



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS DE PALMAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

JORDAN LIMA AZEVEDO

**AVALIAÇÃO DA INTRODUÇÃO DE TECNOLOGIAS
PROVENIENTES DA INDÚSTRIA 4.0 NA CONSTRUÇÃO
CIVIL EM PALMAS**

Palmas (TO)
2021

JORDAN LIMA AZEVEDO

**AVALIAÇÃO DA INTRODUÇÃO DE TECNOLOGIAS
PROVENIENTES DA INDÚSTRIA 4.0 NA CONSTRUÇÃO
CIVIL EM PALMAS**

Monografia apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação da Prof^ª. Dr^ª. Indara Soto Izquierdo

Palmas (TO)
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

A994a Azevedo, Jordan Lima.

Avaliação da introdução de tecnologias provenientes da indústria 4.0 na construção civil em Palmas. / Jordan Lima Azevedo. – Palmas, TO, 2021.

56 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Engenharia Civil, 2021.

Orientador: Indara Soto Izquierdo

1. Indústria 4.0. 2. Construção Civil. 3. Impactos na construção civil. 4. Drones; BIM; Impressora 3D. I. Título

CDD 624

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

JORDAN LIMA AZEVEDO

**AVALIAÇÃO DA INTRODUÇÃO DE TECNOLOGIAS
PROVENIENTES DA INDÚSTRIA 4.0 NA CONSTRUÇÃO
CIVIL EM PALMAS**

Monografia apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação da Prof^ª. Dr^ª. Indara Soto Izquierdo

Data de aprovação 15 / 10 / 2021

Banca Examinadora:

Prof^ª. Dr^ª. Indara Soto Izquierdo, UFT

Prof. Me. Jeverson Luiz Azevedo Carlos, UFT

Prof. Esp. Antônio Carlos da Silva Júnior, UFT

Palmas (TO)
2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pelo dom da vida e sua eterna compaixão e amor por todos nós.

Agradeço à minha mãe, Geovânia, por ser minha maior inspiração diária e por quem eu dedico meus esforços em ser alguém melhor, ao meu pai, pelo apoio prestado em todos os momentos em que se fez presente, aos meus irmãos Jackson, Jardel e Aderbal, por estarem sempre torcendo por mim e me apoiando nas dificuldades, e à minha avó, Itaci, por toda a preocupação diária e o carinho a mim direcionado.

Agradeço à minha namorada Ana Clara, por ter caminhado ao meu lado em todos os momentos difíceis, por ter partilhado das minhas angústias e por dividir meus sonhos.

Agradeço aos meus irmãos Paulo, Daniel e Rodrigo que a faculdade me deu, por todos os momentos de sofrimento divididos e alegrias compartilhadas ao longo dessa caminhada.

Agradeço à minha Orientadora Indara, pela oportunidade e dedicação prestadas para que eu pudesse desenvolver e concluir esse trabalho, por sempre ter se mostrado atenciosa e comprometida em ajudar e por ser uma inspiração para mim como um exemplo de profissional que quero ser.

Agradeço aos professores Antônio Carlos, Rafael Amorim e Jeverson por todos os conselhos e considerações prestadas, escolhidos não por acaso para compor minha banca, mas por serem profissionais responsáveis e atenciosos, aos quais foi uma honra compartilhar essa etapa tão importante da vida de um acadêmico que é a apresentação do Trabalho de Conclusão de Curso.

RESUMO

É inegável o fato de que o mundo está vivendo uma era de inovações tecnológicas que convergem e caracterizam a Quarta Revolução Industrial. Contudo, a Indústria da Construção Civil, diferente de outras indústrias, não tem acompanhado o massivo desenvolvimento supracitado, uma vez que apresenta práticas artesanais de construção que remetem a técnicas desenvolvidas ainda na Segunda Revolução Industrial. Diante desse quadro, ressalta-se a importância em se analisar de que forma a Indústria 4.0 pode oferecer melhorias a esse setor, bem como analisar possíveis impactos negativos ou desvantagens associadas ao processo de modernização da Construção Civil. Dito isso, o presente trabalho disserta sobre a Indústria 4.0 na construção civil, retratando as vantagens e as possíveis desvantagens atreladas à utilização de três ferramentas (BIM, Drones e Impressoras 3D) por construtoras em suas obras, buscando evidenciar que a renovação das técnicas e das tecnologias de construção é extremamente necessária para que sejam alcançados melhores níveis de produtividade, menor custo e menor desperdício de materiais, tornando o processo de construtivo mais sustentável e elevando a construção a outro patamar. Os objetivos traçados foram alcançados por meio de extenso levantamento bibliográfico sobre o recorrente tema, utilizando como base de dados as plataformas Google School, ScienceDirect (Scopus), Scielo, entre outras, além de um prévio levantamento na cidade Palmas acerca da difusão dessas ferramentas da Indústria 4.0 perante as construtoras da cidade.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Construção Civil. BIM. Drones. Impressoras 3D. Quarta Revolução Industrial.

ABSTRACT

It is undeniable that the world is living in an era of technological innovations that converge and characterize the fourth industrial revolution. However, the civil construction industry, unlike other industries, has not kept up with the massive development mentioned above, since it presents craft construction practices that refer to techniques developed in the second industrial revolution. Given this situation, the importance of analyzing how Industry 4.0 can offer improvements to this sector is highlighted, as well as the possible impacts or disadvantages associated with the civil construction modernization process. That said, this paper discusses industry 4.0 in civil construction, portraying the possible advantages and disadvantages linked to the use of three tools (BIM, drones and 3D printers) by construction companies in their works, seeking to show that the renovation of techniques and of construction technologies is extremely necessary to achieve better levels of productivity, lower costs and less waste of materials, making the construction process more sustainable and taking construction to another level. The objectives were achieved through an extensive bibliographic survey on the recurring theme, using as a database such platforms as Google Scholar, Scopus, Scielo, among others, in addition to a previous survey in Palmas City about the dissemination of these tools from industry 4.0 before the city's builders.

Keywords: Industry 4.0. Construction. BIM. Drones. 3D Printers. Fourth Industrial Revolution.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Previsão de impactos referentes à implantação da indústria 4.0.....	19
Figura 2 - Intercâmbio Tradicional entre os projeto.....	24
Figura 3 – Interoperabilidade entre os projetos.....	25
Figura 4 – Fluxograma das etapas do trabalho.....	32
Figura 5 – Drone do tipo Multi-rotor.....	42
Figura 6 – Drone do tipo Asa Fixa.....	42
Figura 7 – Edifício de cinco andares feito por impressão 3D.....	46
Figura 8 – Villa de Campo construída por impressão 3D pela Shanghai WinSun.....	46
Figura 9 – Primeira casa feita por Impressora 3D no Brasil.....	47
Figura 10 – Técnica de impressão 3D do tipo Contour.....	48
Figura 11 – Castelo feito através da tecnologia de impressão 3D.....	49
Figura 12 – Casa feita através da tecnologia de impressão 3D.....	50
Quadro 1 – Vantagens e desvantagens da aplicação do BIM.....	30
Quadro 2 – Dados descritivos dos modelos.....	41
Quadro 3 – Vantagens e desvantagens do uso de impressoras 3D.....	51
Gráfico 1 – Dados coletados sobre a aplicação do BIM em Palmas.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFT	Universidade Federal do Tocantins
CNI	Confederação Nacional da Indústria
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
AMP	<i>Advanced Manufacturing Partnership</i>
NNMI	<i>National Network for Manufacturing Innovation</i>
FoF	<i>Factories of the Future</i>
PPP	<i>Public-Private Partnership</i>
CPS	<i>Cyber Physical Systems</i>
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Justificativa	11
1.2 Objetivos	11
1.2.1 Objetivo Geral	11
1.2.2 Objetivos Específicos	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1 CONSTRUÇÃO CIVIL	12
2.1.1 A evolução da construção civil.....	12
2.1.2 As Revoluções Industriais e a Construção Civil	13
2.2 A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	14
2.2.1 Princípios da Indústria 4.0.....	15
2.2.2 Pilares da Indústria 4.0	16
2.2.3 Indústria 4.0 no Brasil	17
2.2.4 Impactos na mão-de-obra	19
2.3 INDÚSTRIA 4.0 NA CONSTRUÇÃO CIVIL	21
2.3.1 BIM (Modelagem de Informação da Construção).....	23
2.3.2 Drones.....	23
2.3.3 Impressoras 3D	24
2.3.4 Pesquisas e trabalhos sobre a indústria 4.0 na construção civil.....	25
3 METODOLOGIA	27
3.1 Metodologia de pesquisa	27
3.2 Procedimentos metodológicos	27
3.2.1 Extração de dados.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
4.1 BIM na Construção Civil	31
4.1.1 Processo de implementação.....	33
4.1.2 BIM em Palmas	34
4.2 Drones na Construção Civil	36
4.2.1 Drones em Palmas	40
4.3 Impressoras 3D na Construção Civil	41
4.3.1 Impressoras 3D em Palmas.....	48
5 CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
APÊNDICE A	56

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da História, vários construtores se preocuparam em compreender as tradições dos processos construtivos de forma a lhes darem continuidade ou a romperem com elas e “criarem” novas formas de construir. No século XVIII, figuras como Johan Fischer Von Erlach (1656-1723) ou Johan Joachim Winckelmann (1717-1768), dedicaram esforços ao estudo das formas de construir da Antiguidade Clássica. No século XIX o interesse pelas raízes da arte de construir continuou a aprofundar-se com Auguste Choise (1841-1909) e Josef Durm (1837-1919) sendo alargado aos períodos medievais, em particular ao gótico com obras paradigmáticas como as Robert Willis (1800-1875), Eugène Viollet-le-Duc (1814-1879), Georg Ungewitter (1820-1864) ou Giovanni Milani (1876-1940) (MASCARENHAS, 2016).

É fato que a construção civil do Brasil precisa de uma atualização, no entanto existem dificuldades que distanciam a adoção e difusão de novas tecnologias, sendo a principal o caráter tradicionalista e muitas vezes resistente a essa abordagem (TOLEDO, 2000). Além disso, a implementação de novas tecnologias no ambiente da construção civil tende a modificar a cultura empresarial, pois tem-se a necessidade das empresas disponibilizarem sucessivos treinamentos de equipes e integrar a cadeia de suprimentos (LIMA, SOUZA, 2018).

Contudo, para atender as necessidades humanas e de mercado mundial, a indústria deve ser mais ágil, eficiente e eficaz, diante disso foi criada uma “fábrica inteligente” que tem possibilidade de atender todas as necessidades com o custo baixo e com maior rapidez (SILVA, 2018).

Sobre esse fenômeno de “fábrica inteligente” está o conceito de indústria 4.0, que nada mais é do que uma fábrica que faz produtos inteligentes, em equipamentos inteligentes, em cadeias de abastecimento inteligentes (SILVA, 2018). Haverá comunicação entre os produtos, máquinas e linhas de montagem, além de trabalharem em conjunto e se monitorarem, independente de onde estiverem inseridos, com a troca instantânea de informações (FIRJAN, 2016).

Dentro deste contexto, este trabalho procura contribuir na área da construção civil através da apresentação das vantagens relacionadas à modernização dos processos construtivos por meio da indústria 4.0.

1.1 Justificativa

O propósito da pesquisa em questão é evidenciar as vantagens da introdução de ferramentas da indústria 4.0 na construção civil bem como os obstáculos atrelados à sua implantação. Com a finalidade de justificar esse trabalho, é válido ressaltar que a indústria brasileira carece de muitos avanços tecnológicos e estruturais para acompanhar essa nova revolução.

No Brasil, esse é um conceito desconhecido pela maioria e de acordo com a Confederação Nacional da Indústria (CNI), um entrave para a sua utilização no Brasil é o baixo crescimento desta evolução. Em uma pesquisa feita envolvendo todas as indústrias brasileiras, apenas 48% delas utilizam pelo menos uma tecnologia, em grandes empresas o percentual cresce para 63%, caindo para 25% em pequenas empresas (SILVA, 2018).

Assim, é possível concluir que a falta de conhecimento acerca dessas novas tecnologias, bem como as vantagens associadas à sua utilização é uma problemática que deve ser estudada e desenvolvida mais a fundo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar de que forma a adoção da indústria 4.0 impacta o setor da construção civil do Brasil.

1.2.2 Objetivos Específicos

- 1 - Definir a indústria 4.0 desde a sua origem e caracterizar três tecnologias advindas desta, usadas na construção civil.
- 2 - Avaliar as vantagens e os impactos atrelados à introdução de três ferramentas da indústria 4.0 na construção civil, sendo elas o BIM, os Drones e as Impressoras 3D.
- 3 – Avaliar a difusão do BIM, dos Drones e das Impressoras 3D em construtoras da cidade de Palmas, identificando de que forma essas tecnologias estão sendo utilizadas pelas empresas (caso estejam sendo utilizadas) ou se há alguma previsão para a sua utilização em um futuro próximo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil é o nome dado a todo tipo de construção que de alguma forma interaja com a comunidade, cidade ou população. O termo construção civil é utilizado até hoje, pois antigamente havia duas grandes áreas nas quais a Engenharia era dividida, sendo elas a Civil e a Militar. No entanto com o tempo, tal divisão foi perdendo seu efeito e hoje se entende por Construção Civil tudo o que engloba a participação de engenheiros e arquitetos civis trabalhando de forma conjunta com profissionais de outras áreas do conhecimento (MIKAIL, 2013).

2.1.1 A evolução da construção civil

O primeiro tipo de construção que se multiplicou no Brasil foi o Engenho, que empregava na sua construção paredes de taipa (barro), além de pedra, cal, teto de palha (como o das ocas), sapé ou telhas, piso de terra batida ou assoalho de madeira. No entanto, a urbanização do Brasil teve início graças a um novo ciclo econômico, o da extração do ouro e de pedras preciosas, provocando uma verdadeira “corrida do ouro”, trazendo da Europa diversos arquitetos e engenheiros que passaram a introduzir a metodologia construtiva da Europa no Brasil (PEREIRA, 2007). A partir de então, passou a predominar no Brasil colonial três grupos principais de construções: obras relacionadas com a indústria do açúcar e instalações portuárias; fortalezas militares, quartéis, edifícios públicos e cadeias, e, ainda, obras civis (casas de moradia, casas de comércio, igrejas, armazéns e moinhos) (MOURA, 2012).

De acordo com o autor, no início do século XX surgiu um novo material, o concreto armado, que transformou ou revolucionou a maneira de projetar edifícios. Trata-se do concreto reforçado por uma armadura metálica, responsável por resistir aos esforços de tração, enquanto o concreto em si resiste à compressão, que possibilitou a verticalização das cidades, ou seja, a construção de edifícios cada vez mais altos e com vãos cada vez maiores. Todo esse avanço relacionado aos materiais envolvidos na construção civil implicou em avanços no que diz respeito também aos processos construtivos, até que a Construção Civil evoluísse e chegasse ao ponto do que se tem hoje.

2.1.2 As Revoluções Industriais e a Construção Civil

Antes do surgimento da indústria, tudo era produzido de forma manual, o que propiciava pequenas produções, algo tido como inviável uma vez que a população crescia descontroladamente. Além do mais, a produção rápida e em maior quantidade representava a essência do capitalismo, que tinha como objetivo principal a obtenção de lucro (SAKURAI, 2018).

Como a produção manual não era mais interessante para o regime capitalista, houve, então, a Primeira Revolução Industrial, que segundo Boettcher (2015) ocorreu na Inglaterra no final do século XVIII e início do século XIX, entre 1780 e 1860, se estendendo depois para outros países como França, Bélgica, Holanda, Rússia, Alemanha e Estados Unidos.

De acordo com Sakurai (2018), tal processo de Revolução Industrial ficou conhecido por grandes invenções que, definitivamente, provocaram a evolução do setor construtivo e de transporte. A descoberta do carvão mineral como fonte de energia propiciou não só o surgimento da máquina a vapor e da locomotiva, como também a produção do ferro em escala industrial, por meio de processos conhecidos como pudragem, de laminação e o uso de jato de ar quente. Com isso o ferro passou a ser introduzido na construção civil, que apresentou avanços consideráveis, uma vez que a criação de estradas de ferro, navios e locomotivas a vapor, favoreciam a forma como a matéria-prima chegava à obra, diminuindo os custos e o tempo de transporte.

A Segunda Revolução Industrial (Indústria 2.0) obteve características novas sob a ótica de inovações tecnológicas. O desenvolvimento tecnológico foi intensificado, principalmente nas indústrias metalúrgicas, química, elétrica e farmacêutica; grandes invenções revolucionaram a medicina, a eletricidade, os meios de transporte e as guerras. Além desses setores, a construção civil também sofreu mudanças, principalmente com a descoberta da transformação do ferro em aço (STOODI, 2021).

Segundo Boettcher (2015), na Indústria 2.0 teve início o Fordismo, termo criado por Henry Ford em 1914, que fazia menção aos sistemas de produção em massa, visando racionalizar a produção capitalista por meio de inovações técnicas, onde de um lado acontecia a produção em massa e de outro o consumo em massa.

Com a popularização dos carros Ford e a larga utilização do motor a explosão, o petróleo passou a substituir gradativamente o carvão mineral como fonte de energia amplamente utilizada. Outras fontes de energia também passaram a ser exploradas, como a água e o urânio. O motor a explosão possibilitou o surgimento de transportes mais rápidos e

eficientes, contribuindo para que estradas de ferro apresentassem o maior crescimento do período (DATHEIN, 2003).

Os avanços da Segunda Revolução Industrial dentro da construção civil foram, principalmente, na produção em larga escala do aço, no setor de transportes e na invenção do concreto armado. O relativo e importante crescimento das estradas de ferro viabilizou a expansão da indústria do aço. Quando, em 1856, Henry Bessemer desenvolveu uma técnica para converter o ferro em aço em uma escala industrial, sendo aperfeiçoada posteriormente por Thomas e Guilchrist, em 1878, houve uma diminuição significativa dos custos do processo de produção, trazendo viabilidade econômica para o uso na construção (DIAS, 2001). O desenvolvimento do setor de transportes, com o motor à combustão, assim como na Primeira Revolução Industrial, agiu de forma a diminuir os custos e o tempo de transporte dos materiais de construção. Além disso, quando o concreto armado foi descoberto por Joseph Louis Lambot (1814-1887), que consiste na utilização conjunta de aço e concreto para a construção, houve a possibilidade de se realizar estruturas mais esbeltas e resistentes, uma vez que o concreto resiste bem à compressão e o aço à tração (CARVALHO, 2008).

Segundo Boettcher (2015) a Terceira Revolução Industrial, também conhecida como Revolução Técnico-Científica e Informacional, é caracterizada por meio dos processos de inovação tecnológica, os quais são marcados pelos avanços no campo da informática, robótica, das telecomunicações, dos transportes, da biotecnologia, além da nanotecnologia. Outras características marcantes da Terceira Revolução Industrial (Indústria 3.0) foram o começo do uso da tecnologia e do sistema informático na produção industrial, a utilização de fontes de energias variadas e menos poluentes e a globalização (JÚNIOR, 2000).

Os principais avanços no setor da engenharia civil durante esse período foram a industrialização da produção dos materiais de construção e do processo construtivo e o emprego da computação e da robótica no setor (ACKER, 2002). O emprego da computação na construção teve como resultado uma maior base de dados para o controle da obra, além de projetos com precisão potencializada devido a ajuda de softwares.

2.2 A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

O conceito de Quarta Revolução Industrial, intitulada Indústria 4.0, foi lançado pela primeira vez em 2011, na Alemanha, através da feira de Hannover, tendo como proposta principal a elaboração de uma nova tendência industrial baseada em tecnologia de ponta (FIRJAN, 2016).

O autor também ressalta que com a ascensão dos Tigres asiáticos iniciada na década de 70, os países integrantes do bloco passaram a aumentar sua participação no valor agregado industrial global, uma vez que o custo de produção e a produtividade nesses países eram mais viáveis economicamente do que nos países europeus. Isso fez com que grande parte da produção de bens duráveis e não duráveis migrasse dos países desenvolvidos para os países emergentes do Oriente, resultando em um processo de desindustrialização dos países europeus, que perderam um terço de sua base industrial em 40 anos, segundo o Parlamento Europeu.

A estratégia do governo alemão de lançar uma nova forma de indústria (Indústria 4.0) foi uma resposta a essa migração da indústria de manufatura para os Tigres Asiáticos. Buscando aumentar a produtividade industrial local, foi criado na Alemanha o projeto *High Tech Strategy* em 2006, que contava com altos investimentos em inovação tecnológica, resultando na criação da Indústria 4.0 anos depois (FIRJAN, 2016). De acordo com Siqueira (2017) o fundamento básico da indústria 4.0 é de que ao conectar máquinas, sistemas e ativos, as empresas podem criar redes inteligentes e assim controlar os módulos de produção de maneira autônoma.

Tendo em vista as várias possibilidades de desenvolvimento e rendimento atreladas à indústria 4.0 criada na Alemanha, vários outros países criaram projetos semelhantes, como o *Advanced Manufacturing Partnership* (AMP) e o *National Network for Manufacturing Innovation* (NNMI) nos Estados Unidos; o *Made in China 2025*, na China; o *The Industry of the Future*, na França; o *Factories of the Future* (FoF) e o *Public-Private Partnership* (PPP), na Europa (FIRJAN, 2016).

2.2.1 Princípios da Indústria 4.0

Segundo Firjan (2016), a indústria 4.0, como sugere o estudo alemão da *Technische Universit Dortmund*, além dos componentes-chave, apresentam seis requisitos para a sua implementação, sendo eles:

- **Interoperabilidade**, que é a capacidade dos sistemas cyber-físicos (suportes de peças, postos de reunião e produtos), humanos e das fábricas inteligentes comunicar-se uns com os outros através de redes;
- **Virtualização**, que possibilita que dados obtidos dos CPS (*Cyber Physical Systems*) nos produtos e equipamentos físicos sejam transmitidos aos modelos virtuais e em simulações, espelhando comportamentos reais no ambiente virtual;

- **Descentralização dos controles dos processos executivos**, que possibilita que as decisões sejam feitas pelo sistema cyber-físico, como forma de atender, em tempo real, as necessidades de produção;
- **Orientação a Serviços**, que é a utilização de arquiteturas e de softwares orientadas a serviços aliado ao conceito de Internet das coisas (*Internet of Services*);
- **Adaptação da produção em tempo real**, uma vez que os dados serão analisados exatamente no instante em que são coletados, permitindo que a produção seja alterada ou transmitida para outros silos em caso de falhas ou mesmo na produção de bens customizados;
- **Modularidade**, que torna as fábricas mais flexíveis e adaptáveis às alterações necessárias com a utilização de sistemas modulares dos equipamentos e linhas de produção.

2.2.2 Pilares da Indústria 4.0

Para o desenvolvimento de um modelo padrão de indústria inteligente, é imprescindível a existência de alguns pontos importantes, como a capacidade de adaptação, a melhoria e a eficiência dos recursos e conexões de todos os envolvidos, que vai desde o processo de criação de valor até a aplicação estratégica. Assim, para chegar a esse objetivo, a indústria 4.0 tem sua base tecnológica formada, principalmente, por sistemas cibernéticos, Internet das Coisas, *Big Data*, Computação em Nuvem e *Machine Learning*. A combinação dessas tecnologias tem como objetivo tornar as etapas de produção mais eficazes e autônomas (SILVA, 2018).

Os *Cyber Physical Systems*, segundo Firjan (2018), são sistemas que permitem a fusão dos mundos físico e virtual, por meio de computadores embarcados e redes que controlam os processos físicos gerando respostas instantâneas. Estes CPS são compostos por uma unidade de controle, que comanda os sensores e atuadores (responsáveis por essa interação com o mundo físico), tecnologias de identificação (como a identificação por radiofrequência, por exemplo), mecanismos de armazenamento e análise de dados.

A *Internet of Things*, ou Internet das Coisas, permite a integração, através de sensores, de objetos conectados à internet, passando a realizar ações sozinhos (CNI, 2018). Segundo Firjan (2016), a Internet das Coisas permite que as “coisas” interajam umas com as outras e que tomadas de decisão sejam feitas. A Internet das coisas é tida como a base da Indústria 4.0.

O conceito de *Big Data* representa a vasta quantidade de informação que é gerada diariamente através dos diversos dispositivos eletrônicos e o tratamento analítico dessa informação através de diversas ferramentas tecnológicas, com o objetivo de se obter padrões,

correlações e percepções que podem auxiliar em tomadas de decisões nas mais diversas áreas (GALDINO, 2016). O *Big Date* irá produzir uma mudança sensível na forma como a manufatura lida com o consumidor (MATA, 2017).

A Computação em Nuvem (*Cloud Computing*), mais um dos itens da base tecnológica da indústria 4.0, é o fornecimento de serviços de computação, incluindo servidores, armazenamento, banco de dados, rede, software, análise e inteligência, pela internet (“nuvem”) para oferecer inovações mais rápidas, além de recursos flexíveis e economias de escala (MICROSOFT, 2019).

O último item da base tecnológica é o *Machine Learning* (aprendizado de máquina), que de acordo a IBM (*International Business Machines*), é definido como a tecnologia em que os computadores têm a capacidade de aprender de acordo com as respostas esperadas por meio de associações de diferentes dados, podendo ser imagens, números e tudo que essa tecnologia possa identificar.

2.2.3 Indústria 4.0 no Brasil

As indústrias brasileiras atualmente se encontram no patamar de Indústria 2.0. Quando os índices de exportação do Brasil são comparados ao da Alemanha (país em que as indústrias já estão em processo de adequação ao patamar da indústria 4.0), a diferença é visível (YAMADA, 2018).

Segundo a CNI (2016), para o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil, existem desafios que vão desde os investimentos em equipamentos que incorporem essas tecnologias, à adaptação de layouts, adaptação de processos e das formas de relacionamento entre empresas ao longo da cadeia produtiva, criação de novas especialidades e desenvolvimento de competências, entre outras. O cruzamento de informações que permite conectar o pedido de compra, a produção e a distribuição de maneira autônoma, sem a necessidade de pessoas tomarem decisões a todo o momento, por exemplo, exigirá novas formas de gestão e engenharia em toda a cadeia produtiva.

Diversas consultorias têm feito estimativas dos impactos que o avanço da digitalização da economia poderá ter sobre a economia do País. É estimado, por exemplo, de acordo com a Accenture, que a implementação das tecnologias ligadas à Internet das Coisas nos mais variados setores da economia deverá impactar o PIB brasileiro em aproximadamente US\$ 39 bilhões, podendo chegar a US\$ 210 bilhões de dólares até 2030, se o país criar condições para acelerar a absorção das tecnologias relacionadas, o que depende de melhorias não só no

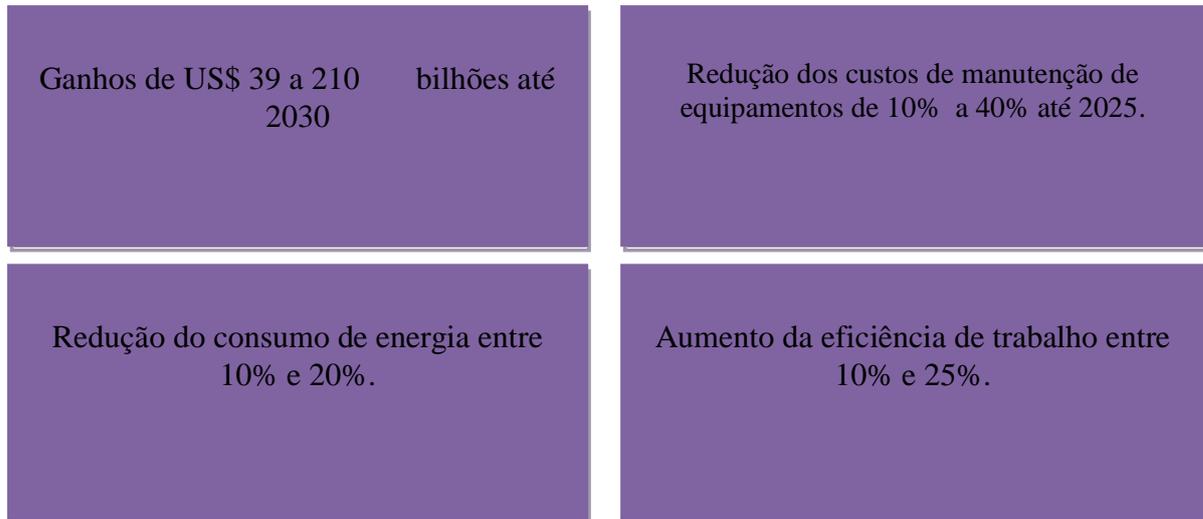
ambiente de negócios, como também na infraestrutura, programas de difusão tecnológica, aperfeiçoamento regulatório etc. (CNI, 2016).

Segundo a McKinsey, empresa de consultoria americana, a estimativa é que até 2025 os processos relacionados à indústria 4.0 poderão reduzir custos de manutenção de equipamentos entre 10% e 40%, reduzir o consumo de energia entre 10% e 20% e aumentar a eficiência do trabalho entre 10% e 25% (CNI, 2016).

A inclusão de novas tecnologias como estratégia para o desenvolvimento das indústrias brasileiras, como ressalva Yamada (2018), será primordial para garantir que o Brasil tenha competitividade e aumente a participação no mercado mundial. O fato de o Brasil se encontrar no patamar de Indústria 2.0 não o impede de avançar, pois, segundo Ferreira (2017), algumas etapas podem ser puladas e a migração para a indústria 4.0 pode ocorrer de forma direta. No entanto, como o próprio autor afirma, os riscos são imensos. A capacitação da mão de obra e sua habilitação para atender às demandas dessa nova indústria é o primeiro passo a se seguir. Além disso, é necessária a criação de novos mecanismos regulatórios para que essa indústria possa se desenvolver.

Com a Quarta Revolução Industrial, a mão de obra fabril irá sofrer uma drástica mudança, como a diminuição dos trabalhos repetitivos, que requerem um nível baixo de treinamento, e o aumento dos trabalhos especializados, que requerem mais treinamento. Estima-se que até o ano de 2030, cerca de 15,7 milhões de postos de trabalho sejam afetados, indicando uma alta demanda e falta de trabalhadores qualificados, representando um grande problema relacionado à falta de mão de obra especializada (FIRJAN, 2016).

Figura 1 – Previsão de impactos referentes à implantação da indústria 4.0



Fonte: Autoria própria

2.2.4 Impactos na mão-de-obra

Além de seus impactos geopolíticos e ambientais, as revoluções tecnológicas influenciaram, também, a paisagem social, mudando as habilidades necessárias para ser considerado bem-sucedido. Desde a primeira revolução industrial, houve uma mudança gradual na definição de trabalho. A primeira onda de mudança foi no artesanato. Enquanto os artesãos adquiriam suas habilidades de produção durante um longo período de aprendizagem, eles eram responsáveis por todos os processos do início ao fim da produção, desde o descoberta de matéria-prima, compra, formação de aprendizes e jornaleiros, até o marketing e venda do produto final (ALPER, 2020).

Junto com o processo de industrialização vivenciado com o desenvolvimento da tecnologia, o artesanato perdeu lugar para os trabalhadores de forma mais ampla, adaptados a um novo processo de produção com divisão técnica do trabalho. O planejamento e a execução da obra foram separados pelo método taylorista, no qual a habilidade mental se dissociou da força bruta. Embora tenha transformado os trabalhadores em extensões de máquinas, o estilo de produção fordista foi desenvolvido uma vez que os métodos tayloristas levavam os trabalhadores a perder tempo com o deslocamento entre as máquinas. No estilo de produção fordista, máquinas e trabalhadores foram realocados para minimizar a perda de tempo (ANDERSON, 2012).

A melhoria da tecnologia foi incluída nos processos de produção junto com o pós-fordismo, e houve um aumento nas qualificações exigidas no trabalho de força bruta. Com a

revolução da Indústria 4.0, houve um aumento sem precedentes no quesito qualificações exigidas dos funcionários (DÜZKAYA, 2016).

De acordo com McAfee (2014), existem três principais mecanismos para explicar o desemprego tecnológico: demanda inelástica, mudança rápida e desemprego severo. Se a tecnologia leva a um uso mais eficiente da força de trabalho, não há a necessidade de reduzir a demanda por força de trabalho, pois a redução de custos de produção também diminuiria os preços dos produtos e produtos baratos tendem a ter uma maior procura, levando, conseqüentemente, a um aumento na demanda por força de trabalho. A condição de este ciclo ser ou não experimentado na vida real é que a demanda é elástica. No entanto, a demanda por alguns bens e serviços não é elástico. Portanto, preços mais baixos nem sempre aumentam a procura por determinado produto. Não apenas certas categorias de produtos, mas também certos setores da economia como um todo, podem enfrentar demanda inelástica.

O emprego diminuiu à medida que a produtividade aumentou ao longo do tempo no setor agrícola e nos setores de manufatura, por exemplo. A diminuição dos preços e o aumento da qualidade dos produtos não levaram a um aumento significativo na demanda para compensar as melhorias em produtividade (KEYNES, 2018).

De acordo com Keynes (2018), a segunda explicação, a saber, é mudança rápida e adaptação inadequada. Se um tipo de negócio deixa de existir devido à tecnologia ou à necessidade de uma habilidade específica, esta categoria de trabalho está completamente finalizada, e seus trabalhadores precisam adquirir novas habilidades ou encontrar novos empregos. Adquirir novas habilidades é um processo que demanda tempo, e esses trabalhadores podem ficar desempregados durante esse período.

O terceiro argumento sobre o desemprego tecnológico está intimamente associado com a adaptação inadequada. Existe um nível de salários mais baixo que as pessoas ganhariam com seus esforços. Esse é um fator que pode levar ao desemprego em um nível mínimo. Se o empregador e o empregado não conseguirem encontrar uma área lucrativa que requer o conhecimento e as habilidades desse trabalhador, o trabalhador pode estar desempregado por período indeterminado (ALPER, 2020).

De acordo com Leonhard (2018), o próximo conflito entre a humanidade e a máquina seria intensificada e exponencialmente aumentada por meio do sistema integrado. À luz dessas mudanças, uma coisa é certa: as novas tecnologias irão dramaticamente mudar a natureza do trabalho em todos os setores e profissões. A principal incerteza envolve até que ponto a automação substituiria a força de trabalho.

A indústria 4.0 vem revolucionando o mercado e por isso é de extrema importância que profissionais busquem a qualificação, tendendo a expandir seus currículos, tendo em vista que algumas profissões irão sumir, possivelmente, do mercado, por isso buscar a migração e alocação de competências para outros setores se torna uma opção viável (MATA, 2018).

2.3 INDÚSTRIA 4.0 NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Tendo em vista os aspectos tecnológicos, os processos construtivos podem ser classificados em três grupos: tradicional, convencional e industrializado. O processo tradicional é baseado no modelo artesanal, na medida em que o processo convencional trata da divisão de trabalho e a mecanização parcial, enquanto no processo industrializado a mecanização é total (SILVA, 2018).

Em princípio, a industrialização da construção surge da necessidade da integração. Constantemente é notado que a construção funciona de forma dissociada, com as fases interagindo sem muita coordenação entre si, existindo incompreensões entre essas fases, falta de informações, mal-entendidos, tudo colaborando para que ocorra perda de tempo, erros e repetições. Esta é uma situação incompatível com qualquer processo de industrialização (RIBEIRO, 2003).

Isso gera um problema de produtividade, que na construção civil é histórico, uma vez que seu crescimento nas últimas duas décadas foi de apenas 1% ao ano, enquanto a produtividade global e das manufaturas cresceram 2,8% e 3,6%, respectivamente (HOUSTON, 2017). Tal disparidade de produtividade acarreta uma discrepância de cerca de 1,63 trilhões de dólares em relação à produtividade global, equivalente a aproximadamente 2% da economia do globo (SHANGHAI, 2017).

Contudo, de acordo com Shanghai, a construção civil pode ser dividida em dois grandes eixos: o eixo de construções pesadas (infraestrutura e comercial); e o eixo de construção residencial. O eixo de construção pesada tem produtividade variando entre 20% e 40% maior que o eixo da construção residencial.

Segundo Portugal (2016), a indústria 4.0, sob esse aspecto, tende a tornar a integração e a digitalização como o centro das pesquisas de novas tecnologias, oferecendo benefícios a empresas de grande a pequeno porte, como a redução de falhas, o aumento de eficiência e de produtividade. A inovação e as abordagens para a automação da construção ainda estão em sua fase inicial, não sendo totalmente empregadas, uma vez que os aspectos técnicos das tecnologias disponíveis ainda estão sendo investigados, embora algumas dessas tecnologias já

tenham atingido a maturidade, como o BIM, a computação em nuvem, a computação móvel e a modularização (OESTERREICH, 2016).

O fato de os projetos de construção estarem se tornando cada vez mais complexos, apesar da estabilidade do mercado construtivo nas últimas cinco décadas, requer a indústria 4.0 como uma solução para um novo modelo de negócios (ALALOUL, 2018). Isso ocorre porque, atualmente, a construção civil tem um dos menores investimentos de capital quando comparado a outros setores, como o de produtos manufaturados, por exemplo, apesar de ser um importante contribuinte para o emprego e a economia de muitos países (HAMPSON, 2014).

A cadeia de abastecimento fragmentada da indústria da construção, que inclui pequenas e médias empresas, limita a capacidade de investimento em tecnologias inovadoras (DALASEGA, 2018). Outra razão por trás da lenta adoção de novas tecnologias, por exemplo, é a imensa lacuna existente entre a indústria da construção civil e a indústria da manufatura, embora ambas sejam categorizadas no mesmo grupo e trabalhem juntas (ALALOUL, 2018). Nesse sentido, a indisponibilidade de uma estratégia de mudança do processo construtivo e de implementação, contribui para a lenta adoção da referida indústria 4.0.

No entanto, com a digitalização, o armazenamento de informações se realoca do meio físico para o meio digital, com o compartilhamento instantâneo de informações, o que resulta em maior transparência, integração, avaliação de progresso e risco e controle de qualidade. Conseqüentemente, resultados melhores e mais confiáveis são alcançados, o que permite um progresso significativo em um dos pontos mais fracos da construção civil: a produtividade (RIBEIRO, 2019).

Quanto aos softwares de maior importância, aqueles que têm maior aceitação no meio empresarial são os que utilizam a plataforma BIM (*Building Information Modeling*). Nessa plataforma, há a possibilidade de integração dos projetos de uma construção, como, por exemplo, o arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico, potencializando a assertividade e conseqüentemente a produtividade da obra (SILVA, 2018).

Além desses softwares, existem novas tecnologias sendo implementadas, que incorporam os conceitos advindos da Indústria 4.0, como: impressoras 3D; Drones ou veículos aéreos não tripulados; equipamentos como tablets para acompanhamento remoto da obra em tempo real; medidores capazes de transformar as medições de campo em plantas e maquetes 3D; além de equipamentos robotizados (RIBEIRO, 2019).

2.3.1 BIM (Modelagem de Informação da Construção)

São vários os projetos essenciais para a realização de uma obra, como: elétrico, estrutural, arquitetônico, hidrossanitário, geotécnico, fundação, combate a incêndio etc. Esses projetos eram desenvolvidos em softwares específicos, sem comunicação entre si, o que gerava, em muitos casos, incompatibilidade, erros de execução e perda de produtividade de forma sequencial. Com o objetivo de sanar essa problemática, foi desenvolvida a plataforma BIM (*Building Information Management*), que nada mais é do que um conjunto de programas que abordam a extensão IFC para se tornarem compatíveis. Tal plataforma segue um princípio fundamental da Indústria 4.0, que é o de interoperabilidade com suposta digitalização e integração dos dados, uma vez que um projeto poderá ser aberto em programas diferentes (RIBEIRO, 2019)

Além do BIM, algumas outras inovações tecnológicas ganharam mais visibilidade e passaram a ser discutidas no ambiente acadêmico, sendo elas as impressoras 3D, Drones para gerenciamento de obras, tablet para execução e controle de obras, equipamentos robotizados para serem utilizados dentro do canteiro de obras, *Roff it* (software de auxílio ao projeto de cobertura) e *Tripod Archi* (aparelhos medidores que conseguem transformar as medições em plantas e maquetes 3D). No espaço da gestão de obras, existem ferramentas como *Construct*, que tem por objetivo o ganho de produtividade no canteiro de obras através do acompanhamento, em tempo real, das atividades (SILVA, 2018).

2.3.2 Drones

Inicialmente utilizados para fins militares, os Drones (Veículos Aéreos Não Tripulados) são aeronaves capazes de voar sem a presença de um piloto a bordo. O controle de Drones é realizado de forma remota por ondas de rádio ou autonomamente (com uma rota independente). Esses equipamentos não apresentam um padrão de tamanhos ou um tipo específico de controle, isso pode variar de acordo com os veículos. Eles geralmente são equipados com acessórios usados para vigilância e monitoramento, na forma de cabeça optoeletrônica. Dentre as principais vantagens em utilizá-los, está o fato de que eles não precisam de nenhuma infraestrutura para registrar e monitorar rapidamente uma área designada ou objeto. Uma vantagem significativa é o tempo extremamente curto de comissionamento e preparação da unidade para um voo. (MCGEER, 2011).

O principal atrativo desses objetos voadores é alcançar lugares que os olhos humanos geralmente não chegam, fornecendo imagens de alta definição. Na prática, a tecnologia viabiliza mapeamento e monitoramentos mais eficientes, com menos esforços por parte dos humanos e maior segurança aos trabalhadores (NAKAMURA, 2019).

No entanto, a utilização desse equipamento tem suas desvantagens, tais como: tempo de voo condicionado à capacidade de sua bateria, bem como a capacidade de transporte limitada ao seu pequeno tamanho (em caso de Drones não militares); perigo de cair de uma grande altura devido a uma descarga na bateria, condições climáticas ou bater em um obstáculo etc. Esses riscos podem ser previstos e evitados, uma vez que o status da bateria e outros dados de telemetria podem ser conferidos remotamente (MELO, 2015).

No Brasil, as atividades de voo comercial tem regulamentação monitorada pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Segundo a Lei 11.182/2005, a operação comercial de uso de veículos aéreos não tripulados está pendente, permitindo apenas o uso experimental para fins de pesquisa, desenvolvimento, levantamento de mercado, treinamento de pilotos e outras demandas específicas e autorizadas pela ANAC.

De uma forma geral, todo Drone possui sistema de comunicação, controlador de voo, hélices acopladas, dispositivos controladores de velocidade dos motores, baterias e sensores para informar o nível de inclinação do Drone, pois é através dessa inclinação que ele acelera ou desacelera cada motor, de forma individual, para mantê-lo nivelado (NASCIMENTO, 2018). Um quadricóptero pode realizar um total de quatro movimentos básicos, sendo eles a arfagem (subir o bico do veículo aéreo), guinada (mudança de direção para um dos bordos), rolagem (movimento ao redor de seu eixo longitudinal) e altitude (subida em ângulo de noventa graus com o solo). Essas informações são transmitidas a um controlador de voo por meio do sistema de comunicação que interpreta a informação e comunica aos controladores de velocidade dos motores a potência necessária que cada um deve receber, fazendo, dessa forma, o controle de rotação de maneira assertiva e individual de cada motor acoplado. Esse é o conjunto de elementos que forma a base de composição de qualquer veículo aéreo não tripulado (PAULA, 2012).

2.3.3 Impressoras 3D

A primeira versão de impressora 3D foi criada em 1984 por Chuck Hull no estado da Califórnia, nos Estados Unidos, e se baseava em estereolitografia, um tipo de tecnologia que solidifica resinas por luz ultravioleta. Inicialmente, o objetivo principal era a agilização da

prototipagem de produtos desenvolvidos em escala industrial. No entanto, foi só a partir da década de 2000 que a prática de impressão 3D passou a ganhar mais força. Esse tipo de impressão está na lista das tecnologias com maior capacidade de transformar a indústria em geral, principalmente a da construção, permitindo, por exemplo, montagens 70% mais ágeis, reduzindo bastante a jornada de trabalho e os consequentes investimentos financeiros (MOBUSS, 2019).

A impressão 3D, na prática, é uma forma de tecnologia de fabricação aditiva em que um modelo em três dimensões de um objeto é desenvolvido por uma série de camadas sobrepostas, ordenadas de acordo com a programação de um software (SANTANA, 2019). O primeiro passo da criação é o desenvolvimento do modelo em 3D do objeto em algum software de edição de computador. Em seguida, é preciso enviá-lo para o software da impressora para definir-se as dimensões e a resolução da imagem, que é medida pela espessura das camadas sobrepostas. Quanto menor é essa espessura, melhor é a qualidade do objeto, porém maior tempo será necessário para a impressão (PORTO, 2016).

Segundo Raulino (2011), o software da impressora se encarrega de examinar o modelo do objeto e determinar de que forma ele será impresso utilizando a menor quantidade de material e tempo possíveis. Por exemplo, para a impressão do busto de uma pessoa, o software calcula a menor largura necessária para as paredes externas da cabeça, a fim de garantir força suficiente. Após definir as configurações principais, o software de impressão compila dados e divide o objeto em camadas horizontais. Cada uma dessas camadas é um conjunto de comandos para que a cabeça da impressora se movimente nas direções “x” e “y”, enquanto estiver extrudando o material ou projetando o laser no pó ou na resina. Ao se movimentar pela área de impressão, a cabeça da impressora traça a “fatia” do objeto, de forma que o software diminui a distância a ser percorrida.

2.3.4 Pesquisas e trabalhos sobre a indústria 4.0 na construção civil

A indústria 4.0 na construção civil é um assunto que tem sido objeto de estudo de diversos autores, pesquisadores e estudiosos do eixo da construção civil. A Confederação Nacional da Indústria (CNI), por exemplo, apresenta uma série de trabalhos nos quais dados estatísticos são disponibilizados sobre o processo de integração das tecnologias advindas da indústria 4.0 no Brasil e seus impactos. Um desses trabalhos, intitulado como “Desafios para a Indústria 4.0 no Brasil (2016)”, apresenta dados e estimativas relevantes para o contexto, como o fato de que processos relacionados à indústria 4.0 poderão reduzir custos de

manutenção de equipamentos entre 10% e 40%, reduzir o consumo de energia entre 10% e 20% e aumentar a eficiência do trabalho entre 10% e 25%.

Além da CNI, há também uma importante organização privada sem fins lucrativos, conhecida como Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN), que apresenta um trabalho publicado em 2016, intitulado como “Panorama da Inovação: Indústria 4.0 (2016)”, no qual descreve as tecnologias advindas da indústria 4.0 bem como a história do seu processo de criação.

Outra importante organização que corroborou com a base de dados utilizadas no presente trabalho é a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). Além desses, outros importantes artigos publicados e fundamentais para a concepção do presente trabalho foram: Impactos da Indústria 4.0 na construção civil brasileira, de Alice Duarte da Silva; Indústria 4.0: a Revolução 4.0 e o Impacto na Mão de Obra, de Vanessa da Silva Mata, entre outros trabalhos relacionados às palavras-chave: Indústria 4.0; Construção Civil; Ferramentas da Indústria 4.0; BIM; Drones; e Impressoras 3D.

3 METODOLOGIA

3.1 Metodologia de pesquisa

O método de pesquisa do trabalho pode ser classificado como dedutivo, uma vez que o estudo da introdução de tecnologias advindas da indústria 4.0 na construção civil do Brasil tem por base a consulta de bibliografias consagradas como artigos científicos, teses e dissertações redigidas por estudiosos da área ou órgãos governamentais, como a Confederação Nacional da Indústria (CNI), a Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e a Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN), além da análise de dados estatísticos disponibilizados por governos e empresas de consultoria.

- a) Sob o ponto de vista de sua natureza

Quanto à natureza da pesquisa, esta pode ser classificada como básica, uma vez que o trabalho é focado na melhoria de teorias científicas para a melhoria da predição ou compreensão.

- b) Sob o ponto de vista da forma de abordagem do tema

Quanto à abordagem do tema, esta pode ser definida como qualitativa, uma vez que se trata de um processo descritivo.

- c) Sob o ponto de vista de seus objetivos

Do ponto de vista dos objetivos, o trabalho pode ser classificado como exploratório, uma vez que foi trabalhado o tema de modo a proporcionar maior familiaridade com o problema, através de levantamentos bibliográficos e entrevistas.

3.2 Procedimentos metodológicos

Para a elaboração adequada do trabalho, de modo que o mesmo possa ser classificado como acadêmico-científico foi feita uma extensa pesquisa em bibliografias consagradas e especializadas nas áreas de indústria 4.0 e construção civil no Brasil.

Conforme disposto nos objetivos especificados no primeiro capítulo, o trabalho se propôs a definir a indústria 4.0 desde o seu surgimento, com a caracterização de sua

tecnologia, além do estudo dos impactos e das vantagens atreladas à sua introdução na construção civil do Brasil, bem como a utilização de ferramentas provenientes da mesma em construtoras da cidade de Palmas.

São cinco as etapas para a elaboração da revisão da literatura do trabalho em questão: a primeira etapa é a definição da pergunta de pesquisa; a segunda etapa é a determinação dos critérios de inclusão de estudos e seleção de amostras; a terceira etapa trata de levantar dados pertinentes para a execução do trabalho; a quarta etapa é a análise dos dados, extraíndo as informações necessárias para a discussão; a quinta etapa é a retratação e discussão dos resultados obtidos. Para a identificação e seleção dos estudos para a pesquisa, a busca foi realizada na base de dados do *ScienceDirect*, *Google School*, *Scielo* e *World Wide Science*, assim como em jornais internacionais de renome, a exemplo da *BBC News* e do *The New York Times*.

Para a primeira etapa, a pergunta de pesquisa a princípio foi “O que é a indústria 4.0?”, buscando entender os conceitos por trás da Quarta Revolução Industrial. Em seguida, a pergunta a ser feita foi: “Qual é a influência da Quarta Revolução Industrial na Construção Civil?”, procurando entender os seus efeitos neste setor da Engenharia Civil. A partir dessas duas perguntas, foi possível dar início ao projeto de pesquisa, utilizando as bases de dados já mencionadas.

Na segunda etapa, foram definidos os critérios adotados para a pesquisa. Foram abordados os temas nos quais a indústria 4.0 impacta na construção civil como: a padronização da construção, a mão de obra, o orçamento e o cronograma, além dos custos. Por se tratar de uma revolução de certa forma recente, os dados buscados também são recentes e muitas das tecnologias ainda estão em processo de desenvolvimento. Por isso, os dados utilizados em sua maioria têm como base previsões e pesquisas de mercado, indicando uma precisão um pouco mais baixa. Como a Indústria 4.0 apresenta uma ampla variedade de tecnologias, foram identificadas três ferramentas que já são utilizadas na Construção Civil de outros países, para que a abordagem sobre o tema tenha mais foco e seja feita de forma mais precisa.

As três tecnologias advindas da indústria 4.0 que foram abordadas de forma mais incisiva foram as impressoras 3D, os Drones e o BIM (Building Information Modeling), devido ao fato de que duas delas (Drones e BIM) já estão em processo de difusão no Brasil, visto que o próprio BIM possui um Decreto Presidencial que o estabelece como sendo obrigatório nos projetos de construções brasileiras a partir deste ano de 2021 (INBEC, 2018).

Ao final de cada tópico que fala sobre as tecnologias foram expostas tabelas com as vantagens e desvantagens de cada ferramenta, com o intuito de apresentar uma melhor visão comparativa acerca dos pontos positivos e dos pontos negativos de cada ferramenta.

Quanto à utilização dessas ferramentas por construtoras localizadas em Palmas, os resultados do levantamento feito, por meio de um questionário (Apêndice A) encaminhado para as empresas, foram abordados no último tópico referente a cada uma das tecnologias – BIM, Drones e Impressoras 3D - mencionadas.

3.2.1 Extração de dados

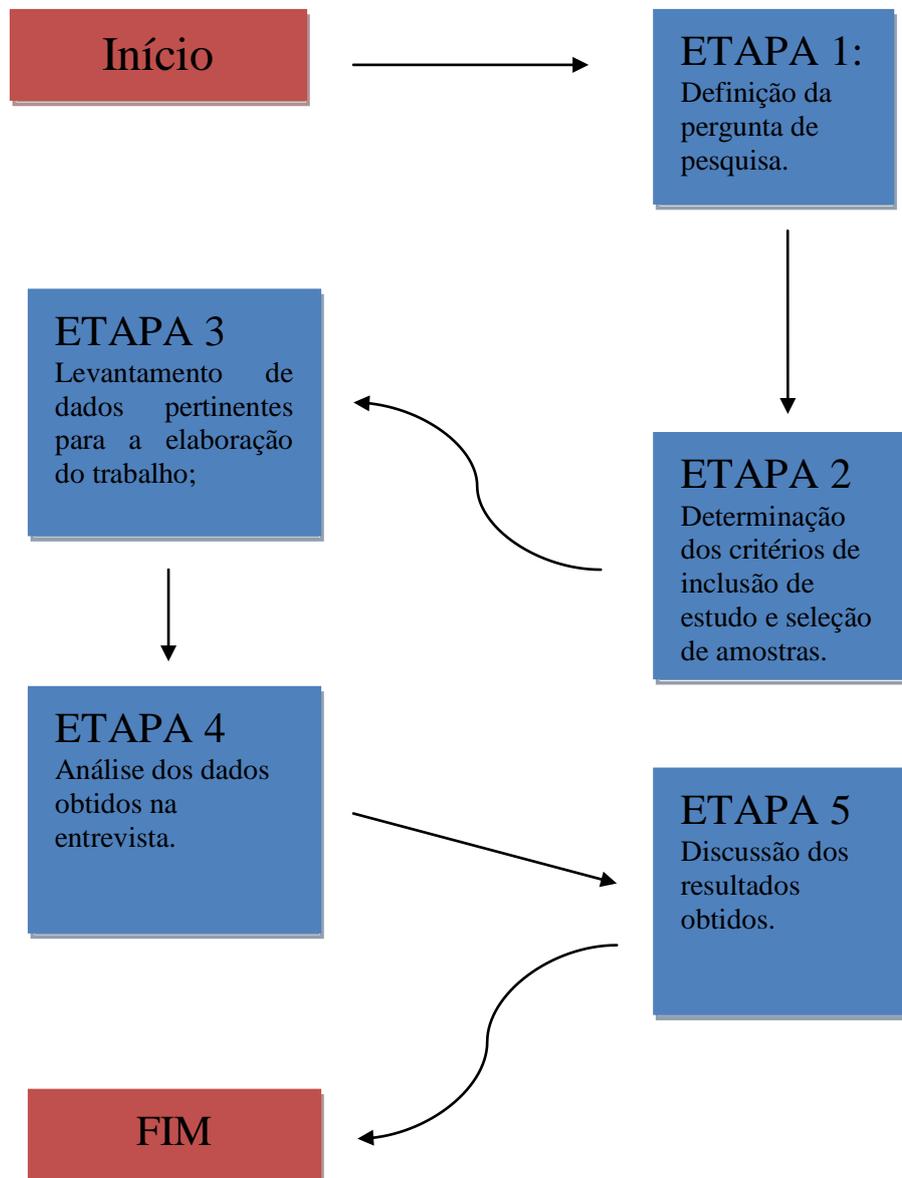
Para que um estudo fosse escolhido para revisão posterior, ele precisava atender a alguns requisitos, como:

- Foco na indústria da construção civil;
- Lidar com questões relativas à adoção de tecnologia provenientes da Indústria 4.0;
- Discutir as tendências, oportunidades e desafios da Indústria 4.0 para a indústria da construção;
- Discutir as abordagens inovadoras para o gerenciamento de processos operacionais da Indústria 4.0 para a indústria da construção;
- Escrito em inglês ou português;

As publicações foram excluídas se os seguintes critérios fossem verificados:

- Focando na especificação e descrição de uma condição particular, por exemplo, “Indústria 4.0 para a indústria da construção em economia circular” ou “manufatura inteligente”;
- Foco em tecnologia específica diferente das três principais (Drones, Impressoras 3D e BIM), por exemplo, "medição inteligente", "aplicação de medição" e “Detecção do comportamento humano”;
- Escrito em um idioma diferente do inglês ou português;

Figura 4 – Fluxograma das etapas do trabalho



Fonte: Autoria própria

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente capítulo trata das discussões e resultados acerca de três tecnologias advindas da indústria 4.0 que são empregadas na construção civil, baseando-se em análises recentes de consultorias e estudos feitos por órgãos governamentais, bem como artigos correlatos às ferramentas da Indústria 4.0 na construção civil, além de levantamento de dados feito na cidade de Palmas.

4.1 BIM na Construção Civil

Considerado não apenas uma tecnologia, mas uma ferramenta de gerenciamento de projetos, o BIM consiste em todos os aspectos, disciplinas e sistemas de instalação dentro de um modelo, segundo o qual todas as partes interessadas (proprietários, engenheiros, arquitetos, contratados, subcontratados e fornecedores) podem colaborar com mais precisão e eficiência do que nos métodos tradicionais (SUCCAR, 2009).

Construtoras com foco em projetos de Infraestrutura adotaram o BIM como uma alternativa valiosa para projetos complexos, para minimizar problemas comumente encontrados na fase de concepção e construção. Mesmo que o BIM tenha expandido sua funcionalidade de forma contínua na Indústria da Construção desde a sua criação, em 1970, ele ainda não foi totalmente explorado, mesmo em contextos importantes (LONDRES, 2010).

O BIM pode ser usado para criar e gerenciar informações geoespaciais, como representação da rede de transporte, logística local, equipamentos e planejamento de uso de material, programação de projeto, monitoramento do andamento do trabalho, inspeção de construção e garantia de qualidade. Uma vez que o modelo BIM armazena todas as informações sobre os requisitos de construção que podem ser integrados ao projeto, ele auxilia na gestão de fluxo de caixa, segurança e no controle local onde as simulações podem demonstrar riscos à segurança das edificações (CHONG, 2016).

De acordo com Sacks (2018), o modelo 3D BIM é uma representação da construção através de parâmetros paramétricos baseados em objetos de modelagem. Em outras palavras, os elementos são compostos por mais do que apenas a geometria espacial, mas também por parâmetros, requisitos, informações não geométricas, um conjunto de relação e regras para controlar os parâmetros, que podem ser alterados de forma prática e automática. O modelo 3D BIM pode melhorar a produtividade e a compreensão abrangente das partes interessadas no projeto, no entanto, é válido ressaltar que nem todo modelo 3D é um modelo BIM. Por

exemplo, existem muitos softwares 2D que simulam o modelo 3D, contudo os objetos não são paramétricos; logo, não é possível manipular este modelo para outros objetivos, como estimativa de custos ou simulação de cenários.

O modelo 4D BIM é uma combinação do modelo 3D com o agendamento, para representar o cronograma da construção a ser seguido, com todas as atividades e sua duração, e o planejamento da obra. Portanto, o modelo 4D permite determinar o prazo e o monitoramento da produção, através do controle de progresso da construção (SUZUKI, 2015).

Dessa forma, com o uso da plataforma, além de serem evitados erros de compatibilidade, haverá otimização dos prazos, aferindo maior segurança para os projetos, possibilitando planejamento e controle de obra mais precisos, aumento de produtividade, economia dos recursos direcionados à obra e diminuição de custos e riscos (CE-BIM, 2018).

Sendo assim, a tabela 1 traz uma síntese das vantagens e desvantagens atreladas à aplicação do BIM nas empresas.

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens da aplicação do BIM

TIPO	VANTAGENS	DESVANTAGENS	USOS
Drones de multi-rotor	1) Acessibilidade; 2) Simples utilização; 3) Voo estático; 4) Operação em lugares confinados;	1) Voos curtos; 2) Baixa autonomia; 3) Baixa capacidade de carga;	1) Fotos aéreas; 2) Filmagens; 3) Entretenimento; 4) Uso pessoal;
Drones de asa fixa	1) Voos longos; 2) Grande autonomia; 3) Voos em alta velocidade; 4) Uso de sensores e câmeras robustos; 5) Suportam maior quantidade de carga;	1) Maior complexidade; 2) Exigem treinamento; 3) Alto custo;	1) Mapeamento aéreo; 2) Sensoriamento; 3) Fotos aéreas; 4) Inspeções;

Fonte: Autoria própria

4.1.1 Processo de implementação

No Brasil, as construtoras buscam a melhor estratégia para a adoção do BIM em seus processos. Os principais obstáculos estão associados à necessidade de mudança da cultura do trabalho, a escassez de compreensão das partes interessadas, a falta de conhecimento sobre os processos e fluxos de trabalho, e o alto investimento em treinamento necessário para aprender as habilidades BIM (MAHALINGAM, 2015).

A adoção do BIM é um caminho longo e depende de muitos aspectos, tais como metodologia adequada, disponibilidade de tecnologia e políticas da indústria (AKINTOLA, 2017). De acordo com Abaurre (2011), existem vários projetos e questões de processo de trabalho inerentes à cadeia produtiva da engenharia civil brasileira, podendo impactar a adoção do BIM nas empresas do país. Em 2017, o Governo Federal criou um comitê estratégico dedicado à adoção do BIM, conhecido como CE-BIM, para difundir seu uso no setor da construção por meio de modernização e transformação digital. Baseado em um Decreto Federal, em 2018, o Governo do Brasil instituiu a Estratégia BIM BR como um plano nacional de divulgação do BIM, sistematizada por finalidades, objetivos e ações.

Nove objetivos principais foram definidos para alcançar os resultados esperados pelo Governo, sendo eles (CE-BIM, 2018):

1. Divulgação dos conceitos BIM e seus benefícios;
2. Coordenação e estruturação do setor público para a adoção do BIM;
3. Criação de condições para investimentos públicos e privados em BIM;
4. Incentivo do treinamento BIM;
5. Proposição de parâmetros normativos para compras e contratações públicas com o uso do BIM;
6. Desenvolvimento de padrões técnicos, guias e protocolos específicos para a adoção do BIM;
7. Desenvolvimento de uma plataforma e uma biblioteca nacional para o BIM;
8. Incentivo do desenvolvimento e uso de novas tecnologias associadas ao BIM;
9. Incentivo à competição de mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM;

Diante disso, o CE-BIM (2018) propôs um roteiro BIM BR para ser desenvolvido em 10 anos, de 2018 a 2028, em três principais fases. Todas as três fases envolvem o desenvolvimento de projetos de arquitetura e engenharia para as novas construções, extensões e retrofits: na fase 1 (iniciada em janeiro de 2021), o BIM tende a ser adotado na fase de

projeto, para a detecção de conflito entre disciplinas como estrutural, elétrica, hidráulica, AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado), decolagens quantitativas e documentação gráfica; na fase 2 (a partir de janeiro de 2024), o BIM passará a entrar nas fases de construção, planejamento de projeto, gestão e aquisição da fase de construção e do projeto modelo *As-Built*; na fase 3 (a partir de janeiro de 2028), o BIM será adotado como um todo nas fases do ciclo de vida da construção (design, construção e operação/ manutenção) e também será considerado o desenvolvimento de modelos BIM para o gerenciamento de instalações.

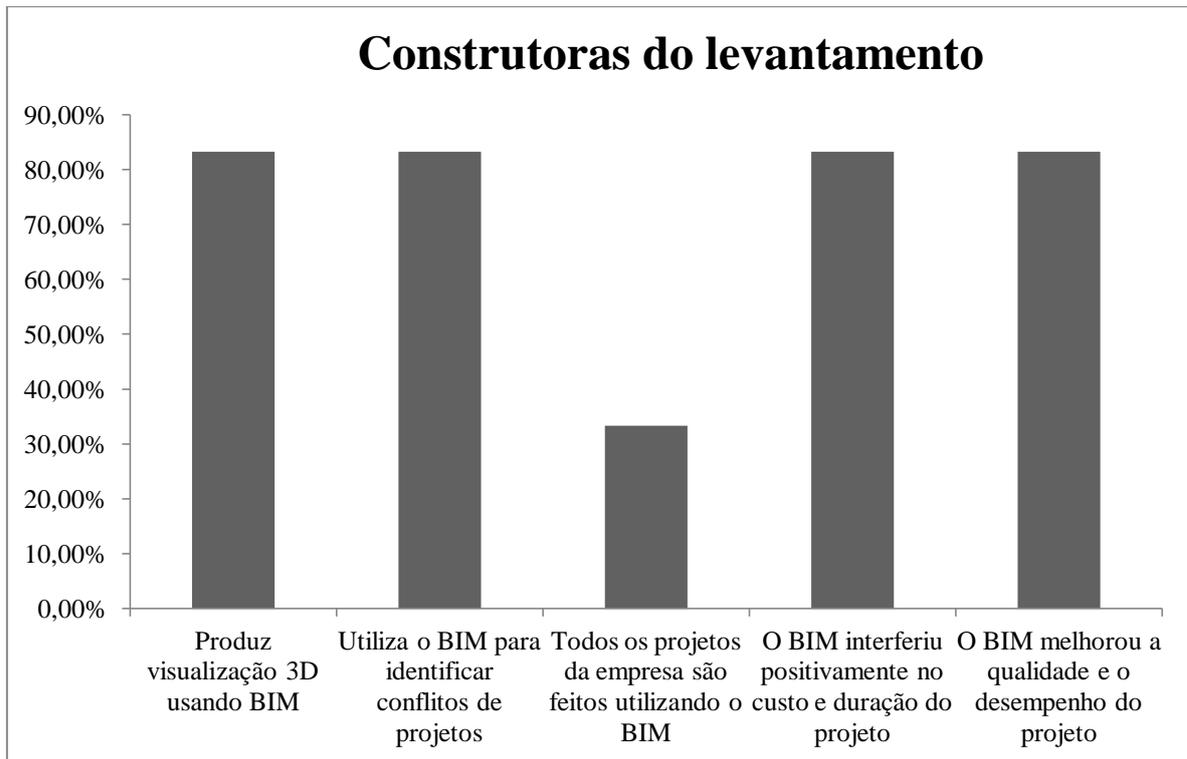
Dentre as principais metas do CE-BIM (2018), estão: o aumento da produtividade em 10 % (produção por trabalhador das empresas que adotarem o BIM); redução de custos em 9,7%; o aumento em 10 vezes da adoção do BIM, uma vez que hoje 5% do PIB da Construção Civil adota o BIM, no entanto a meta é que 50% do PIB da Construção adote o BIM; a elevação em aproximadamente 30% do PIB da Construção Civil, uma vez que espera-se que o PIB do setor cresça cerca de 2,6% ao ano, em contrapartida ao crescimento atual de 2% ao ano.

4.1.2 BIM em Palmas

De acordo com o levantamento realizado com construtoras da cidade de Palmas, ao qual foi possível obter seis respostas, entre os meses de agosto e setembro de 2021, 83,3% das empresas entrevistadas afirmaram produzir visualização 3D utilizando o BIM. Todas as empresas que utilizaram o BIM para visualizações 3D afirmaram que o mesmo interferiu positivamente no custo e duração do projeto, bem como melhorou a qualidade e o desempenho do projeto. Além disso, todas as que responderam positivamente para a utilização do BIM no processo de produção de visualização 3D, alegaram utilizá-lo para a identificação de conflitos de projeto.

Apesar do empolgante quadro a respeito da implementação do BIM na cidade de Palmas, de acordo com o levantamento realizado, 66,7% das empresas afirmaram não utilizar a plataforma para a elaboração de todos os projetos, sendo o AutoCAD (software criado e comercializado pela Autodesk, Inc.) o principal software utilizado na concepção de projetos em 83,3% das empresas entrevistadas. O Gráfico 1 traz um resumo das informações fornecidas.

Gráfico 1 – Dados coletados sobre a aplicação do BIM em Palmas



Fonte: Autoria própria

É fato que a maioria das empresas entrevistadas em Palmas já adota o BIM como principal ferramenta de modelagem 3D e de alavancagem na produtividade de seus projetos, reduzindo o tempo de duração, bem como os eventuais custos de produção. No entanto, a predominância do AutoCAD como principal software de elaboração de projetos, evidencia o grande tradicionalismo ainda presente na indústria da construção e a relativa resistência que as empresas têm de se reformularem e se atualizarem, uma vez que essa prática requer a substituição dessas ferramentas tradicionais, consolidadas no meio.

Com isso, alguns pontos podem ser levantados como possíveis entraves para a completa adoção da tecnologia BIM por essas empresas, como: falta de apoio estratégico da direção das empresas em implementar novas tecnologias, bem como a falta de cultura de inovação, pesquisa e desenvolvimento no setor. Tais aspectos se apresentam como uma barreira para o completo desenvolvimento do BIM uma vez que freiam o avanço tecnológico das empresas. Na média, de acordo com o engenheiro Thiago Ricotta (2018), todas as indústrias investem algo em torno de 3,3% do seu faturamento em tecnologia e inovação, sendo que em algumas indústrias, como a farmacêutica, esse número pode chegar a 15%. Já na construção civil, a parcela do faturamento investido em tecnologia corresponde a algo em torno de apenas 1%. Com a análise desses números, pode-se inferir que o desinteresse no

investimento em inovações tecnológicas acaba por atrasar o processo de ampla difusão dessa ferramenta nas construtoras.

Portanto, com o objetivo de solucionar essa problemática, algumas medidas podem ser adotadas pelas construtoras da cidade, tais como: aumentar a parcela do faturamento da empresa destinada a inovações tecnológicas, financiando cursos de aprimoramento BIM para seus funcionários; estabelecer uma meta em meses ou anos, para que todos os projetos passem a ser feitos por meio da referida plataforma. Assim, conciliando tais propostas com a Estratégia BIM do Governo Federal, que visa à difusão total dessa tecnologia nos processos construtivos, será possível melhorar o presente quadro. Atualmente, a Estratégia BIM encontra-se na primeira fase, na qual passa a ser exigido que o BIM seja aplicado em projetos de arquitetura e engenharia. Na segunda fase, que se iniciará em 1 de janeiro de 2024, será exigido o uso do mesmo nos projetos e na execução de obras; e na última fase, prevista para se iniciar em 1 de janeiro de 2028, será exigido sua utilização em todas as etapas construtivas, desde a concepção do projeto, até o pós-obra (gerenciamento e manutenção).

4.2 Drones na Construção Civil

Os Drones são conhecidos por seu papel em aplicações militares, mas, recentemente, o uso potencial desses equipamentos como ferramentas em ambientes civis ganhou atenção significativa. Drones estão sendo usados em vários campos e em diferentes finalidades no mundo todo, desde a capacidade de serem equipados com câmeras e sensores ou outros dispositivos inteligentes que fornecem informações úteis para diferentes aplicações. São muitas as suas aplicações diárias, por exemplo, a retirada de fotos, entregas de pacotes, mapeamento, segurança e vigilância, operações de busca e salvamento, inspeção visual de locais de difícil acesso e em domínios como agricultura, silvicultura, arqueologia, arquitetura e construção (HALLERMANN, 2015).

O desenvolvimento de tecnologias de monitoramento em tempo real tem facilitado a entrada desses equipamentos na construção civil, através de suas possíveis aplicabilidades, como: monitoramento ambiental para a detecção de vazamentos, levantamento de rios para prever inundações, engarrafamentos e identificação de acidentes e assim por diante. Além disso, eles são utilizados para monitorar pavimentos e rodovias, para controlar os processos de construção de sistemas de infraestrutura, como edifícios e pontes, por meio da captura de imagens e vídeos de partes das vistas do local de projeto (NAJAM, 2018).

O uso de Drones para a verificação de estruturas durante a manutenção está se tornando cada vez mais intenso, uma vez que apresentam excelente capacidade de inspeção – durante e após a obra – por meio da averiguação de danos e rachaduras, falhas em telhados, por exemplo, poupando profissionais de riscos maiores ao se expor a uma situação de altura. A imagem é capturada pelo equipamento que consegue identificar quais os pontos da construção demandam manutenções, sem que alguém precise subir no telhado. Além do mais, esses dispositivos aéreos podem, ainda, ser utilizados como ferramentas de marketing e vendas, uma vez que empresas os utilizam para fazerem filmes de tour nas residências de modo a oferecer uma maior experiência aos compradores, podendo ser feitos tanto internamente, mostrando o interior do imóvel, quanto externamente, dando uma visão de sacada do imóvel, ou à região em que o mesmo está localizado (LIMA, 2019).

Nesse contexto, na prática atual, a avaliação das condições das estruturas por práticas convencionais de inspeção baseia-se, principalmente, na inspeção visual humana, sendo as principais formas de realização através de andaimes, cordas, plataformas elevatórias, o que requer, muitas vezes, treinamento especial com escaladores para a aquisição de dados.

Segundo as estatísticas, o canteiro de obras é um dos locais de trabalho mais perigosos do mundo (ASNAFI, 2018). Nesse sentido, os Drones são ferramentas potenciais para a redução de lesões em canteiros de obras por meio da redução de situações inseguras, por exemplo, eliminando algumas inspeções em alturas elevadas (DUQUE, 2018). Dessa forma, a utilização dos Drones em obras está se revelando como uma solução rápida e econômica.

Além disso, há uma atenção crescente na extração de informações quantitativas de imagens em consequência da identificação de regiões de deterioração e detecção de trincas pelos drones. A capacidade de detectar e medir a espessura e o comprimento de fissuras no concreto usando drones já foi objeto de pesquisa. Estudos demonstraram que com uma câmera de alta resolução é possível detectar uma trinca de 0,75 mm de espessura a uma distância de 3 m (ELLENBERG, 2014). Além do mais, a análise de imagens de uma fachada, capturadas por esses pequenos veículos voadores, mostraram que é possível a identificação visual de fissuras de 0,3 mm a uma distância de 10 m da superfície, mas apenas se as imagens tiverem nitidez suficiente e boa exposição, bem como o menor ruído de imagem possível (valor ISO mínimo). Usando softwares específicos, é possível medir distâncias e especificar dimensões de elementos estruturais, comparando-as com os desenhos do projeto. Além disso, é possível medir as deflexões do vão ao longo do tempo em ponte ou vigas, causadas por cargas crescentes ou por efeitos de longo prazo (HALLERMANN, 2015).

De acordo com Elena Ciampa (2019), o processo de inspeção inclui quatro etapas: identificação da estrutura, planejamento da trajetória de voo, aquisição de imagem e pós-processamento (ou pós-análise). A última etapa permite analisar o status da estrutura. O tipo de missão depende do tipo de obra que o Drone sobrevoará e as imagens são tiradas em locais diferentes da estrutura e, para este efeito, é necessário uma trajetória de voo. As imagens com qualidade satisfatória serão utilizadas para recriar os componentes estruturais em modelos virtuais 3D.

Nesse viés, de acordo com a especificidade da ação do Drone, há dois equipamentos recomendados: o Drone do tipo “multi-rotor” e o do tipo “asa fixa”. O Quadro 2 traz os prós e os contras de cada um desses modelos, assim como seus usos (LEITE, 2021).

Quadro 2 – Dados descritivos dos modelos

TIPO	VANTAGENS	DESVANTAGENS	USOS
Drones de multi-rotor	1) Acessibilidade; 2) Simples utilização; 3) Voo estático; 4) Operação em lugares confinados;	1) Voos curtos; 2) Baixa autonomia; 3) Baixa capacidade de carga;	1) Fotos aéreas; 2) Filmagens; 3) Entretenimento; 4) Uso pessoal;
Drones de asa fixa	1) Voos longos; 2) Grande autonomia; 3) Voos em alta velocidade; 4) Uso de sensores e câmeras robustos; 5) Suportam maior quantidade de carga;	1) Maior complexidade; 2) Exigem treinamento; 3) Alto custo;	1) Mapeamento aéreo; 2) Sensoriamento; 3) Fotos aéreas; 4) Inspeções;

Fonte: Autoria própria

Os dois modelos supracitados podem ser conferidos nas Figuras 5 e 6.

Figura 5 – Drone do tipo Multi-rotor



Fonte: SABRAE (2020)

Figura 6 – Drone do tipo Asa Fixa



Fonte: COMITIVA RURAL (2020)

Além do mais, a utilização de Drones pode auxiliar no levantamento de dados que vão desde a fase da infraestrutura, em que há a execução do concreto armado ou estrutura metálica, proporcionando imagens com particularidades referentes a patologias ou pontos de solda dispostos de forma incorreta, até a sua utilização na termografia, em que se tem a coleta de imagens com níveis detalhados que podem mostrar a diferença de radiação térmica de partes da instalação elétrica, por exemplo, auxiliando na coleta de dados para a manutenção da mesma. A utilização de Drones pode acontecer até os ajustes finais da obra, tendo a responsabilidade de manter o nível de qualidade da construção se desdobrando até a fase de inspeção predial, em que se é observado a estrutura finalizada e em funcionamento. Faz-se o uso de Drones para avaliar o estado da estrutura, para uma perícia ou até mesmo verificar as condições de segurança da construção (FEITAL, 2017).

4.2.1 Drones em Palmas

De acordo com o levantamento realizado com 6 construtoras da cidade de Palmas, entre os meses de agosto e setembro de 2021, constatou-se que nenhuma das seis empresas abordadas faz uso de Drones em qualquer fase de suas obras. Entretanto, 33,3% dessas empresas afirmaram haver uma perspectiva para a adoção futura desses equipamentos em seus canteiros de obra. Tal quadro aponta para o fato de que o processo de acompanhamento e inspeção de obras durante e após sua conclusão, pelas empresas entrevistadas, é feito de forma física. Esse processo, apesar de ser o tradicional, denota, mais uma vez, a estagnação do setor quanto à inovação em tecnologias que auxiliam e potencializam a produtividade do processo construtivo.

Esse tradicionalismo do setor tem consequências negativas, que se refletem em: baixo controle de estoque de materiais e equipamentos; informações insuficientes ou desatualizadas sobre o campo de obras; inspeções imprecisas e com dados defasados, gerando retrabalho e dificultando a tomada de decisões assertivas. Porém, esses desafios podem ser facilmente superados na medida em que as tecnologias certas são adotadas. De acordo com o DroneBase – plataforma norte-americana de gerenciamento de dados aéreos para infraestrutura de alto valor –, por exemplo, empresas do ramo de construção civil, quando equipadas com Drones e processamento de imagens, reportaram um aumento de 65% na comunicação de informações de campo e reduziram a espera por dados em 53%. Quando aliados ao processamento de imagens, esses equipamentos permitem gerar uma série de resultados como curvas de nível, Modelo Digital do Terreno, Modelo Digital da Superfície, nuvem de pontos e modelos 3D,

que podem ser aplicados durante todas as fases do projeto. Além disso, os Drones são capazes de cobrir grandes áreas rapidamente. Prova disso está na fiscalização de obras realizadas pelo Conselho Regional de Arquitetura do Tocantins (CAU/TO), que, em 2020, conseguiu constatar 68 construções na quadra 505 Sul, na cidade de Palmas, em aproximadamente 42 minutos, cobrindo 55 hectares (CAU/TO, 2020). Existem, ainda, modelos capazes de mapear 3000 hectares em apenas 2 horas.

Apesar de pouco difundidos no mercado da construção de Palmas, a utilização de Drones na construção civil do país está caminhando para uma intensificação. Nesse sentido, de acordo com Osmar Rodrigues, engenheiro civil da construtora Perville Construção e Empreendimentos, localizada em Joinville, Santa Catarina, a utilização de Drones nas obras ajudam as construtoras a estudar a evolução de prédios e de grandes estruturas de ângulos que, até pouco tempo atrás, eram impraticáveis. Dessa forma, é possível planejar melhor cada um dos passos de uma obra, otimizar avaliações comerciais, saber qual vai ser a vista de cada janela e até fazer uma avaliação topográfica para as obras futuras. Tal metodologia dispensa o aluguel de aeronaves que antes eram contratadas para fazer as imagens aéreas das obras. Apesar de ainda não haver um levantamento preciso nos Estados ou no país acerca de quantos Drones operam no mercado da construção civil, de acordo com Rodrigues, o potencial para a utilização desses veículos aéreos é nítido.

O que falta, porém, é o entendimento das construtoras da cidade de que, diante de um cenário construtivo tradicionalmente repleto de desperdícios, o processo de inovação tecnológica é necessário, na medida em que este tende a aumentar os lucros e o rendimento dos trabalhos prestados. Entendendo isso, as construtoras podem, como solução, destinar uma parcela do seu faturamento para inovações tecnológicas, ampliando a difusão de ferramentas semiconsolidadas – como o BIM – e introduzindo novas tecnologias nas construções – como os Drones.

4.3 Impressoras 3D na Construção Civil

A impressão 3D é uma das tecnologias mais promissoras e em desenvolvimento hoje, que recentemente passou a ser utilizada para impressão de estruturas de edifícios, apartamentos e moradias. A relevância deste estudo é que o uso desta tecnologia permitirá alta otimização dos processos de trabalho, redução do custo de construção e riscos associados a lesões ocupacionais (CHISLOVA, 2017).

As principais vantagens associadas a essa técnica são a redução do tempo de construção, maiores níveis de otimização do trabalho, redução de custos e desperdícios; aumento da qualidade final, da segurança, da eficiência e da sustentabilidade, além da diminuição da dependência da mão de obra. Os três fatores que mais influenciam a adoção dessa nova metodologia de construção são: os códigos e regulamentações de construção; o comprometimento do alto gerenciamento; e a confiança nos componentes impressos tridimensionalmente. Por outro lado, a incapacidade em usar barras de reforço verticais pode ser considerada uma desvantagem, uma vez que leva a uma perda de resistência. As impressoras 3D requerem uma mistura especial de concreto, que é adequada para o modelo de aplicação camada por camada (SHATORNAYA, 2017). No entanto, a prontidão tecnológica a qual o mundo está vivendo, bem como o apoio de organizações e o desenvolvimento de políticas e regulamentações aplicáveis, providenciam a base necessária para a eficácia da inserção da impressão 3D no meio da construção civil (KADLEC; PORTO, 2018).

Há alguns anos, a impressão 3D passou a ser utilizada por grandes empresas, como a Shanghai WinSun, principalmente para edifícios de apartamentos baixos. Essa foi a primeira empresa a construir um bloco residencial de 5 andares (Figura 7) e uma villa de campo (Figura 8). De acordo com representantes da empresa, ao longo do experimento, as economias alcançadas giram em torno de 60% dos materiais de construção e cerca de 30% do tempo gasto, necessários para construir uma instalação semelhante utilizando métodos tradicionais. Além disso, a composição da equipe foi reduzida em cinco vezes, o que significa economia e risco reduzido de lesões no trabalho. O material utilizado foi uma mistura constituída de cimento, reforçado com fibras de vidro, areia e um tipo especial de endurecedor. As paredes dessas casas são quase ocas, e a resistência e estabilidade das estruturas são dadas pela alimentação em zigue-zague da mistura no interior das paredes (WINSUN, 2017).

Figura 7 – Edifício de cinco andares feito por impressão 3D



Fonte: TechTudo (2015)

Figura 8 – Villa de Campo construída por impressão 3D pela Shanghai WinSun



Fonte: WinSun 3D Builders (2021)

No Brasil, a primeira casa construída por impressão 3D (Figura 9) se localiza no nordeste, mais precisamente no Rio Grande do Norte. A casa foi construída em julho de 2020, após seis meses de ajustes na fase experimental. Em condições ideais, a máquina pode construir a estrutura em até 24 horas. Esse trabalho é fruto de uma pesquisa iniciada em 2017 por dois engenheiros civis, Allynson Xavier e Iago Felipe da Silva, inspirados em iniciativas chinesas e russas. De acordo com os engenheiros Allynson e Iago, a tecnologia de impressão 3D responsável por levantar uma casa de 66,81 metros quadrados apresentou não só agilidade no processo construtivo, como também qualidade e sustentabilidade, uma vez que houve economia de 30% do material descartado, caso a mesma obra fosse realizada através de métodos tradicionais. Além disso, o método reduziu os custos com mão de obra (UNP, 2020).

Figura 9 – Primeira casa feita por Impressora 3D no Brasil



Fonte: UNP (2020)

Segundo Shatov (2016), o mercado atual de máquinas e equipamentos para construção possui uma grande variedade de impressão, o que permite a construção de edifícios baixos em várias configurações. As duas principais técnicas de impressão na construção civil são:

Contour de concreto e impressão em concreto. No caso da tecnologia de *Contour*, há um sistema de pórticos controlados por computadores, capaz de se movimentar sobre um trilho e permitir a movimentação de um bico por onde o concreto é extrudado, conforme é observado na Figura 10. A impressão é feita mediante contornos pré-definidos por camada, de acordo com o movimento programado a partir do objeto 3D da estrutura. O caminho dos contornos é refeito múltiplas vezes pela impressora, depositando o concreto em camadas, até que a estrutura desejada seja criada. Após o concreto ser depositado através do bico, o material é raspado nas laterais com a ajuda de pás que acompanham o bico, garantindo que a forma final esteja alinhada.

Figura 10 – Técnica de impressão 3D do tipo Contour



Fonte: Constrofacilitator (2020)

No caso da tecnologia de impressão em concreto, a similaridade com a impressão *Contour* é grande, no entanto a estrutura envolvida no processo de impressão é menor, sem o auxílio de pás e podendo ser manuseado por braços robóticos ou por pórticos com movimentos tridimensionais, o que faz com que essa tecnologia seja mais apta a ser utilizada dentro de ambientes fechados, para a criação dos componentes que serão transportados até a

obra, de forma similar aos processos de peças pré-moldadas. Exemplos de obras utilizando esse processo construtivo podem ser vistas nas Figuras 11 e 12.

Figura 11 – Castelo feito através da tecnologia de impressão 3D



Fonte: TECHTUDO (2014)

Figura 12 – Casa feita através da tecnologia de impressão 3D



Fonte: AOLLOO (2018)

Dessa forma, conclui-se que a tecnologia necessária para a impressão 3D na construção civil já existe, com vantagens claras quanto à sua utilização, mas há de se atentar ao fato de que essa tecnologia é recente e, conseqüentemente, necessita ser aprimorada para que, enfim, possa se difundir com maior intensidade no ambiente da construção. Desse modo, é difícil estimar quando esses métodos ganharão força massiva suficiente para substituir os processos tradicionais aos quais a indústria da construção civil está inserida. No entanto, a tendência de que essa opção seja viabilizada com o tempo é real, indicando uma área potencialmente forte para o futuro da construção.

O Quadro 3 traz uma síntese das vantagens e desvantagens associadas ao uso da impressora 3D na construção civil, segundo a empresa Shanghai WinSun, pioneira nessa tecnologia.

Quadro 3 – Vantagens e desvantagens do uso de impressoras 3D

Impressoras 3D	
VANTAGENS	DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none"> - Economia de tempo; - Economia de materiais; - Melhores possibilidades de isolamento térmico e acústico; - Impressão sob demanda; - Baixo impacto ambiental; - Redução de custos; 	<ul style="list-style-type: none"> - Padronização de construções; - Alto investimento inicial; - Limitação dos materiais de impressão;

Fonte: Autoria própria

4.3.1 Impressoras 3D em Palmas

De acordo com o levantamento realizado com construtoras da cidade de Palmas, entre os meses de agosto e setembro de 2021, não há técnicas construtivas associadas a impressoras 3D na capital, tampouco projetos futuros para a sua introdução nos canteiros de obra. O levantamento supracitado contou com a colaboração de seis construtoras, das quais nenhuma afirmou utilizar impressoras 3D em qualquer fase de seus processos construtivos.

Tal quadro é coerente quando se observa o fato de que essa é uma tecnologia recente e a sua introdução no ambiente construtivo de Palmas vai de contramão ao processo altamente tradicional ao qual a cidade está inserida. A impressão 3D apresenta vantagens intrínsecas à sua utilização, como: a redução substancial do desperdício de materiais na construção, fato constatado na primeira casa construída no Brasil utilizando essa técnica, cujos resultados apontaram para uma economia de até 30% do material desperdiçado; o desenvolvimento de estruturas inovadoras; a redução da mão de obra devido à automatização do trabalho; a redução no tempo de construção. No entanto, os investimentos iniciais para a sua utilização são extremamente altos, visto que os aparelhos necessários para a impressão são caros e de difícil acesso, exigindo conhecimento específico para serem geridos e, por ser algo novo, apresentam poucos profissionais capacitados para trabalhar com essa tecnologia; além disso, a tecnologia de impressão 3D não possui regulamentação específica para seu uso nas construções civis do Brasil.

Portanto, por se tratar de uma tecnologia em ascensão no Brasil, não é possível estipular adequadamente quando ela passará a ser adotada nos canteiros de obras não só da cidade de Palmas, mas também do Brasil como um todo, uma vez que, diferentemente do

BIM e dos Drones, os obstáculos para a sua utilização vão além do simples interesse das construtoras em investir em ferramentas inovadoras.

5 CONCLUSÃO

O mundo já está inserido na Quarta Revolução Industrial, sua ampla difusão aos mais variados setores industriais é uma questão de tempo. Seus conceitos, aos poucos, estão sendo incorporados na Indústria da Construção Civil, na medida em que novas técnicas estão sendo desenvolvidas. Considerando-se os benefícios intrínsecos à Indústria 4.0, é justificável o esforço global para a sua aplicação.

A amplitude de sua aplicação no setor da Construção Civil contempla desde as fases de pré-projeto até o pós-obra. Nesse sentido, as ferramentas abordadas no presente estudo tendem a alavancar cada vez mais o processo construtivo, compactuando com melhorias quanto à produtividade, maior segurança no trabalho (no caso dos Drones), menor desperdício de materiais, menor gasto com mão de obra e, conseqüentemente, maior sustentabilidade.

Nesse sentido, os efeitos positivos que a plataforma BIM promove nos mais variados eixos da Engenharia Civil ainda são objetos de estudo com resultados satisfatórios. Essa plataforma se comunica com a Indústria 4.0 através do princípio da interoperabilidade, uma vez que os dados são digitalizados e integrados, potencializando o planejamento da obra em todas as suas etapas, do pré ao pós-projeto, bem como do pós-obra. O projeto de implementação Estratégia BIM BR visa à difusão, o quanto antes, dessa tecnologia no máximo de construtoras possíveis para melhorar o processo de planejamento e gerenciamento de obras. Nesse viés, graças aos incentivos estatais, a plataforma BIM tem apresentado crescimento expressivo quanto à sua utilização em diversas empresas.

Ademais, os Drones também apresentam vantagens essenciais para a sua utilização cada vez mais ampla em obras, uma vez que simbolizam economia de mão de obra, digitalização, processamento e coleta de informações, além de excelente mobilidade para inspeções e vistorias em campo, sendo disponibilizados a preços relativamente baixos, tendo em visto seu custo-benefício. Inovações recentes como aumento da capacidade de carga e tempo de voo são características que corroboram para a ampliação de seu uso. No Brasil hodierno, aproximadamente 20 empresas comercializam o equipamento e seus acessórios, além de que mais de 26 mil Drones já estão sendo utilizados para uso profissional.

Por fim, de todas as ferramentas analisadas, aquela que apresenta menos utilização é a Impressora 3D. Por se tratar de uma tecnologia de certa forma recente, quando o assunto é a sua utilização na Construção Civil, a Impressora 3D é a tecnologia menos acessível dentre as analisadas, o que culmina no travamento de seu uso em larga escala. No entanto, a mesma apresenta um método construtivo extremamente rentável, uma vez que faz uso de manufatura

aditiva, permitindo a racionalização quanto ao uso de materiais, bem como a construção customizada, previsibilidade e detalhamento no processo de construção, reduzindo exponencialmente os custos com mão de obra. No Brasil, a primeira casa a ser construída com o advento dessa tecnologia foi finalizada em julho de 2020 e encontra-se no Rio Grande do Norte, fruto de um projeto comandado pelos engenheiros Allyson Aarão César Xavier e Iago Felipe Domingos da Silva, orientados pelo professor-doutor André Felipe Oliveira de Azevedo Dantas, vinculados à Universidade Potiguar (UnP). Com o objetivo de estudar essa tecnologia, a obra de 66,32 metros quadrados se estendeu por sete meses, uma vez que uma série de ajustes foi feita no decorrer da obra, tendo em vista que não havia o domínio suficiente dessa técnica para que a obra pudesse ser feita em menos tempo. Com o aprimoramento dessa tecnologia, os engenheiros envolvidos no processo afirmaram ser possível construir uma casa com as mesmas especificidades em apenas 24 horas. É válido relembrar, também, a surpreendente economia de 30% alcançada com materiais, custos e mão de obra, de acordo com os organizadores do projeto, segundo os quais o custo por metro quadrado para construir a casa ficou em torno de 50 reais. Tudo isso aponta para o enorme potencial que as Impressoras 3D apresentam como futuras ferramentas da construção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALPER, Ali Eren; ALPER, F. O. **INDUSTRY 4.0 REVOLUTION AND ITS IMPACTS ON LABOR MARKETS**. *In: DergiPark Akademik*. v. 29. 2020. Chicago. Artigo de pesquisa. Chicago: DergiPark Akademik, 2020, p. 6-11. Disponível em: <file:///C:/Users/Administrador/Desktop/TCC%201/TCC%202%20-%20ARTIGOS%20EM%20INGL%C3%8AS/Artigos%20em%20ingl%C3%AAs/impactos%20na%20mao%20de%20obra.pdf>. Acesso em: 27 de agosto de 2021.

ARROTEIA, Aline V.; FREITAS, Raissa C.; MELHADO, Silvio. **Barriers to BIM Adoption in Brazil**. *In: Frontiers in Built Environment*. v. 7. 2021. São Paulo. Periódicos. São Paulo. Editora: X, 2020, p. 1-8.

BIM BR. **Estratégia BIM**. ABDI, 8 jun. 2021. Disponível em: <https://estrategiabimbr.abdi.com.br/>. Acesso em: 25 de agosto de 2021.

CAVALCANTI, V. Y. S. L. **INDÚSTRIA 4.0: DESAFIOS E PERSPECTIVAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. *Campo do Saber*, Morada Nova, v. 4, n. 4, p. 3-6, 2018. ISSN: 2447-5017. Disponível em: <https://periodicos.iesp.edu.br/index.php/campodosaber/article/view/149>. Acesso em: 17 de abril de 2021.

CAU, TO. **Fiscalização do CAU/TO realiza mais um teste piloto com drone na capital**. CAU/TO, 24 nov. 2020. Disponível em: <https://www.cauto.gov.br/?p=12349>. Acesso em: 25 de agosto de 2021.

CIAMPA, Elena; PECCE, Lucca D. V. **Practical issues on the use of drones for construction inspections**. *In: Journal of Physics: Conference Series*. v. 5. 2021. Benevento. Artigo. Benevento: Journal of Physics: Conference Series, 2021, p. 2-10. Disponível em: <file:///C:/Users/Administrador/Desktop/TCC%201/TCC%202%20-%20ARTIGOS%20EM%20INGL%C3%8AS/Artigos%20em%20ingl%C3%AAs/drones%20in%20construction.pdf>. Acesso em: 05 de setembro de 2021.

DANTAS. Izabel de Melo; PACHECO. Lílian Nogueira; SILVA. Rosival Ferreira da; SANTOS. Samanta Lujan dos; BOTELHO. Wagner Costa; **IMPLANTAÇÃO DE IMPRESSÃO 3D: MELHORIA NO PROCESSO DE PROJETOS NO GRUPO AÇOTUBO**. Disponível em: Acesso em: 12 de agosto de 2021.

FARA, Ana Caroline Cordeiro; SANTOS, Huaster Kennedy Guimarães. **Tecnologia aplicada no desenvolvimento de projeto sob nova perspectiva ótica**. *In: Revista eletrônica de Educação da UniAraguaia*. n. 1. 2018. Goiânia. Anuário. Goiânia: Revista eletrônica de Educação da UniAraguaia., 2019, p. 1-6.

GALVÃO, Márcio Régis. **Como os drones podem ser usados nos projetos de construção civil**. Administradores, 2018. Disponível em: <http://www.administradores.com.br/artigos/tecnologia/como-os-dronespodem-ser-usados-nos-projetos-de-construcao-civil/111334/>. Acesso em: 21 de agosto de 2021.

INDÚSTRIA, Confederação Nacional da. **DESAFIOS PARA A INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL**. Brasília, 2016.

JUNIOR, G. G. S.; BACHIN, Thyago. A Gestão de projetos Building Information Modelling (BIM) em projetos da Construção Civil no contexto da Indústria 4.0. **VIII Singep e 8a CIK - Anais**, n. 8, 2020, São Paulo, Resumo, p. 11-14.

KARDASZ, Piotr; DOSKOCS, Jacek. **Drones and Possibilities of Their Using**. *In: Journal of Civil & Environmental Engineering*. v. 6. 2016. Poland. Artigo. Poland: Journal of Civil & Environmental Engineering, 2016, p. 5-16. Disponível em: file:///C:/Users/Administrador/Desktop/TCC%201/TCC%202%20-%20ARTIGOS%20EM%20INGL%C3%8AS/Artigos%20em%20ingl%C3%AAs/Drones_and_Possibilities_of_Their_Using.pdf. Acesso em: 10 de setembro de 2021.

LARUCCIA, Mauro Maia. SUSTENTABILIDADE E IMPACTOS AMBIENTAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Revista ENIAC Pesquisa**, v. 3, n. 1, p. 2-10, 2014. DOI: <https://doi.org/10.22567/rep.v3i1.124>. Disponível em: <https://ojs.eniac.com.br/index.php/EniacPesquisa/article/view/124>. Acesso em: 27 de abril de 2021.

LEITE, Ygor Gean dos Santos; SANTOS, Cibelly Arianda Matos; FIGUEIREDO, Suelania Cristina Gonzaga. **Tópicos em construção civil**. 1º Edição. Belo Horizonte: Poisson, 2021.

MAPPA. **Drones na Construção Civil: tudo o que você precisa saber**. Mappa, 7 de jun. de 2021. Disponível em: <https://mappa.ag/blog/drones-na-construcao-civil-tudo/>. Acesso em: 12 de setembro de 2021.

MASKURIT, Raihan; SELAMAT, Ali; MARESOVA, Petra. **Industry 4.0 for the Construction Industry—How Ready Is the Industry?**. *In: Applied Sciences*. v. 9. 2019. Malásia. Artigo Científico. Malásia: Applied Sciences, 2019, p. 05-10. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/334488532_Industry_40_for_the_Construction_Industry-How_Ready_Is_the_Industry. Acesso em: 12 de setembro de 2021.

MATA, V. S. Indústria 4.0: a Revolução 4.0 e o Impacto na Mão de Obra. **Ciências Exatas e Tecnologias**, v. 13, n. 13, p. 2-6, dez/ 2018. Disponível em: <https://revista.pgskroton.com/index.php/rcext/article/view/5442>. Acesso em: 17 de abril de 2021.

MATEUS, J. M. A questão da tradição. História da construção e preservação do patrimônio arquitetônico. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 4, n. 1, p. 32–37, 2013. DOI: 10.20396/parc.v4i1.8634556. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8634556>. Acesso em: 12 de abril de 2021.

MIRANDA, Maria Paula. **INSPEÇÃO E MONITORAMENTO DE OBRA CIVIL COM DRONE**. 2020. Monografia (Bacharelado) – Curso de Engenharia Civil – Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiate, Conselheiro Lafaiate, 2020.

MOUSINHO, Thomás. **Uso de drones em projetos de construção**. PIX FORCE, 2017. Disponível em: <https://pixforce.com.br/uso-de-drones-emprojetos-de-construcao/>. Acesso em: 03 setembro de 2021.

MOURA, G. R.; JUNIOR, W. S. S. TRANSFORMAÇÕES E TENDÊNCIAS NA HISTÓRIA DA ENGENHARIA CIVIL: DO TRABALHO MANUAL À SUSTENTABILIDADE. **Encontro Internacional de Produção Científica UniCesumar**, n. 8, 2013, Maringá. Anais Eletrônico, Maringá. p. 1-5.

NATIVIDADE, Leonardo Richter da. **Comparativo de Custo de Obra: Método Convencional e BIM**. 2016. 81 p. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

NASCIMENTO, Jackson da Silva; GONÇALVES, Bruna Bugarin Tavares; CINTRA, Cynthia Leonis Dias. **Otimização da segurança em canteiros de obras utilizando veículos aéreos não tripulados (vants) com controle de voo via arduino yun**. *ln: ResearchGate*, nº 3, 2018, Imperatriz. Periódicos. Imperatriz: Acta Tecnológica, 2018, p. 5-10.

NETO, Glediston Nepomuceno; NETO, L. T. **Uso de Impressora 3D na Construção Civil**. *ln: Repositório Institucional*. n. 6. 2019. Ceres. Artigo. Ceres: Jornada Interdisciplinar, 2019, p. 5-10. Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/jspui/handle/aee/1713>. Acesso: 25 de agosto de 2021.

NEWMAN, Chris; EDWARDS, David; MARTEK, Igor. **Implantação da indústria 4.0 na indústria da construção: uma revisão bibliométrica da literatura e um estudo de caso baseado no Reino Unido**. *ln: Emerald Insight*. v. 15. 2020. Londres. Anais. Londres: Emerald Insight. 2020, p. 11-13.

PORTO, Gabriele de Bonis Patekoski; KADLEC, Thalita Malucelli de Moraes. **MAPEAMENTO DE ESTUDOS PROSPECTIVOS DE TECNOLOGIAS NA REVOLUÇÃO 4.0: UM OLHAR PARA A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2018. Monografia (Bacharelado) – Curso de Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

RIBEIRO, M. S. A contribuição dos processos industriais de construção para adoção de novas tecnologias na construção civil no Brasil. **Revista Vértices**, DOI:10.5935/1809-2667.20030021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/267260425_A_contribuicao_dos_processos_industriais_de_construcao_para_adocao_de_novas_tecnologias_na_construcao_civil_no_Brasil. Acesso em: 15 de abril de 2021.

RIO DE JANEIRO, Federação das Indústrias do Estado do. **INDÚSTRIA 4.0**. Rio de Janeiro, 2016.

SAKURAI, R.; ZUCHI, J. D. AS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS ATÉ A INDÚSTRIA 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 480-491, 2018. DOI: 10.31510/inf.v15i2.386. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/386>. Acesso em: 20 de abril. 2021.

SILVA, Alexandre Macedo; FERREIRA, André Silvestre; SILVA, Igor Oliveira. **Impressão 3d na construção civil**. *ln: IV JORNADA INTERDISCIPLINAR DE ENGENHARIA CIVIL*, nº 3, 2019, Anápolis. Anais. Anápolis: Editora X, 2019, p.10-15.

SUERMAN, Patrick C. **EVALUATING THE IMPACT OF BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) ON CONSTRUCTION**. 2009. Tese (Doutor) – Curso de Educação – University of Florida, Flórida, 2009.

SILVA, Alice Duarte. Impactos da Indústria 4.0 na construção civil brasileira. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 2-4, abr. 2019. ISSN 2525-8761. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/3881>. Acesso em: 19 de março de 2021.

SHATORNAYA, A. M.; CHISLOVA, M. M.; DROZDETSKAYA, M. A. **Efficiency of 3D printers in Civil Engineering**. *In: Unistroy Journal*. v. 15. 2017. St. Petersburg. Artigo Científico. St. Petersburg: Unistroy Journal, 2017, p. 11-13. Disponível em: <file:///C:/Users/Administrador/Desktop/TCC%201/TCC%202%20-%20ARTIGOS%20EM%20INGL%C3%8AS/Artigos%20em%20ingl%C3%AAs/IMPRESSORAS%203D.pdf>. Acesso em: 08 de agosto de 2021.

TOLEDO, Raquel de; ABREU, Aline F.. **A DIFUSÃO DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. 2008.

TOMASI, Antônio P. N. A modernização da Construção Civil e os Impactos sobre a formação do engenheiro no contexto atual de mudanças. **Educação e Tecnologia**, v. 10, n. 2, p 2-5, 2005. ISSN 2317-7756. Disponível em: <https://seer.dppg.cefetmg.br/index.php/revista-et/article/view/78>. Acesso em: 27 de março de 2021.

YAMADA, Viviane Yukari; MARTINS, Luís Marcelo. Indústria 4.0: um comparativo da indústria brasileira perante o mundo. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, [S.l.], v. 34, n. esp., p. 95-109, abr. 2019. ISSN 2596-2809. Disponível em: <http://periodicos.unifil.br/index.php/Revistateste/article/view/1011>. Acesso em: 16 março 2021.

YOU, Zhijia; FENG, Lingjun. **Integração de Tecnologias Relacionadas à Indústria 4.0 na Indústria da Construção: Uma Estrutura do Sistema Ciber-Físico**. *In: IEEE*. V. 8. 2020. doi: 101109. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9133409>. Acesso em: 21 de agosto de 2021.

SIEBERT, S; TEIZER, J. **Mapeamento 3D móvel para levantamento de projetos de terraplanagem usando um sistema de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT)**. *Automação na Construção*. V41, p. 15-25.

Z. You e L. Feng. **Integration of Industry 4.0 Related Technologies in Construction Industry: A Framework of Cyber-Physical System**. *In: IEEE Access*, vol. 8, pp. 122908-122922, 2020, doi: 10.1109 / ACCESS.2020.3007206.

APÊNDICE A

Nome da Empresa:		
A empresa produz visualização 3D usando o BIM?	Sim ()	Não ()
O BIM é utilizado para identificar conflitos de projeto?	Sim ()	Não ()
Todos os projetos da empresa são feitos utilizando o BIM?	Sim ()	Não ()
Qual(is) é(são), atualmente, o(s) software(s) mais utilizado(s) na empresa para a concepção de projetos?	AutoCAD ()	Revit ()
	ArchiCAD ()	Sketchup ()
	Outro:	
O BIM interferiu positivamente ou negativamente no custo e duração do projeto?	Positivamente ()	Negativamente ()
	Indiferente ()	
O BIM melhorou a qualidade e o desempenho do projeto?	Sim ()	Não ()
	Indiferente ()	
A empresa utiliza Drone em alguma fase de suas obras	Sim ()	Não ()
Se a resposta anterior for SIM, especifique a fase:		
A empresa realiza algum tipo de inspeção técnica ou manutenção pós-obra com o auxílio de Drone?	Sim ()	Não ()
Existe alguma perspectiva ou projeto na empresa para a utilização futura de DRONES em suas obras?	Sim ()	Não ()
Existe alguma perspectiva ou projeto na empresa para a utilização futura de Impressoras 3D em suas obras?	Sim ()	Não ()
Se a resposta anterior for SIM, fale um pouco sobre o projeto:		