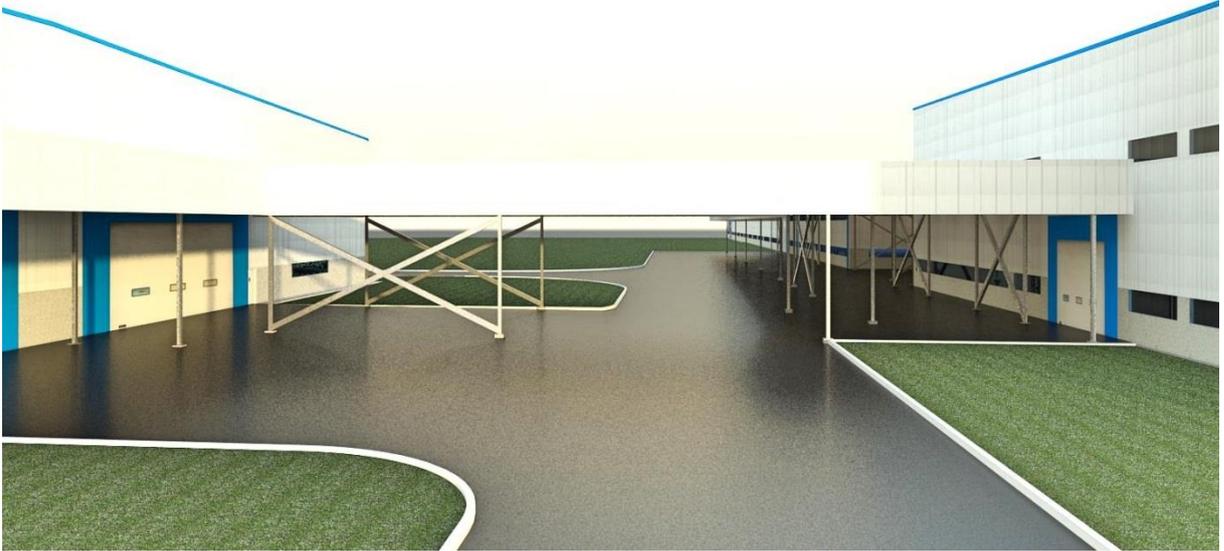


Fonte: Autor, 2019.

A Figura 12 apresenta a renderização da parte I com todos os detalhes previstos para o estudo de um projeto de adequação da Indústria 4.0, podendo observar como é o local e suas estruturas. A esquerda na imagem está o bloco 180, no meio apresenta a cobertura do modelo *Shed* que liga ao bloco 11 que está à direita e mais ao fundo da imagem está o bloco 10 que está representado na parte II.

É de grande importância saber a locação dos pilares em relação às fachadas dos blocos para que seja possível dimensionar o portão ideal para cada um, de maneira a dar mais flexibilidade a manufatura e que seja favorável para o trânsito de AGVs.

Figura 12 - As Built em 3D parte I



Fonte: Autor, 2019.

A Figura 13 apresenta a renderização da parte II com todos os detalhes previstos para o estudo de um projeto de adequação da Indústria 4.0, podendo observar como é o local e suas estruturas. A esquerda na imagem está o bloco 10 e no meio apresenta a cobertura do modelo *Shed* que liga ao bloco 11 que está à direita.

Figura 13 - As Built em 3D parte II



Fonte: Autor, 2019.

A fachada norte do bloco 10 está representada na Figura 14, apresentando os portões existentes e os pilares mais próximos à fachada. Com o mesmo intuito, a fachada sul do bloco 11 é representada na Figura 15, a leste do bloco 11 na Figura 16 e a oeste do bloco 180 na Figura 17.

Figura 14 - Fachada norte existente do bloco 10



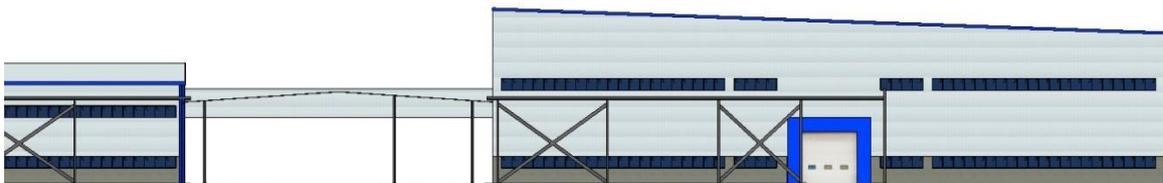
Fonte: Autor, 2019.

Figura 15 - Fachada sul existente do bloco 11



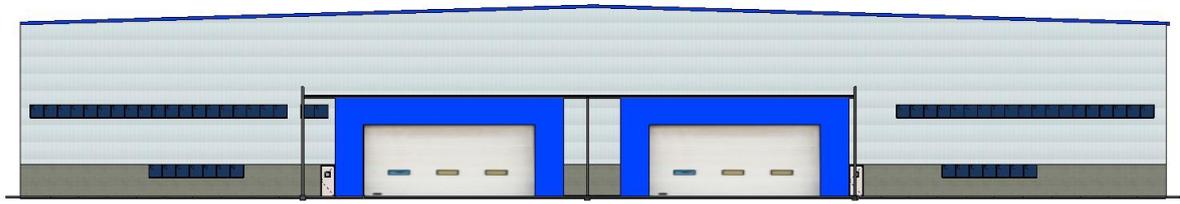
Fonte: Autor, 2019.

Figura 16 - Fachada leste existente do bloco 11



Fonte: Autor, 2019.

Figura 17 - Fachada oeste existente do bloco 180



Fonte: Autor, 2019.

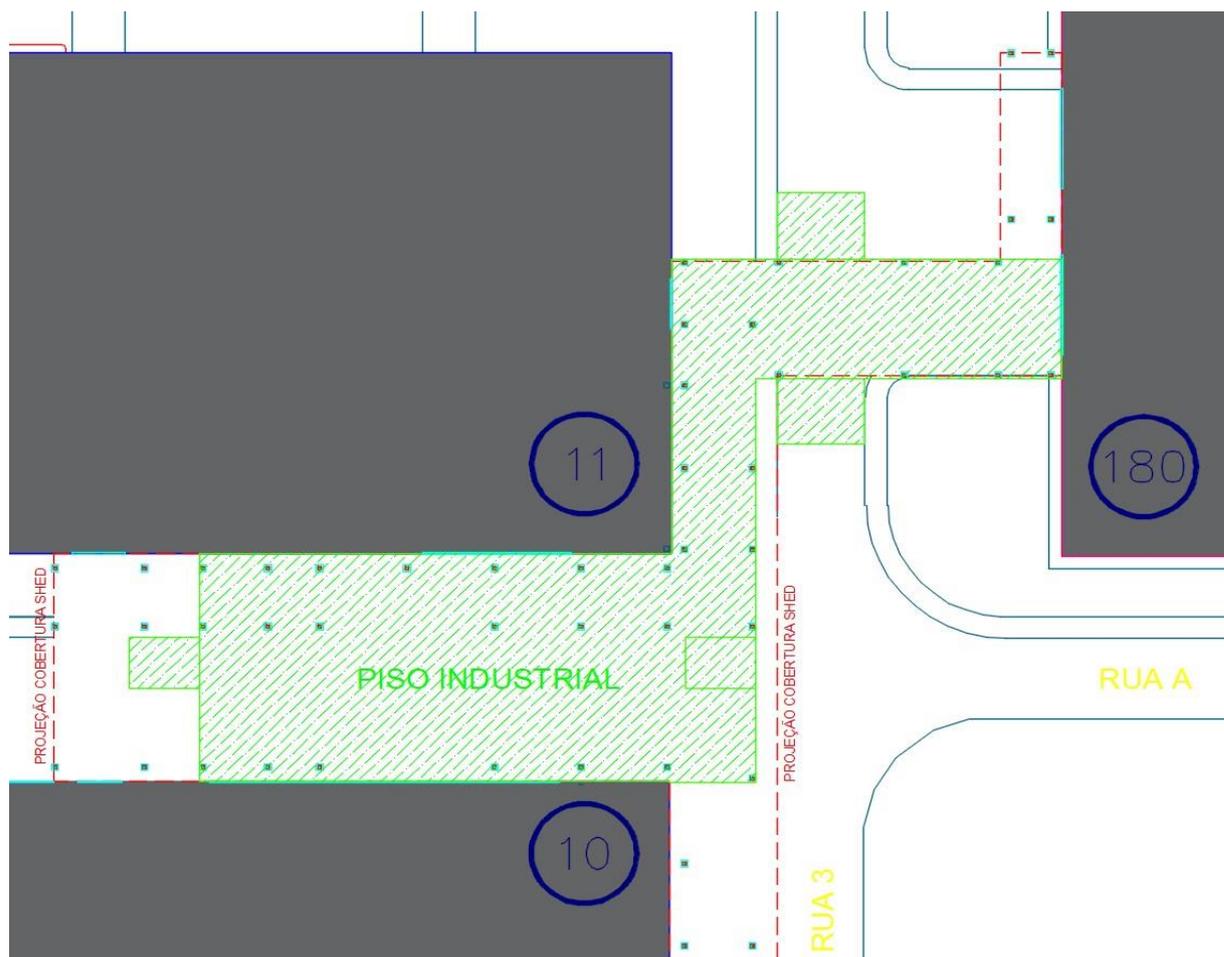
4 ANÁLISE

Conforme todo estudo realizado sobre a Indústria 4.0 foi feito um projeto para que possa adequar o sistema logístico da CAO A Montadora a quarta revolução industrial. A realização de obras e algumas alterações devem ser feitas no local para que seja possível o trânsito de AGVs e a entrega dos suprimentos de maneira eficiente.

4.1 PISO INDUSTRIAL E PORTÕES

O AGV não pode transitar em pisos que contenham irregularidades, detritos, interferências e desníveis. A execução de um piso industrial que seja totalmente plano, liso, nivelado, sem detritos e interferência é fundamental para o trânsito de AGVs.

Figura 18 - Piso industrial do Shed



Fonte: Autor, 2019.

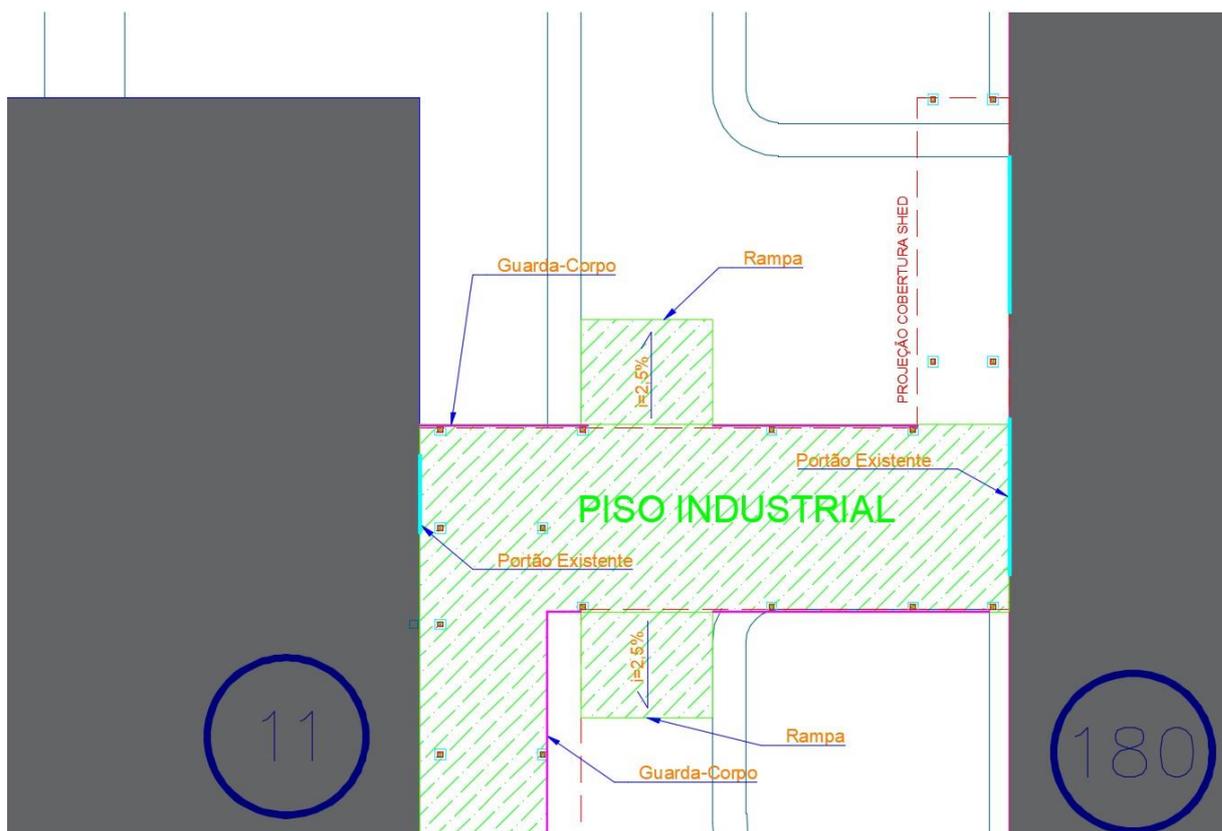
Os blocos 10,11 e 180 estão com os pisos no mesmo nível, comprovando que o piso industrial ligando os mesmos seria totalmente eficiente para rota de AGVs.

Visualizando a Figura 18 é possível perceber o croqui do piso com quatro rampas que permitem o trânsito fluir normalmente onde havia pavimentação asfáltica.

É apresentado na Figura 19 os detalhes do piso e guarda-corpo na parte I e na Figura 20 os detalhes do piso, guarda-corpo e as alterações dos portões do bloco 10 e 11 na parte II.

A Figura 19 mostra o projeto do piso industrial com duas rampas com inclinações leves de modo a não prejudicar o fluxo da via existente, permitindo o trânsito de veículos normalmente. Apresenta também que não é preciso fazer alterações nos portões devido os mesmos terem abertura suficiente para a passagem de AGVs. O guarda-corpo marcado com linha roxa no projeto cobre toda a borda do piso onde há desnível e não contém rampa.

Figura 19 - Piso industrial do Shed parte I



Fonte: Autor, 2019.

O piso projetado não cobre toda a área sob a cobertura do *Shed* devido não ser necessário para a rota de AGVs. Na Figura 19 é possível ver a projeção de cobertura *Shed* no segundo portão do bloco 180 sem o piso e na Figura 20 apresenta ao lado esquerdo uma distância considerável, reduzindo o custo da obra de execução do piso.

Figura 20 - Piso industrial do Shed parte II



Fonte: Autor, 2019.

De acordo com a Figura 20 o piso industrial projetado conta com duas rampas levemente inclinadas, sendo uma rampa interna de modo a não prejudicar o fluxo da Rua 3 permitindo o trânsito de veículos normalmente no cruzamento das vias. As fachadas sul do bloco 11 e norte do bloco 10 sofreram alterações no projeto devido à previsão de rotas para AGVs e o novo modelo de fornecimento de peças.

O guarda-corpo, apresentado com linhas roxas na Figura 19 e 20, contribui para que os colaboradores não transitem próximo a borda do piso e que veículos não passem fora das rampas, já que o piso apresenta desnível considerável em relação ao asfalto existente.

4.2 PROJETO DE ADEQUAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 EM 3D

Comparando com a Figura 11, a Figura 21 apresenta acréscimo do piso industrial com guarda-corpo e a alteração na fachada norte do bloco 10 e sul do bloco 11. A Figura 21 apresenta os três galpões que fazem parte do projeto, o bloco 10 a esquerda, o bloco 11 no meio, o bloco 180 a direita e a cobertura no modelo *Shed* ligando o três blocos. É possível ver detalhes importantes no projeto como o desnível do piso industrial em relação ao asfalto, o guarda-corpo nas extremidades do piso onde não há rampas, as vias livres para o transporte de veículos automotores e os pilares da cobertura *Shed*.

O programa também passa informações importantes para logística, é possível prever onde os raios solares irão atingir o piso, sendo assim, foi previsto em projeto rotas a fim de não prejudicar os AGVs e os produtos.

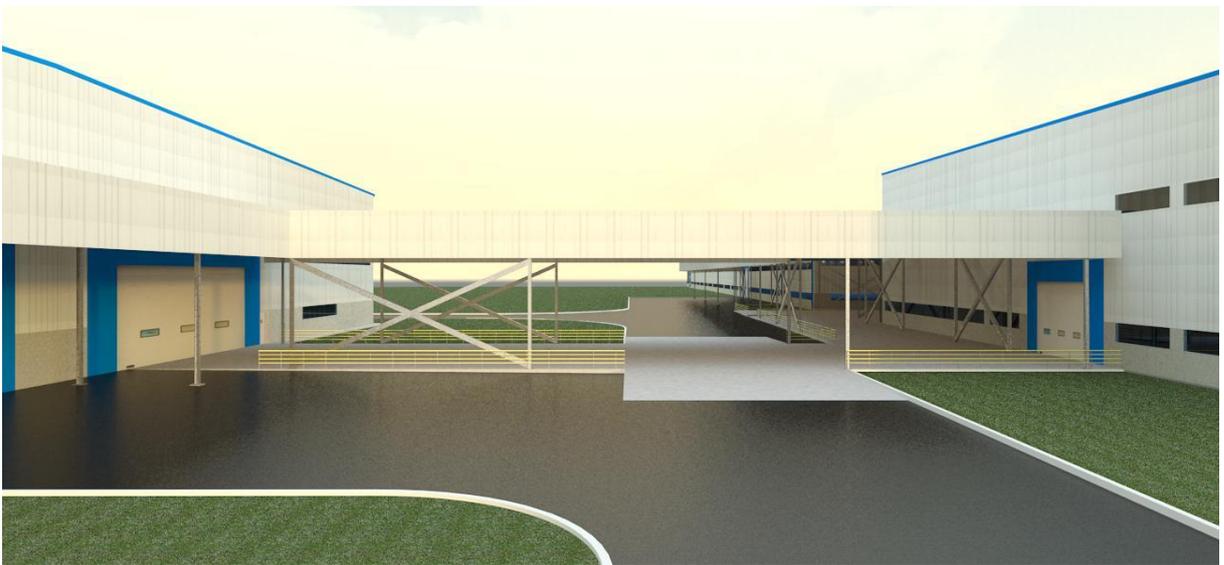
Figura 21 - Projeto em 3D



Fonte: Autor, 2019.

A Figura 22 apresenta a parte I acrescida do piso industrial e guarda-corpo entre os blocos 180 que está à esquerda e o bloco 11 à direita.

Figura 22 - Projeto em 3D parte I



Fonte: Autor, 2019.

Conforme apresenta a Figura 23, houve o acréscimo do piso com o guarda-corpo, a alteração na fachada norte do bloco 10 com a expansão do portão e a alteração da fachada sul do bloco 11 também com a alteração do portão.

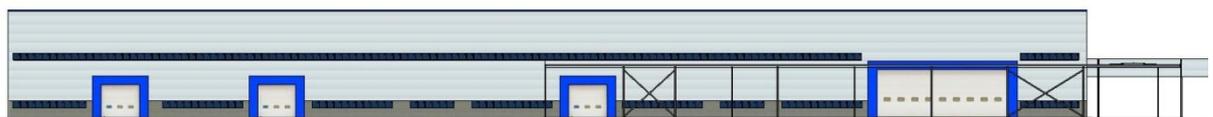
Figura 23 - Projeto em 3D parte II

Fonte: Autor, 2019.

A fachada norte do bloco 10 está representada na Figura 24, apresentando os pilares mais próximos à fachada e a alteração dos portões. Com o mesmo intuito, a fachada sul do bloco 11 é representada na Figura 25.

Figura 24 - Alteração no portão da Fachada norte do bloco 10

Fonte: Autor, 2019.

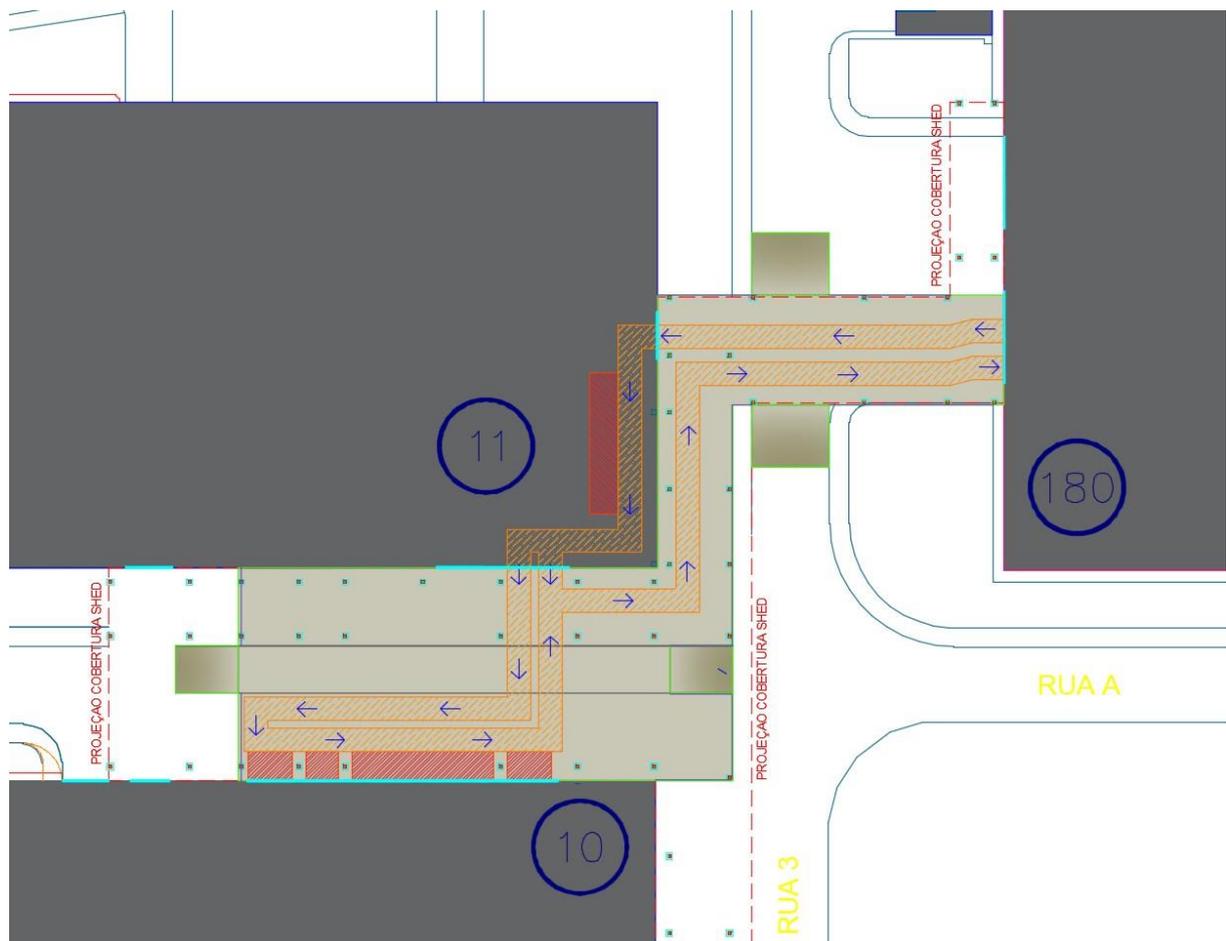
Figura 25 - Alteração no portão da fachada sul do bloco 11

Fonte: Autor, 2019.

4.3 ROTA PARA AGVS

Considerando influências como os pilares do *Shed*, contraventamentos da estrutura metálica, circulação de veículos e trânsito de colaboradores no local, a rota para AGVs apresentada na Figura 26 é a ideal para entrega de suprimentos do bloco 180 para os blocos 10 e 11.

Figura 26 - Rota para AGVs



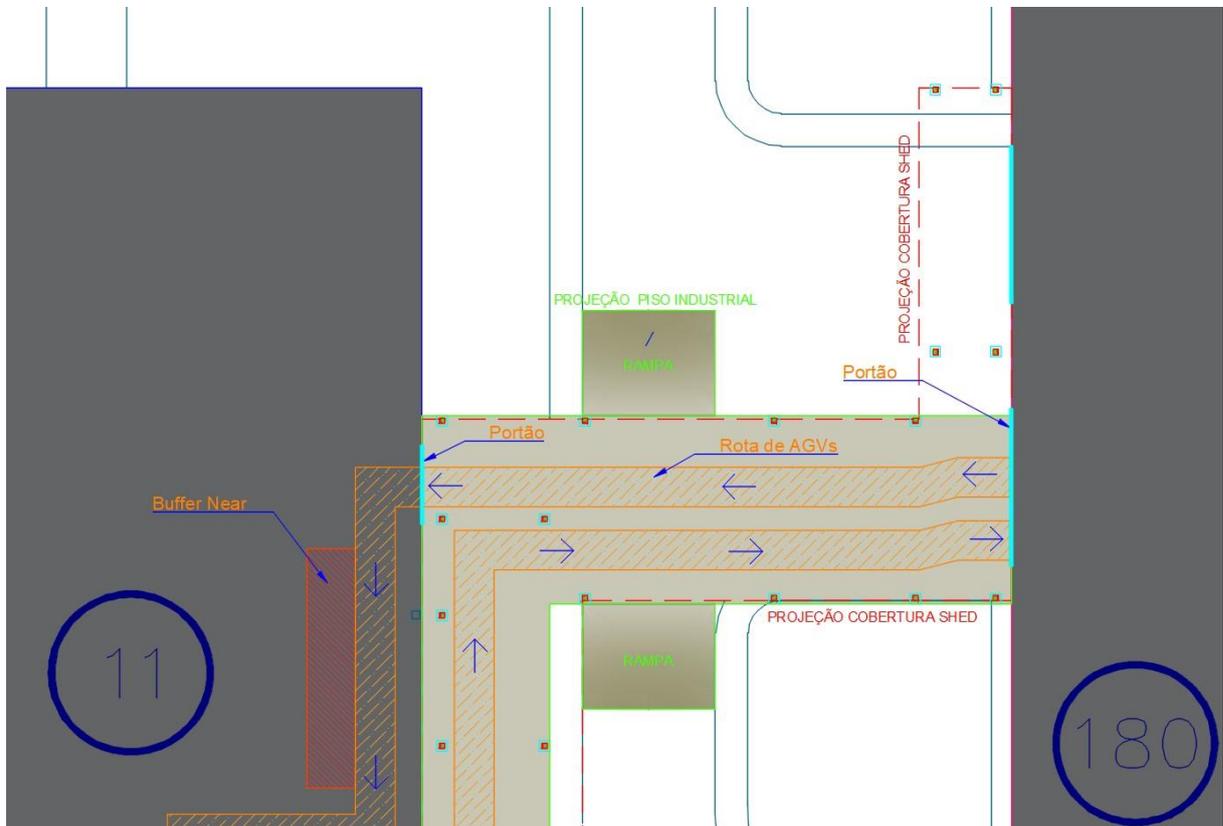
Fonte: Autor, 2019.

São apresentados na Figura 27 os detalhes da rota na parte I e na Figura 28 os detalhes da rota na parte II.

De acordo com a Figura 27 a rota para AGVs marcada da cor laranja e com fluxo indicado por setas azuis, é perceptível o deslocamento de saída dos AGVs do bloco 180 para o bloco 11, podendo o mesmo abastecer o *Buffer Near* (suprimento preparado próximo a linha de produção temporariamente com objetivo de otimização do *just in time*) do bloco 11 ou

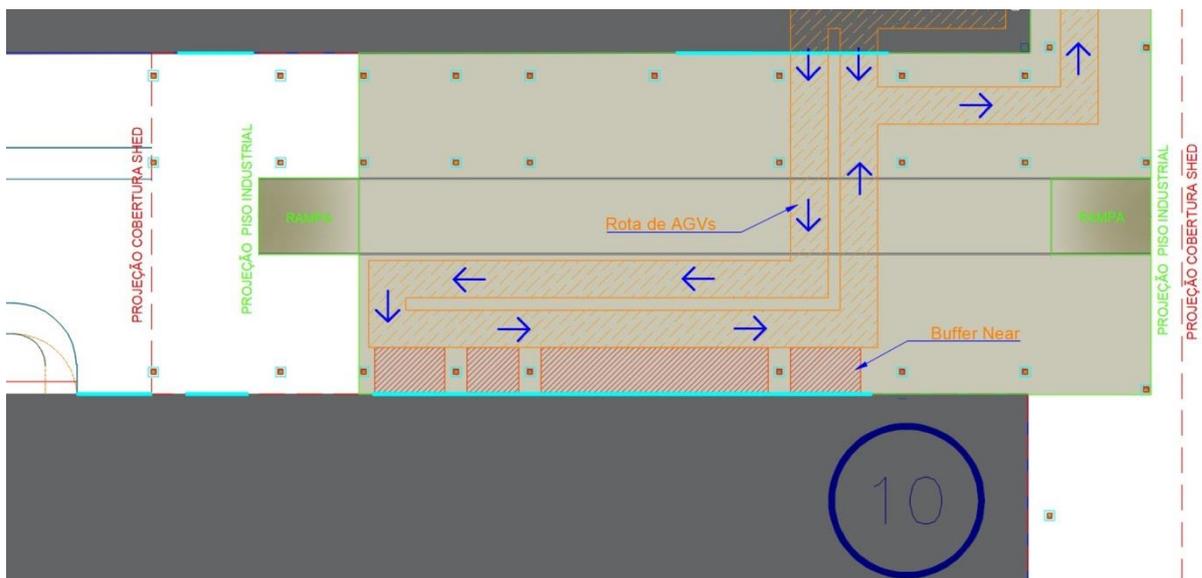
seguir em direção ao bloco 10. A rota de retorno dos mesmos está paralela à rota de saída do bloco 180, porém com fluxo contrário conforme apresentam as setas azuis.

Figura 27 - Rota para AGVs Parte I



Fonte: Autor, 2019.

Figura 28 - Rota para AGVs Parte II



Fonte: Autor, 2019.

A Figura 28 apresenta a rota para AGVs fluindo do bloco 11 seguindo em direção ao *Buffer Near* do bloco 10, após o abastecimento, de acordo com as setas azuis no projeto os AGVs seguem sempre à direita para retornar ao bloco 180.

Os AGVs que partem do bloco 180 para os blocos 10 e 11 fazem o abastecimento do *Buffer Near* e logo em seguida os AGVs internos de cada bloco ficam responsáveis por abastecer a planta de produção dos mesmos.

4.4 BENEFÍCIOS

Durante o desenvolvimento do trabalho, o projeto da Indústria 4.0 em 3D desenvolvido pelo autor chamou a atenção de engenheiros de diversas áreas que trabalham na CAO Montadora de Veículos, fazendo os mesmos perceberem a importância dessa nova revolução industrial para a empresa. O desenvolvimento do projeto em 3D (realidade aumentada) apresentado no trabalho já é um modelo de uso na Indústria 4.0, proporcionando imagens reais de como pode ser o local antes mesmo da execução da obra, prevendo problemas futuros, podendo analisar questões estéticas, fazer compatibilizações, proporcionar melhor visibilidade para o desenvolvimento do projeto e apresentar o projeto de maneira que profissionais de outras áreas possam entender.

O projeto do piso foi visto como grande importância por parte dos colaboradores do setor de engenharia civil e da logística, visando melhorias de imediato para empresa na questão do deslocamento dos veículos de transporte de peças, fazendo o transporte de maneira mais segura, menos danos às peças e aos veículos e maior agilidade na entrega dos suprimentos.

A execução do projeto trará diversos benefícios à empresa na questão financeira, marketing, de logística, segurança, desenvolvimento tecnológico e aumento do nível de concorrência no setor da indústria automobilística. O piso industrial possibilita o transporte de AGVs que são veículos guiados automaticamente que substituem os veículos de transporte como: paleteiras, empilhadeiras e rebocadores, sendo mais eficiente na entrega dos suprimentos e trabalha em qualquer horário programado. A alteração nos portões proporciona melhor visibilidade no local de transporte logístico, possibilitando um trajeto para AGVs mais eficiente na entrega das peças, segurança aos colaboradores, permite o tráfego de veículos automotores, flexibilidade a mudanças dentro dos galpões e dos *Buffers Nears*.

Com a manufatura mais enxuta devido ao uso de AGVs no transporte logístico, haverá redução considerável no número de funcionários e aumento da produtividade, tendo

como resultado a baixa nos custos e o aumento da produção, sendo assim, a empresa consegue produzir mais e com uma maior margem de lucro.

Devido ao aumento da produtividade a CAO A Montadora de Veículos será ainda mais forte concorrente para as demais grandes montadoras, aumentando o número das vendas, melhorando a qualidade do produto e diminuindo o valor final para o consumidor. Já conhecida no Brasil e no mundo devido aos grandes investimentos em marketing e qualidade do produto, a empresa ganhará ainda mais a confiança do cliente apresentando um modelo de produção mais tecnológico, instigando-o a conhecer mais sobre o produto e suas tecnologias.

Ciente de que a Indústria 4.0 abrange diversas áreas de estudos, o presente projeto pode ser o início de uma adequação da quarta revolução industrial na montadora, que traria diversos novos estudos tecnológicos para a empresa já que a parte de projetos que a engenharia civil pode proporcionar seria apenas o começo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mundo está em constante evolução tecnológica e todas as profissões devem acompanhar esse ritmo evolutivo. A história da revolução industrial apresenta uma enorme evolução tecnológica no sistema de manufatura das indústrias, desde a primeira revolução industrial com uso da máquina a vapor na produção, passou pelo uso da eletricidade na segunda, a digitalização e automação da linha de produção da terceira até a atual inovação que é a quarta revolução industrial, com um modelo de produção cibernético que controla robôs e interage com humanos.

A engenharia civil tem um papel fundamental no planejamento e desenvolvimento da Indústria 4.0, desenvolvendo estruturas físicas para comportar os equipamentos, projetando vias e acessos com conhecimento em logística automatizada, novos métodos de manutenção, aperfeiçoamento e automação do sistema de detecção e combate a incêndio, realidade aumentada através de projetos 3D e novos métodos construtivos baseados na tecnologia da quarta revolução industrial.

Espera-se que este estudo seja de grande importância na área da engenharia civil e engenharia de produção, apresentando informações que levem os profissionais da área a desenvolver esse novo modelo de indústria não somente na CAO A Montadora de Veículos, mas também em outras indústrias do Brasil e do mundo. Que este trabalho seja um propulsor para novos estudos sobre a participação da engenharia civil na quarta revolução industrial.

De maneira muito gratificante, este trabalho possibilitou o autor aprimorar o seu conhecimento no setor da engenharia civil, engenharia de produção e novas tecnologias que estão alavancando a indústria no mundo. Que o presente estudo seja de grande valor para o meio acadêmico, científico e industrial, servindo como relevante referência e fonte de estudos.

REFERÊNCIAS

- AHRENS, C. H. et al. Engenharia reversa por meio de fotogrametria: Estudo comparativo da técnica de digitalização tridimensional visando aplicação na manufatura aditiva. **7º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação**, mai. 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Andre_Eccel_Vellwock/publication/322212502>. Acesso em 30 nov. 18.
- AIRES, R. W. do; MOREIRA, F. K.; FREIRE, P. de S. Indústria 4.0: Desafios e tendências para a gestão do conhecimento. **SUCEG - Seminário de Universidade Corporativa e Escolas de Governo**, [S.I.], v.1, n.1, p. 224-247, dez. 2017. Disponível em: <<http://anais.suceg.ufsc.br/index.php/suceg/article/view/49>>. Acesso em 01 dez. 2018.
- ALBERTIN, M. R. et al. **Principais Inovações tecnológicas da indústria 4.0 e suas aplicações e implicações na manufatura**. 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/321682376_PRINCIPAIS_INOVACOES_TECNOLOGICAS_DA_INDUSTRIA_40_E_SUAS_APLICACOES_E_IMPLICACOES_NA_MANUFATURA>. Acesso em: 12 nov. 2018.
- AMARAL, A. B. **Estudo de classificação de áreas uma sala de carregamento de baterias**. 2015. 64f. Trabalho de Conclusão de Curso de Pós-Graduação - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4845/1/CT_CEEST_XXX_2015_02.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2018.
- BECKER, A. et al. **Os conceitos da indústria 4.0 associados a abordagem da capacidade dinâmica**. 2018. Disponível em: <<https://uceff.edu.br/anais/index.php/engprod/article/view/203/194>>. Acesso em: 12 nov. 2018.
- BORLIDO, D. J. A. **Indústria 4.0 - Aplicação a sistemas de manutenção**. 2017. 65f. Dissertação de Mestrado - Faculdade de engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2017. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/102740/2/181981.pdf>>. Acesso em 12 nov. 2018.
- CAMPOS, F. de; MIRANDA, R. G. **A escrita da história**: 1. ed. São Paulo: Editora Escola Educacional, 2005.
- CLAUDIA, A. et al. **A modularização e a indústria 4.0**. 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/319333985_A_modularizacao_e_a_industria_40>. Acesso em: 12 nov. 2018.
- COELHO, P. M. N. **Rumo a indústria 4.0**. 2016. 62f. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016. Disponível em: <<https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/36992/1/Tese%20Pedro%20Coelho%20Rumo%20%C3%A0%20Industria%204.0.pdf>>. Acesso em: 01 dez. 2018.

COSTA, C. da. Indústria 4.0: O futuro da indústria nacional. **Revista POSGERE**, São Paulo, v.1, n.4, p. 5-14. set. 2017. Disponível em: <<http://seer.spo.ifsp.edu.br/index.php/posgere/article/view/82>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

CRISTELLI, R. **Pavimentos industriais de concreto - Análise do sistema construtivo**. 2010. 161f. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg2/62.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

FARIA, P. A. dos S. **Dimensionamento, planeamento, configuração e colocação em produção de um Data Center para uma instituição de ensino superior**. 2017. 49f. Dissertação de Mestrado - Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, 2017. Disponível em: <<https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/18274>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

GROOVER, M. P.: tradução RITTER, J.; TEIXEIRA, L. do A.; VIEIRA, M; revisão técnica JUNIOR, J. H. C. G. **Automação industrial e sistemas de manufatura**: 3. ed. São Paulo: Editora Pearson Prentice Hall, 2011.

MATHIOLA, L. D. V. **Indústria 4.0: Um constructo teórico no setor automotivo**. 2017. 86f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville, Joinville, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/181928>>. Acesso em: 28 nov. 2018.

MATOS, J. P. da S. **Uma abordagem para integração de sistemas de manufatura num contexto de indústria 4.0**. 2017. 85f. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa, Lisboa, 2017. Disponível em: <https://run.unl.pt/bitstream/10362/34376/1/Matos_2017.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2018.

MENDES, C. R.; SIEMON, F. B.; CAMPOS, M. M. de. Estudos de caso da indústria 4.0 aplicados em uma empresa automobilística. **Revista POSGERE**, São Paulo, v.1, n.4, p 15-24, set. 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Cleiton_Mendes/publication/321152959_ESTUDOS_DE_CASO_DA_INDUSTRIA_40_APLICADOS_EM_UMA_EMPRESA_AUTOMOBILISTICA/links/5a10da610f7e9bd1b2bf331d/ESTUDOS-DE-CASO-DA-INDUSTRIA-40-APLICADOS-EM-UMA-EMPRESA-AUTOMOBILISTICA.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2018.

MORAES, C. C. de; CASTRUCCI, P. de L. **Engenharia de automação industrial**: 2. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2013.

NETO, J. A. de F.; TASINATO, C. R. **História geral do Brasil**: São Paulo: Editora Harbra, 2006.

NEVES, C. V. Proteção contra incêndios com FM200 e NOVEC1230. **Revista Neutro da Terra**, Porto, n.20, p 9-13, dez. 2017. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10400.22/11977>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

PACHECO, A. C. C. **A indústria 4.0 e seu impacto na estratégia das organizações - Estudo de caso em uma empresa de treinamentos em informática**. 2017. 56f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017. Disponível em:

< <https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/4868/1/Projeto%20Final%20-%20Ana%20Clara%20Pacheco.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

PORTO, G. de B. P.; KADLEC, T. M. de M. **Mapeamento de estudos prospectivos de tecnologia da revolução 4.0: Um olhar para a indústria da construção civil.** 2018. 68f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018. Disponível em: < <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/9801>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

RAPOSO, D. R. **Indústria 4.0: realidade, mudanças e oportunidades.** 2018. 36f. Monografia - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018. Disponível em: <<http://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/1353>>. Acesso em: 30 nov. 18.

RIBEIRO, J. M. **O conceito da indústria 4.0 na confecção: Análise e implementação.** 2017. 82f. Dissertação de Mestrado - Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Guimarães, 2017. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/1822/49413>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

SANTOS, D. G. G. **A cibersegurança em Portugal: A ação política nacional em matéria de cibersegurança.** 2014. 83f. Dissertação de Mestrado - Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10071/8844>>. Acesso em 30 nov. 2018.

SANTOS, E. A. da. **Logística baseada em AGVs.** 2013. 67f. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2013. Disponível em: < <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/68049/2/26084.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

SOUZA, F. E. G. **Relações entre a indústria 4.0 e o processo decisório organizacional.** 2018. 26f. Trabalho de Conclusão de Curso de MBA em Gestão de Estratégica - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018. Disponível em: <<https://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/56328/R%20-%20E%20-%20FABIO%20ELIAS%20GONCALVES%20SOUZA.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

VERDI, F. L. et al. **Novas arquiteturas de data center para cloud computing.** Disponível em: <<http://www.ppgccs.net/verdi/MCSBRC2010.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

ZUCCHI, W. L.; AMÂNCIO, A. B. **Revista USP**, São Paulo, n.97, p.43-58, mar. abr. mai., 2013. Disponível em: <<http://www.periodicos.usp.br/revusp/article/download/61684/64573/>>. Acesso em: 12 nov. 2018.