



FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS – FATECS
CURSO: ENGENHARIA CIVIL

Carolina Santos Fernandes de Medeiros
MATRÍCULA: 21706779

**Análise Sobre os Avanços da Tecnologia 3D e Soluções para uma Possível
Aplicabilidade na Construção Civil Brasileira**

Brasília
2021

Carolina Santos Fernandes de Medeiros

**Análise Sobre os Avanços da Tecnologia 3D e Soluções para uma Possível
Aplicabilidade na Construção Civil Brasileira**

Trabalho de Curso (TC) apresentado
como um dos requisitos para a
conclusão do curso de Engenharia
Civil do UniCEUB - Centro
Universitário de Brasília

Orientador: MSc. Eugenia Corlins
Monteiro da Silva

Brasília

2021

Carolina Santos Fernandes de Medeiros

**Análise Sobre os Avanços da Tecnologia 3D e Soluções para uma Possível
Aplicabilidade na Construção Civil Brasileira**

Trabalho de Curso (TC) apresentado
como um dos requisitos para a
conclusão do curso de Engenharia Civil
do UniCEUB - Centro Universitário de
Brasília

Orientador: MSc. Eugenia Corlins
Monteiro da Silva

Brasília, 10 de julho de 2021

Banca Examinadora

Eng^a. Civil: MSc. Eugenia Corlins Monteiro da Silva
Orientadora

Eng^a. Civil: XXXXXXXXXXXXXXXX
Examinador Interno

Prof.(a): XXXXXXXXXXXXXXXX
Examinador Externo, XX

AGRADECIMENTOS

Há tanto para agradecer que mal consigo mensurar. Primeiro, agradeço a Deus por estar com saúde e competência em meio desse caos chamado pandemia. Sem a graça divina sei que não conseguiria estar aonde cheguei. Segundo, agradeço imensamente aos meus pais. Não consigo imaginar como seria sem todo o apoio incondicional que tive durante todos esses anos. Meus pais, as pessoas mais amáveis que pude conhecer, do qual não mediram esforços para que hoje eu pudesse estar escrevendo esse trabalho e agradecendo por tê-los em minha vida. Eles se esforçaram ao máximo para que eu pudesse ter uma excelente educação e jamais poderia pagá-los da forma como eles merecem. Aos meus pais e irmãos, eu os amo tanto que poderia escrever mil páginas apenas para demonstrar minha tamanha gratidão por ter nascido em uma família tão abençoada.

Agradeço também ao meu namorado Mateus, que por mais clichê que pareça ser, esteve sempre ao meu lado durante essa jornada. Ele sempre acreditou em mim, sempre me enalteceu e sempre demonstrou o quanto se orgulha dos meus esforços. Não posso imaginar como seria sem sua admiração para comigo e seu impulsionamento em minha jornada acadêmica. Todo o tempo demonstrou enorme estima com os meus esforços e confiança em tudo que faço. Gratidão em ter meu melhor amigo como parceiro.

E não menos importante, agradeço à minha querida orientadora MSc. Eugênia Cornils, por tamanha paciência e estímulo durante o processo de criação deste trabalho. Não foram dias fáceis, porém com a sua serenidade e benevolência, a produção desta análise se tornou mais simples de ser realizada.

Aos que sempre me desejaram sucesso em minhas conquistas, os meus mais sinceros agradecimentos.

RESUMO

Com a chegada da Indústria 4.0, setores de vários segmentos sentiram a necessidade de readequação com a inserção de novas tecnologias. Como uma de suas vertentes, a impressão 3D surge com um propósito de facilitar os processos e qualificar de forma mais padronizada qualquer área que a inclua. Com a impressão de peças em tempo bastante reduzido, a tecnologia demonstra ser uma aliada em diversas áreas, desde a impressão de protótipos para a área da medicina, por exemplo, como na execução de objetos que podem ser utilizados na construção civil.

No setor da construção civil, a tecnologia 3D comprova sua habilidade ao ser inserida nesse segmento. Redução de desperdício de materiais, segurança na execução, padronização de peças e menor custo com mão-de-obra são algumas das vantagens ao se acrescentar a impressão juntamente com outras metodologias construtivas.

A pesquisa em questão visa entender como a tecnologia funciona, quais são os tipos de impressão 3D existentes, como ela beneficia o setor e quais as melhores formas de inserir a novidade no setor da construção civil brasileira.

Palavras-chave: impressão 3D, manufatura aditiva, construção civil, tecnologia 3D, mão-de-obra.

ABSTRACT

With the arrival of Industry 4.0, sectors in various segments have felt the need for readjustment with the insertion of new technologies. As one of its strands, 3D printing emerges with a purpose to facilitate processes and qualify in a more standardized way any area that includes it. With the printing of parts in a very short time, the technology proves to be an ally in several areas, from the printing of prototypes for the medical field, for example, to the execution of objects that can be used in construction.

In the construction industry, 3D technology proves its ability to be inserted in this segment. Reduction of material waste, safety in execution, standardization of parts and lower labor costs are some of the advantages of adding printing along with other construction methodologies.

The research in question aims to understand how the technology works, what types of 3D printing exist, how it benefits the area, and what are the best ways to insert the novelty in the Brazilian civil construction industry.

Keywords: 3D printing, additive manufacturing, construction, 3D technology, labor.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS	9
1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Uma breve história da Construção Civil no Brasil	11
1.2 Justificativa da escolha do tema	12
2. OBJETIVO	14
2.1. Objetivo geral	14
2.2. Objetivo específico	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1. Indústria 4.0	15
3.2. Introdução à Impressão 3D.....	16
3.3. Origem da Impressão 3D – 40 anos de história.....	16
3.4. Principais Tecnologias 3D – SLA, SLS e FDM	18
3.4.1. Estereolitografia – SLA (<i>Stereolithography Apparatus</i>)	18
3.3.2. Sintetização Seletiva a Laser – SLS (<i>Selective Laser Sintering</i>)	20
3.3.3. Modelagem por Fusão e Deposição ou Fabricação com Filamento Fundido – FDM ou FFF (<i>Fused Deposition Modeling</i> ou <i>Fused Filament Fabrication</i>).....	22
3.5. Principais Tecnologias 3D na Construção Civil – <i>Contour Crafting</i> , <i>Concrete Printing</i> , <i>D-Shape</i>	23
3.5.1. <i>Contour Crafting</i> – CC.....	23
3.5.2. <i>Concrete Printing</i>	25
3.5.3. <i>D-Shape</i>	26
3.6. Aplicabilidade da Impressão 3D na Construção Civil	28
3.7. A impressão 3D na construção civil: cases de sucesso pelo mundo.....	28
3.7.1. <i>Dubai Future Foundation</i> (Dubai, Emirados Árabes)	29
3.7.2. <i>3D Printed House</i> (Stupino, Moscou, Rússia)	30
3.7.3. <i>Suzhou Building</i> (Suzhou, China)	31
3.7.4. <i>Community First! Village</i> (Austin, EUA)	32

3.7.4. <i>TECLA</i> (Ravena, Itália)	33
3.7.5. <i>GAIA</i> (Massa Lombarda, Itália)	34
3.7.6. <i>Project Olympus</i> (Base Lunar em desenvolvimento).....	34
3.8. Impressão 3D na construção civil: Brasil.....	35
3.8.1. Startup InovaHouse 3D (pode usar nos resultados)	36
5. METODOLOGIA	41
6. ANÁLISE DA TECNOLOGIA PARA O ATUAL CENÁRIO BRASILEIRO E SOLUÇÕES PARA UMA POSSÍVEL APLICABILIDADE.....	42
6.1. DESAFIOS PARA O ATUAL CENÁRIO BRASILEIRO	42
6.2. SOLUÇÕES PARA UMA POSSÍVEL APLICABILIDADE	44
7. CONCLUSÃO.....	46
8. SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.....	48
9. BIBLIOGRAFIA.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: PERDAS MÉDIA DE ALGUNS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL EM CANTEIROS BRASILEIROS.....	13
FIGURA 2: COMPONENTES SLA.....	19
FIGURA 3: PROCESSO DE CURA SLA.....	19
FIGURA 4: PROCESSO DE SOLIDIFICAÇÃO COM RESINA	20
FIGURA 5: PEÇAS IMPRESSAS PELA METODOLOGIA SLS	21
FIGURA 6: OBJETO IMPRESSO PELA METODOLOGIA SLS	21
FIGURA 7: COMPONENTES FDM.....	22
FIGURA 8: OBJETO IMPRESSO PELA METODOLOGIA FMD	23
FIGURA 9: REPRESENTAÇÃO <i>CONTOUR CRAFTING</i>	24
FIGURA 10: PREVISÃO DE ECONOMIA AO SE UTILIZAR O <i>CONTOUR CRAFTING</i>	25
FIGURA 11: REPRESENTAÇÃO <i>CONCRETE PRINTING</i>	25
FIGURA 12: IMPRESSÃO UTILIZANDO A METODOLOGIA <i>CONCRETE PRINTING</i>	26
FIGURA 13: TECNOLOGIA <i>D-SHAPE</i>	27
FIGURA 14: OBJETO IMPRESSO PELA <i>D-SHAPE</i>	27
FIGURA 15: <i>DUBAI FUTURE FOUNDATION</i>	29
FIGURA 16: <i>3D PRINTED HOUSE</i>	30
FIGURA 17: <i>SUZHOU BUILDING</i>	31
FIGURA 18: <i>COMMUNITY FIRST! VILLAGE</i>	32
FIGURA 19: TECLA	33
FIGURA 20: GAIA	34
FIGURA 21: <i>PROJECT OLYMPUS</i>	35

1. INTRODUÇÃO

1.1 Uma breve história da Construção Civil no Brasil

Os primórdios da construção civil no Brasil possuem evidências de surgimento no século XVII, no qual manuscritos de Frei Bernardo de São Bento Corrêa de Souza, frade beneditino e arquiteto, foram escritos. Há grande destaque para os documentos, pois há uma descrição valiosamente detalhada de práticas e processos de como o Mosteiro de São Bento, localizado na cidade do Rio de Janeiro, havia sido reformado, transformando essa documentação no primeiro Diário de Obras do Brasil. À época, a construção civil brasileira estava com enfoque em igrejas e fortificações, propiciando estruturas para a chegada da população colonizadora no Brasil.

Entre os séculos XIX e XX, começou a desenvolver-se de forma discreta o setor da construção civil. Porém, apenas no século XX surgiram os maiores avanços da construção no país, exatamente na Era Vargas, no ano de 1940, época na qual o concreto armado já estava difundido no Brasil.

Anos mais tarde, com a eleição de Juscelino Kubitschek em 1955, o país estava em busca de desenvolvimento e crescimento econômico. Sendo assim, surge o Plano de Metas em 1956, no qual estava em projeto a construção de Brasília, o famoso “50 anos em 5”, programa de modernização. A capital do país foi inaugurada em 21 de abril de 1960 e é considerado um dos maiores projetos de Engenharia Civil e Arquitetura no Brasil devido ao curto prazo que se levou para construir uma cidade de tal porte.

Com a chegada do século XXI, o Brasil começou a receber sutilmente tecnologias na indústria da construção civil, motivadas principalmente pelo crescimento econômico, a fim de otimizar e acelerar os processos produtivos nas obras em geral.

Atualmente, o mundo encontra-se no cenário da Indústria 4.0 ou Quarta Revolução Industrial, com tecnologias capazes de sanar problemas que seriam impensáveis no século passado. Sistema BIM, Energias Renováveis, *Steel Frame* e *Wood Frame* são algumas das tecnologias que acompanham a nova revolução.

Entre as novas tecnologias da Indústria 4.0 encontra-se também a Impressão 3D – ou Manufatura Aditiva, tecnologia que teve seu surgimento no final da década de 1980, porém desenvolveu-se em maior escala no século XXI, e que tem por finalidade o resultado da fabricação de objetos a partir de um determinado tipo de material, no qual seu processo é executado em camadas, a partir de um modelo desenvolvido em software.

Essa mesma tecnologia também vem sendo utilizada no setor da construção civil em alguns países, porém ainda em fase inicial no Brasil. Talvez com a inserção da filosofia *Lean Construction* – em tradução literal significa construção enxuta – no setor da construção, a realidade possa vir a mudar, pois um dos princípios dessa filosofia é simplificar os processos através da redução de número de passos ou etapas (KOSKELA, 1992).

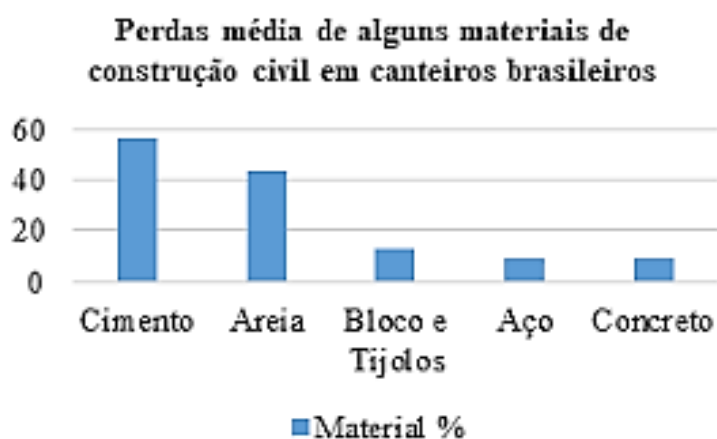
1.2 Justificativa da escolha do tema

De acordo com FALCONI (2016), as mudanças são a essência do gerenciamento, na qual estruturas e processos devem ser modificados para que as novas necessidades da população sejam detectadas e atendidas. Na indústria da construção civil não deve ser diferente. Com a chegada da Indústria 4.0 e a necessidade em acompanhar a evolução do mercado, nota-se como a readequação é imprescindível para o setor da construção, principalmente no que diz respeito a execução de suas obras.

Estima-se que a construção civil é responsável por algo entre 20 e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade (SJÖSTRÖM, 1992 apud (Gestão de Resíduos na Construção Civil: Redução, Reutilização e Reciclagem - SENAI)).

Com a inserção da impressão 3D no setor da construção civil, há a possibilidade de diminuição de desperdício de matérias-primas, tendo em vista que a impressora utiliza todo o material depositado, sendo benéfico tanto para empresa que está executando – menos desperdício de material significa menos recursos financeiros gastos – quanto para o meio-ambiente, que acaba sendo menos impactado.

FIGURA 1: PERDAS MÉDIA DE ALGUNS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL EM CANTEIROS BRASILEIROS



. Fonte: Instituto Centro de Capacitação e Apoio ao Empreendedor (2015) apud MATUTI et al. (2019)

Outro fator importante seria a baixa produtividade nos processos executivos dentro dos canteiros de obras. De acordo com dados cedidos pela empresa de consultoria McKinsey Brasil, o nível de produtividade nas obras brasileiras é o mais baixo se comparado com outros setores do país (TICIANI, 2005). Kevin Nobels, representante da McKinsey Brasil afirma que [...] “as alavancas que mais trazem ganhos de produtividade estão relacionadas com a execução da obra, de 6% a 7%; com a engenharia, de 8% a 10%, e com a tecnologia, de 14% a 15%.” Com todos

esses dados, a produtividade dentro dos canteiros de obra poderia aumentar em até 60% (AMBAR TECH, 2019).

Com a impressão 3D, a realidade poderia mudar, tendo em vista que com apenas uma impressora, é necessário somente três profissionais (MARTINELLI, 2021), além do curto prazo em que a tecnologia é capaz de executar o que uma mão-de-obra mais braçal faria.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo analisar quais as vantagens do uso da impressão 3D na construção civil e investigar quais são os impeditivos que resultam atualmente na não aplicação da tecnologia no Brasil. Classificar como a tecnologia está sendo inserida em outros países, fomentar possíveis soluções para a aplicabilidade na construção civil brasileira e possibilitar que a tecnologia seja difundida em território nacional.

2.2. Objetivo específico

Os objetivos específicos do presente trabalho são:

- Consultar artigos científicos, trabalhos de mestrado e doutorado, periódicos e realizar benchmarking com especialistas em impressão 3D.
- Entrevistar especialista em Impressão 3D, com referência no mercado de inovação da tecnologia.
- Transcrever as informações que foram obtidas em entrevista pelo Google Meet.
- Compreender os gaps da impressão 3D no setor da construção civil brasileira.
- Buscar possíveis soluções para a aplicabilidade da tecnologia no país.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Indústria 4.0

A Indústria 4.0 – ou Quarta Revolução Industrial – chegou com o intuito de transformar a tecnologia no mundo. A tendência da atual revolução é a automatização total das empresas. De acordo com SCHWAB (2016), essa revolução tecnológica irá transformar a forma como as pessoas vivem, trabalham e se relacionam.

Inteligência artificial, impressoras 3D, sistemas de armazenamento de energia e nanotecnologias são algumas das inovações que a Indústria 4.0 traz consigo, otimizando e aperfeiçoando a qualidade do dia a dia das pessoas.

No âmbito da Construção Civil, algumas inovações tecnológicas estão sendo aplicadas e mostrando resultados muito satisfatórios em suas utilizações. Sistemas construtivos como o *Wood Frame* mostram uma baixa condução térmica e alta eficiência energética. Na tecnologia BIM – *Building Information Modeling* – o intuito é facilitar todo o processo de execução e gestão de uma obra, integrando todas as fases da construção. Já a Impressão 3D permite a impressão de peças importantes da obra – como a própria alvenaria – com uma redução significativa de mão-de-obra e desperdício de materiais, tendo em vista que o maquinário utilizado é bastante preciso e padronizado.

Um exemplo seria a WinSun, empresa chinesa pioneira no ramo da impressão 3D na Construção Civil, que construiu dez residências completas em apenas 24 horas. Já nos EUA, foram entregues as chaves de uma residência construída com impressão 3D ao primeiro morador de uma casa executada por essa tecnologia – que antes vivia em situação de rua.

Esses exemplos demonstram o quanto a inovação e a adaptação às novas tecnologias podem transformar o cenário em que vivemos, no qual a sociedade se

encontra na oportunidade de abraçar essas mudanças e se adaptar para a constante evolução que o mercado dispõe.

3.2. Introdução à Impressão 3D

A Impressão 3D – ou Manufatura Aditiva (*Additive Manufacturing*) – é uma família de processos capaz de produzir objetos completos ao adicionar determinado material em camadas, que correspondem a seções transversais sucessivas de um modelo 3D, originário em *software* CAD.

Com a impressão 3D, é capaz de obter a criação dos mais diversos tipos de objetos, em distintos segmentos. Ao contrário dos bens manufaturados que são produzidos em grandes quantidades, objetos que são impressos em 3D podem ser personalizados da forma que se desejar (SCHWAB, 2016).

3.3. Origem da Impressão 3D – 40 anos de história

As ideias iniciais relacionadas à impressão 3D tiveram surgimento em meados de 1981, no Japão. Dr. Hideo Kodama, pesquisador e engenheiro, foi o pioneiro na utilização da manufatura aditiva para a produção de peças em plástico. Sua pesquisa foi realizada no Instituto de Pesquisa Industrial do Município de Nagoya (*Nagoya Municipal Industrial Research*), sendo antecessora da estereolitografia – SLA (*Stereolithography*) – que é uma forma de impressão por fotopolimerização, utilizando a luz UV para polímeros fotossensíveis. Por não ter sido finalizada no prazo estipulado, a tecnologia acabou perdendo o apoio do complexo industrial japonês para continuar o desenvolvimento e o Dr. Kodama acabou não dando seguimento ao pedido da patente.

Em 1984, os pesquisadores franceses Alain Le Mehaute, Jean-Claude André e Olivier de Witte solicitaram um pedido de patente da SLA, porém também tiveram sua solicitação recusada pela *Compagnie Générale d'Electricité* (atualmente Alcatel-

Alsthom – um dos maiores grupos empresariais da França) e pela *The Laser Consortium* (CILAS), pois ambas consideraram que não havia perspectiva industrial para tal tecnologia.

No mesmo ano, apenas três semanas depois do pedido de patente dos pesquisadores franceses ter sido recusado, o engenheiro-físico estadunidense Charles Chuck Hull realizou o pedido de patente e teve sua solicitação concedida, sendo assim considerado o inventor da primeira impressora 3D no mundo. Ele trabalhava na produção de lâmpadas para a solidificação de resinas, com a utilização do processo de luz ultravioleta na fabricação de peças de plástico, na qual infelizmente não havia muita eficiência em sua rapidez – podendo levar até dois meses para ficarem prontas. Dado o fato, o engenheiro se interessou pela tecnologia das impressoras 3D e começou a desenvolver uma ideia que utilizava o sistema de fotopolímero, surgindo assim a *3D Systems*, primeira empresa a utilizar a impressão 3D que cura a resina fotossensível camada por camada, conseguindo assim formar um objeto sólido em menos tempo. Sua patente foi o que deu início ao surgimento de novas tecnologias além da SLA.

Em 1988, impulsionado pela tecnologia SLA do engenheiro Charles Chuck Hull, o recém-formado da Universidade do Texas, Carl Deckard, inventou uma máquina que conseguia criar blocos de plástico de forma mais simples, sem se preocupar com a qualidade ou detalhes que seriam relevantes para a impressão. Ele utilizou um tipo de laser que transformava o pó solto em líquido. Chamada de SLS – *Selective Laser Sintering* ou Sinterização Seletiva a Laser, em português – foi comprada posteriormente pela empresa de Chuck Hill, a *3D Systems*.

Um ano mais tarde, o que hoje seria conhecido como FDM – *Fused Deposition Modeling* ou Modelagem por Fusão e Deposição, em português – surgiu a tecnologia de impressão conhecida atualmente. Em 1989, Scott e Lisa Crump inventaram a impressão que utiliza termoplásticos para a produção de objetos em 3D. Eles

fundaram a empresa *Stratasys Inc.* e patentearam a tecnologia, tornando-se mais acessível e popular atualmente.

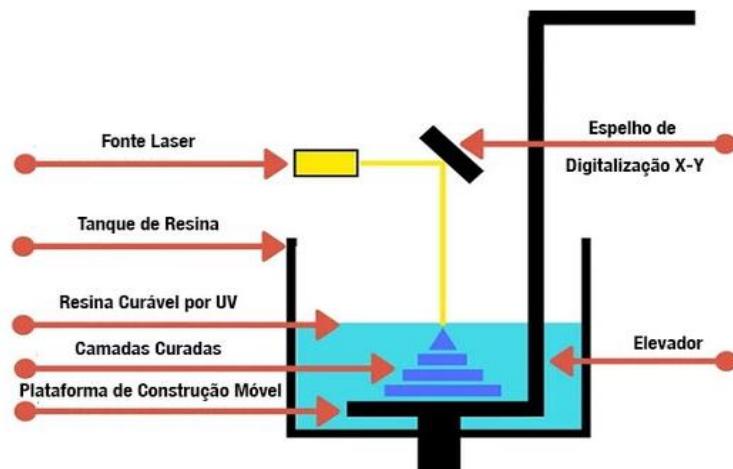
3.4. Principais Tecnologias 3D – SLA, SLS e FDM

A manufatura aditiva – ou impressão 3D como é conhecida – desenvolveu-se amplamente, fazendo com que surgisse vários processos de impressão 3D. O funcionamento de uma impressora 3D consiste primeiramente em desenhar o objeto 3D em um software de modelagem, como o *AutoCad* e *SolidWorks*. A Estereolitografia – SLA, Sintetização Seletiva a Laser – SLS e Modelagem por Fusão e Deposição (conhecida também como Fabricação com Filamento Fundido – FFF) – FDM são alguns dos principais tipos de impressão 3D, mundialmente conhecidos. Segue comparativo mais detalhado entre essas tecnologias na qual se poderá compreender o processo de modelagem de cada uma.

3.4.1. Estereolitografia – SLA (*Stereolithography Apparatus*)

A tecnologia SLA utiliza como matéria-prima uma resina líquida fotossensível (ou resina de fotopolímero), na qual um laser ultravioleta (UV) ou projetor digital (conhecido como DLP – *Digital Light Processing*) entra em contato com a resina, fazendo com ela se solidifique, sendo esse processo conhecido como fotopolimerização (ou cura).

FIGURA 2: COMPONENTES SLA



Fonte: Editorial Enginprinters (2018)

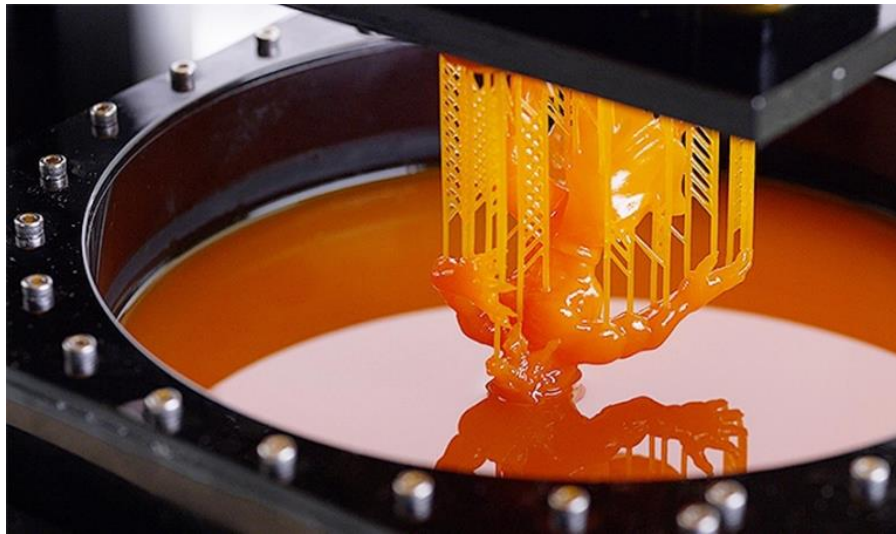
O processo se inicia com a aplicação do laser ultravioleta na resina líquida, se solidificando camada por camada, até que o objeto esteja finalizado. A tecnologia SLA geralmente utiliza o método invertido, ou seja, o objeto ganha características sólidas de baixo para cima, a partir da base líquida.

FIGURA 3: PROCESSO DE CURA SLA



. Fonte: 3D Printing Blog (2015)

FIGURA 4: PROCESSO DE SOLIDIFICAÇÃO COM RESINA

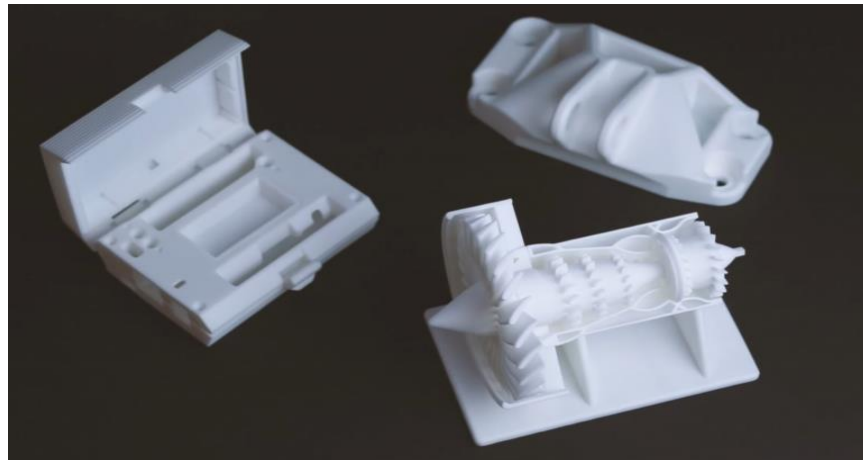


Fonte: 3D Lab (2020)

3.3.2. Sintetização Seletiva a Laser – SLS (*Selective Laser Sintering*)

A tecnologia SLS se difere do restante das tecnologias, pois se utiliza como matéria-prima o polímero em pó, utilizando também um laser ultravioleta (UV). Porém, a diferença se encontra no processo, no qual uma lâmina deposita uma camada muito fina do material na base da impressora. A partir de então, um laser CO₂ percorre toda a área a ser impressa, fazendo com que o material saia do seu estado em pó e se solidifique, resultando em uma camada sólida.

FIGURA 5: PEÇAS IMPRESSAS PELA METODOLOGIA SLS



Fonte: Autonomous Manufacturing – AMG (2020)

Ao solidificar a primeira camada, a plataforma da impressora se movimenta para baixo, ficando em uma altura compatível com a espessura dela. Dessa forma, mais uma quantidade do material em pó é depositada pela lâmina da última camada do objeto, para que o laser construa a próxima. Esse processo se repete até que as camadas se finalizem, resultando em um objeto 3D.

FIGURA 6: OBJETO IMPRESSO PELA METODOLOGIA SLS

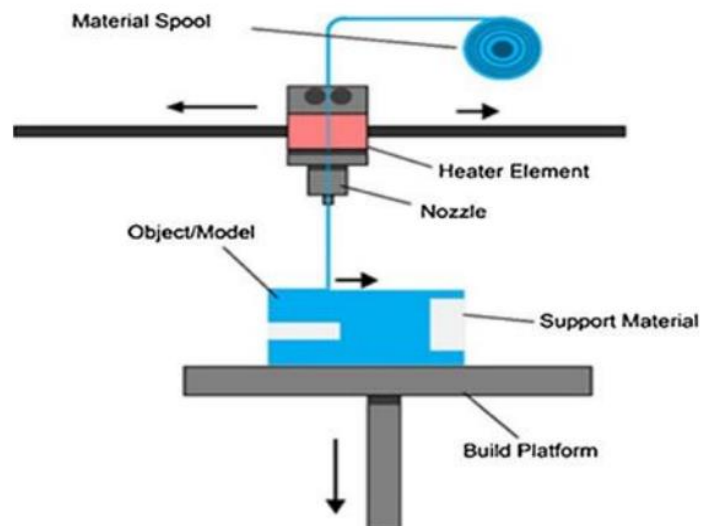


Fonte: FAB LAB (2020)

3.3.3. Modelagem por Fusão e Deposição ou Fabricação com Filamento Fundido – FDM ou FFF (*Fused Deposition Modeling* ou *Fused Filament Fabrication*)

A tecnologia FDM (também conhecida como FFF) foi a primeira a ser desenvolvida para a Impressão 3D. Ela utiliza como matéria-prima variações de polímeros termoplásticos (ABS, PLA) e possibilita que haja a mistura de outros tipos de materiais, como metais, madeira e cerâmicas.

FIGURA 7: COMPONENTES FDM



Fonte: Stampare In 3D (2019)

O processo consiste no depósito de um filamento de termoplástico em camadas, por uma extrusora aquecida, fazendo com que o material seja expelido de forma eficiente formando camadas. Ao passo que a camada é finalizada, o processo se repete, até que se resulte no objeto 3D.

FIGURA 8: OBJETO IMPRESSO PELA METODOLOGIA FDM



Fonte: 3D Natives (2019)

3.5.Principais Tecnologias 3D na Construção Civil – *Contour Crafting, Concrete Printing, D-Shape*

3.5.1. *Contour Crafting – CC*

O *Contour Crafting* é um sistema que, em seu sentido literal, significa construção por contornos. Essa tecnologia foi criada pelo pesquisador e professor Behrokh Khoshnevis, na Universidade do Sul da Califórnia e utiliza sistemas – geralmente um tipo de guindaste – que executam as peças sem a necessidade do uso de mão-de-obra artesanal para a montagem (KHOSHNEVIS, 2003).

Além de fazer uso da impressora 3D para a execução do projeto, a própria tecnologia *Contour Crafting* realiza a montagem – e não força humana – de etapas que não podem ser fabricados por meio da impressora, como estruturas metálicas e instalações elétricas e hidráulicas (KHOSHNEVIS, 2003).

As impressoras 3D utilizadas no *Contour Crafting* utilizam materiais heterogêneos, permitindo a consolidação da estrutura da edificação. Nesse tipo de

tecnologia não é necessário que a impressora 3D permaneça em laboratório, podendo ser levada para os canteiros de obra. (FERNANDES, 2016 apud BONAFÉ, 2016).

FIGURA 9: REPRESENTAÇÃO *CONTOUR CRAFTING*



Fonte: AEC Web (2020)

Um dos aspectos positivos desse tipo de tecnologia é que, durante toda a fase de execução da construção, se tem a possibilidade de fazer as instalações elétricas durante todo o processo (KHOSHNEVIS, 2003).

Com esse tipo de técnica, além da redução significativa de materiais – tendo em vista que o desperdício é praticamente mínimo – é possível construir uma residência completa em apenas um dia (KHOSHNEVIS, 2003).

FIGURA 10: PREVISÃO DE ECONOMIA AO SE UTILIZAR O *CONTOUR CRAFTING*

Parcela de custo da Construção Convencional	Devido a	Se automatizado pela Contour Crafting
20-25%	Financiamento	Curta duração do projeto e controle do tempo de mercado irá eliminar ou reduzir drasticamente custo de financiamento
25-30%	Materiais	Sem desperdício na construção
45-55%	Mão de Obra	O trabalho manual será significativamente reduzido. O poder muscular será substituído pelo poder cerebral.

Fonte: KHOSHNEVIS, 2004 apud PORTO, 2016

3.5.2. Concrete Printing

O *Concrete Printing* é uma tecnologia desenvolvida pela equipe de pesquisa da Universidade de Loughborough, Inglaterra, na qual utiliza a extrusão de argamassa de cimento no processo de construção (PORTO, 2016). Essa técnica faz o despejo de um concreto com ampla resistência para a fabricação do objeto desejado (FLORÊNCIO, et al.,2016).

FIGURA 11: REPRESENTAÇÃO *CONCRETE PRINTING*



Fonte: Material District (2017)

O processo construtivo desse tipo de tecnologia permite que a concepção seja realizada com uma maior liberdade, precisão de fabricação e redução significativa de mão-de-obra (LIM, et al.,2012 apud PORTO, 2016).

FIGURA 12: IMPRESSÃO UTILIZANDO A METODOLOGIA *CONCRETE PRINTING*



Fonte: SCULPTEO (2018)

3.5.3. D-Shape

O D-Shape é uma tecnologia de impressão 3D, criada pelo engenheiro civil italiano Enrico Dini, na qual utiliza a deposição de camada em pó de forma homogênea – mistura de agregados, fibras e óxidos metálicos – para posteriormente realizar a compactação da camada, uniformizando a superfície (DINI, 2009 apud PORTO, 2016).

FIGURA 13: TECNOLOGIA D-SHAPE



Fonte: 3D PRINT (2014)

Com essa tecnologia, é possível a construção de estruturas com seis metros de altura, comprimento e largura, e possui uma redução de até quatro vezes no tempo de construção pelo método convencional, pois utiliza uma estrutura de grande porte para a execução da construção (WOLFES, 2015 apud PORTO, 2016).

FIGURA 14: OBJETO IMPRESSO PELA D-SHAPE



Fonte: 3D Printing Industry (2016)

3.6. Aplicabilidade da Impressão 3D na Construção Civil

A tecnologia 3D demonstra uma extensa aplicabilidade com a sua tecnologia. Sendo um dos setores que mais impactam economicamente qualquer país, a construção civil se encontra em um momento de velocidade em seus processos e operações, no qual resulta na necessidade de construir cada vez melhor.

Além da possibilidade de executar uma maior quantidade, com muito mais qualidade e menos tempo, a tecnologia 3D permite que se reduza o consumo de materiais, impactando assim também na questão ambiental.

A facilidade de criação de qualquer peça faz com que a utilização da impressão 3D seja um fator relevante tanto para a indústria da construção civil quanto para outros segmentos. Ao se aplicar corretamente a tecnologia, permite-se que as construções se tornem mais seguras e a obra dure menos tempo, comparando assim com a metodologia convencional de construção. Ressalta-se também a importância de aplicar a sustentabilidade nos canteiros de obra, pois com o uso da impressão 3D se reduz significativamente a utilização de recursos, além de se manter uma padronização e qualidade superiores na execução das obras.

3.7. A impressão 3D na construção civil: cases de sucesso pelo mundo

A indústria da Construção Civil infelizmente ainda possui tradicionalismos, com a utilização de mão-de-obra bastante artesanais em suas construções. Porém, alguns países estão com uma visão mais adiante e estão inserindo a tecnologia em seus empreendimentos. Segue a seguir alguns cases pelo mundo que estão usufruindo da impressão 3D no setor da Construção Civil e melhorando seus processos com a inserção da tecnologia.

3.7.1. *Dubai Future Foundation* (Dubai, Emirados Árabes)

A *Dubai Future Foundation* é uma fundação governamental de Dubai, nos Emirados Árabes e realizou a construção do primeiro edifício comercial no mundo construído com impressão 3D em concreto.

A StartUp ApisCor foi a responsável pela idealização do projeto, que possui 6.400 metros quadrados. De acordo com o CEO da *startup*, Nikita Cheniuntai, [...] “apesar da tecnologia 3D ter sido implementada na construção, o projeto utilizou sistemas tradicionais, como concreto armado na fundação e pilares”, afirma.

De acordo com o príncipe herdeiro de Dubai, o xeque Hamdan bin Mohammed bin Rashid Al Maktoum, também presidente do conselho da *Dubai Future Foundation*, o objetivo é a ampliação da iniciativa em implementação da impressão 3D nos Emirados Árabes. Com isso, o foco é transformar o país em referência global em tecnologia 3D, fazendo com que até o ano de 2030 se substitua em pelo menos $\frac{1}{4}$ (um quarto) os edifícios públicos existentes por edificações construídas com a tecnologia.

FIGURA 15: *DUBAI FUTURE FOUNDATION*



Fonte: ArchDaily (2020)

3.7.2. 3D Printed House (Stupino, Moscou, Rússia)

Idealizada e desenvolvida pela *startup* ApisCor em parceria com a empresa PIK Companies Group, a *3D Printed House* foi fabricada com a impressão 3D na região de Stupino, no Oblast de Moscou, Rússia.

A residência foi construída em apenas um dia e possui 38 metros quadrados. O valor total da edificação foi US\$ 10.134,00, incluindo despesas de materiais de construção. O objetivo do projeto é demonstrar a flexibilidade de como foi realizada a fabricação, com a possibilidade de executar a casa em qualquer tipo de formato.

FIGURA 16: 3D PRINTED HOUSE



Fonte: Futurism (2017)

3.7.3. *Suzhou Building* (Suzhou, China)

A empresa chinesa WinSun – pioneira na execução de residências com a tecnologia 3D – foi a responsável pela execução do edifício, que utilizou a tecnologia na fabricação das peças e materiais reciclados na composição.

O edifício possui cinco andares e possuiu dimensões de 6,6 metros de altura, 10 metros de largura e 40 metros de comprimento e fica localizado próximo ao Parque Industrial de Suzhou, na China.

De acordo com o *CEO* da WinSun, Ma Yihe [...] “o processo da impressora 3D reduziu em 70% o tempo da construção, diminuindo também os gastos com mão-de-obra em mais da metade”.

FIGURA 17: SUZHOU BUILDING



Fonte: ArchDaily (2015)

3.7.4. *Community First! Village* (Austin, EUA)

A *startup ICON Technology Inc.* – empresa especializada em impressão 3D na construção civil – foi a responsável pela idealização de uma comunidade com casas impressas pela tecnologia 3D em Austin, EUA.

O projeto habitacional visa a construção de quinhentas residências de 46 metros quadrados para pessoas desabrigadas, na qual visa receber pelo menos 40% das pessoas em situação de rua.

A *Community First! Village* é o primeiro e único empreendimento dos EUA que investe na tecnologia avançada em 3D para atender pessoas que estão desabrigadas.

Em 2021, Tim Shea – ex desabrigado que se encontrava nas ruas – foi a primeira pessoa a receber as chaves de uma das residências e o primeiro morador de uma casa construída com a tecnologia 3D.

FIGURA 18: *COMMUNITY FIRST! VILLAGE*



Fonte: ICON Build (2021)

3.7.4. *TECLA* (Ravena, Itália)

A *TECLA* – cujo nome tem a junção das palavras *technology* e *clay*, traduzindo para tecnologia e argila – é uma residência na qual foi construída com a impressão 3D, utilizando como material a argila. Os responsáveis pela execução do projeto foram a companhia italiana 3D WASP juntamente com a empresa Mario Cucinella Architects.

A residência foi construída em Ravena, na Itália e representa um projeto de possíveis evoluções ao se tratar de como as construções atuais são executadas, pois todo o processo permitiu uma minimização de recursos e simplificação de processos. Ao todo, a residência demorou 200 horas para ser concluída. A inauguração estaria prevista para o primeiro semestre de 2021.

FIGURA 19: *TECLA*



Fonte: WASP (2019)

3.7.5. *GAIA* (Massa Lombarda, Itália)

A *GAIA* é o nome do projeto de residência sustentável, idealizado pela empresa italiana WASP em parceria com a RiceHouse, fábrica de produtos à base de arroz para uso na construção civil. A casa foi construída utilizando a impressão 3D, e como diferencial, materiais como casca de arroz, palha e solo.

De acordo com a WASP, a residência não necessita de sistemas de aquecimento ou ar-condicionado devido conseguir se manter em temperatura estável, tanto no inverno quanto no verão.

FIGURA 20: *GAIA*



Fonte: WASP (2018)

3.7.6. *Project Olympus* (Base Lunar em desenvolvimento)

O Projeto Olympus – ou *Project Olympus* – é um dos projetos mais avançados e promissores do mundo. O escritório arquitetônico Bjarke Ingels Group – BIG – firmou uma parceria com as empresas ICON e SEArch+ no qual juntos, iniciarão a execução

de um sistema que tem como finalidade a construção de uma base na lua. A iniciativa surgiu pela NASA, na qual será a financiadora do projeto.

O projeto utilizará a tecnologia 3D na execução e possivelmente, poeira lunar na matéria-prima da impressão. O objetivo do projeto visa a criação de um método de construção de um habitat humanitário na lua.

FIGURA 21: *PROJECT OLYMPUS*



Fonte: ArchDaily (2020)

3.8. Impressão 3D na construção civil: Brasil

Ao contrário de outros países que já estão utilizando a tecnologia 3D em suas construções, no Brasil a realidade é diferente. Em fase bastante inicial, o país ainda encontra-se utilizando métodos construtivos convencionais – como a alvenaria em tijolos. Atualmente, a impressão 3D está sendo usualmente utilizada apenas para a impressão de maquetes estruturais e arquitetônicas.

Tendo em vista a necessidade de se acompanhar a Indústria 4.0, a startup InovaHouse 3D surgiu com o objetivo de criar a primeira impressora 3D voltada para a construção civil. Advindo de Brasília, a *startup* se torna pioneira em trazer a tecnologia com impressão em concreto, para utilização em obras de todo o país.

3.8.1. Startup InovaHouse 3D (pode usar nos resultados)

*A fim de buscar maior conhecimento a respeito do uso da impressão 3D na construção civil no Brasil, foi realizado uma entrevista com a fundadora e CEO da startUp **InovaHouse 3D** – empresa pioneira em impressão 3D de concreto no país – a engenheira eletricista Juliana Martinelli.*

O incentivo de estudar sobre a impressão 3D na construção civil surgiu após o terremoto que aconteceu em 2010, no Haiti. Seu pai foi servir em missão de paz em 2014 e, após voltar de viagem, explicou para a engenheira – estudante de engenharia elétrica na época – que o país estava exatamente da mesma forma após o terremoto, com entulhos dos desabamentos espalhados, construções totalmente destruídas e vários locais onde não havia água potável e nem energia elétrica. Dado o fato, ela encontrou uma oportunidade para estudar e se aprimorar na inclusão da impressão 3D na construção civil, pois ajudaria a reconstruir o local.

Ela conseguiu entrar em contato com a ONU e com a empresa chinesa WinSun, pioneira na construção de prédios executados com impressoras 3D no mundo. Porém, devido a tecnologia ser algo novo no mercado na época, a empresa ficou receosa em inserir a impressão 3D no projeto. Ela complementa que “[...] pelo fato da empresa WinSun não conseguir garantir a segurança da tecnologia na reconstrução, pois era algo novo na época, eles optaram por recusar, porque poderia acarretar mais um desastre”.

Em 2015, juntamente com um grupo de pesquisa da faculdade, ela participou de um campeonato de ideias em Brasília. Um dos orientadores gostou da ideia e sugeriu que ela aplicasse a tecnologia 3D na construção civil do Brasil. “No nosso país, há inúmeros problemas habitacionais. Quando se traz uma tecnologia de fora, como da WinSun, isso não significa que irá conseguir resolver os problemas daqui”, explica a engenheira.

Porém, ela relata que há bastante desconfiança em relação a inserção da tecnologia 3D no mercado brasileiro: “No Brasil, a construção civil ainda é muito artesanal e barata. E a questão cultural também conta bastante, devido ao fato de o processo com alvenaria de tijolos ser algo padrão no nosso país. Claro que há muitas vantagens em relação ao uso da impressão 3D dentro dos canteiros de obra, mas quando se fala em custos, muitas empresas ficam receosas. Por ser uma tecnologia nova aqui, não poderíamos desenvolver algo 200% mais caro do que a alvenaria comum”, explica Juliana.

“Com isso, surge a necessidade de desenvolver algo que atendesse a expectativa financeira da indústria da construção civil, pois se o valor do investimento nesse tipo de tecnologia for muito maior do que se faz para construir, as empresas não compram. Também é necessário que se traga benefícios para a obra, ou seja, precisa ser algo melhor do que a forma que as construtoras estão construindo hoje”, complementa a engenheira, que enfatiza que esse foi um dos grandes desafios da InovaHouse.

De acordo com Juliana, “[...] outro desafio foi na elaboração da impressora. A forma do maquinário, como seria a implementação do software, a compatibilidade com softwares para projetos e ser um programa de fácil manipulação foi um dos desafios que tivemos. Também foi necessário que o material que fosse usado na impressora fosse de fácil acesso, ou seja, todo o processo precisava ser o mais simples possível”, explica. Em 2018 a empresa conseguiu finalizar a impressora – que chama *Alya 130* – na qual possui um sistema todo automatizado.

Ela explica que um dos maiores desafios da inserção da tecnologia 3D na indústria da construção civil brasileira está sendo a questão relacionada ao financiamento, pois a CAIXA Econômica não realiza financiamentos de obras impressas em 3D, dificultando ainda mais a aplicação da tecnologia, já que boa parte de quem quer construir opta pelo financiamento devido ao valor ser muito alto. Tanto

a construção em 3D quanto o projeto para a execução não são aprovados para financiamento.

Isso acontece porque a CAIXA possui uma regulamentação no qual possui vertentes que aprovam ou não o financiamento, pois avalia quais são os métodos construtivos realizados e a segurança. E a impressão 3D, por ser uma tecnologia nova acaba não entrando nessa regulamentação, devido ao fato de o financiamento ter um prazo entre dez e trinta e cinco anos. E não há evidências de obras no Brasil que possuam essa idade e tenham utilizado esse método construtivo e, portanto, de acordo com a regulamentação, não seria seguro caso algo acontecesse algo com o imóvel.

No momento, a InovaHouse 3D está com uma parceria firmada juntamente com a Cruz Vermelha Brasileira para a construção de vinte unidades habitacionais, utilizando a Impressão 3D. Elas serão construídas na Ilha de Marajó, no Pará. Como não há a possibilidade de financiamento, elas serão construídas com o investimento de patrocinadores e, posteriormente, serão doadas para a população de baixa renda. Ela afirma que a CAIXA Econômica e a Prefeitura do Estado irão acompanhar de perto as obras.

A obra será feita com métodos construtivos tradicionais, porém toda a parte de alvenaria será impressa em 3D. Com isso, entra outra dificuldade no momento, que seria a participação de construtoras parceiras para a execução da obra. “A impressão 3D entrará apenas na parte de alvenaria, então a fundação, instalações elétricas e hidráulicas serão todas realizadas da forma tradicional”, explica Juliana. Conseguir construtoras que participem do projeto não é o problema, e sim a dificuldade em chegar na localização. “Não há construtoras na Ilha de Marajó e as mais próximas estão localizadas em Belém. E para chegar até a ilha, é somente de balsa, pois não há estradas. Com isso, entra a questão do uso da impressão 3D para construir em locais de difícil acesso, com mão-de-obra e matéria-prima escassas, pois há somente uma loja de material de construção no local”, esclarece a engenheira.

Outra questão que está sendo trabalhada é o transporte de todo o material necessário para a execução em 3D. “Estamos tentando trabalhar em uma metragem cúbica reduzida na qual caiba, dentro de um contêiner, todo o material, impressora e bomba, para simplificar a locomoção dos materiais. Como o material e impressora irão de balsa para a Ilha, está sendo executado também toda uma logística para meios de transporte como navios e aviões, na qual facilitará o deslocamento para obras em locais mais remotos”, explica.

A construção das dez unidades habitacionais na Ilha de Marajó será a primeira obra com o uso da tecnologia 3D a se tornar uma construção funcional da América Latina. Há um projeto de uma casa construída com a impressão 3D, em Macaíba, região metropolitana de Natal – RN. O projeto é considerado apenas experimental, sem funcionalidade para moradia, feito por dois engenheiros e um professor da Universidade Potiguar como Trabalho de Conclusão de Curso. A InovaHouse3D foi a Natal para acompanhar os resultados da residência em 3D, observando material, laboratórios, patologias, layout da habitação e maquinário. O financiamento do projeto foi todo feito pelo professor e é considerado um marco para a tecnologia no Brasil.

Quando questionada sobre o motivo do Brasil não inserir a tecnologia 3D no segmento da construção civil, ela explica que [...] “as construtoras precisam de dados para mensurar o quanto a impressão 3D irá impactar em suas obras, principalmente por medo da mudança. Se tivesse como definir o quanto suas obras seriam impactadas financeiramente, por exemplo, talvez tivéssemos conseguido convencer as construtoras a utilizarem essa metodologia. Mas infelizmente, não tenho essas respostas no momento”, esclarece Juliana.

Porém, mesmo com a falta desses dados há bastante vantagem no uso dessa tecnologia nas obras, onde ela explica que [...] “Há inúmeros benefícios ao utilizar a impressão 3D como um dos métodos construtivos nos canteiros de obra. Uma logística menos complexa relacionada ao transporte de matéria-prima, por exemplo. Perdas de materiais não seria um problema também, tendo em vista que a impressora

3D da InovaHouse permite uma precisão de quanto será gasto em material e em quanto tempo ficará pronto, diminuindo o desperdício dentro dos canteiros”.

Outra vantagem seria [...] “a possibilidade de trabalhar com projetos personalizados sem que o meu custo aumente. Em obras residenciais, em que se use as formas pré-moldadas, por exemplo, é necessário que as peças sejam iguais para que se obtenha alguma vantagem financeira. Não há a possibilidade de personalização. Enquanto com o uso da impressora 3D, eu consigo personalizar a peça que eu desejo sem que comprometa o orçamento da obra”, complementa.

“Acredito que aconteceria uma otimização e capacitação da mão-de-obra. O trabalho seria mais padronizado, mais seguro e com mais higiene dentro dos canteiros, o que seria uma melhora significativa na construção civil”, ela explica. Ela complementa também, advertindo que [...] “as empresas da construção civil gastam um valor altíssimo em multas por acidente de trabalho. Levando em consideração que essas multas já são inclusas no valor do metro quadrado, juntamente com os impostos, então se for possível conseguir diminuir esses gastos ao não precisar pagar mais essas multas, as construtoras acabam reduzindo seus prejuízos”, explica Juliana.

Em relação a taxa de desemprego que a tecnologia 3D poderia causar, ela diz que infelizmente, como em qualquer tecnologia mais automatizada que se adentra ao mercado, há essa possibilidade. “Com base nas pesquisas que fizemos, essa taxa ficaria em torno de 15%. É algo que a InovaHouse reflete e se preocupa também. Porém, há a possibilidade de pegar essa taxa e converter em profissionais mais capacitados e mais qualificados. Com a impressão 3D adentrando o mercado, é necessário profissionais mapeados que trabalhem com a impressora. São necessários três profissionais para uma impressora: um operador, um fiscal e um verificador de qualidade de material. Se fossem duas máquinas, a equipe teria que dobrar”, explica.

“Porém, com a capacitação adequada desses profissionais que estariam nessa provável taxa de desemprego, qualificando-os a trabalhar com essa tecnologia, eles poderiam mudar o segmento que atuavam, não necessariamente trabalhando em construções civis. Com o conhecimento em uma única impressora 3D, há a possibilidade de se trabalhar na indústria automobilística, por exemplo, pois o manuseio e conhecimento sobre a impressora é o mesmo”, finaliza a engenheira e CEO da InovaHouse 3D, Juliana Martinelli.

5. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para a elaboração deste trabalho foi a absorção de amplo conhecimento sobre a tecnologia 3D, pesquisas sobre a história da construção civil no Brasil, primeiros avanços tecnológicos na indústria da construção, novas tecnologias com a chegada da Indústria 4.0, aplicabilidade da impressão 3D nas obras brasileiras e motivos pelos quais a tecnologia não foi difundida no país. As pesquisas foram realizadas em bases de periódicos como Capes, com leitura ampla de artigos científicos, teses de graduação, mestrado e doutorado, tanto nacionais como internacionais.

Foi realizado também uma entrevista com uma engenheira eletricista especialista em Impressão 3D, criadora de uma das startups pioneiras da tecnologia no Brasil, na qual foi realizado uma videoconferência por meio do Google Meet e transcrição da gravação para uso posterior no trabalho.

6. ANÁLISE DA TECNOLOGIA PARA O ATUAL CENÁRIO BRASILEIRO E SOLUÇÕES PARA UMA POSSÍVEL APLICABILIDADE

Ao se empenhar para difundir a tecnologia no Brasil, prova-se que o país possui algumas dificuldades na introdução da impressão 3D no setor da construção civil. A seguir, será abordado quais são os principais desafios

6.1. ANÁLISE PARA O ATUAL CENÁRIO BRASILEIRO

Um dos desafios ao tentar inserir a tecnologia 3D no âmbito da construção civil brasileira é a questão do financiamento. A CAIXA Econômica Federal é responsável pela maior parte dos financiamentos de obras no Brasil e possui regras quanto à sua contratação. A Caixa utiliza como parâmetro de aprovação o DaTEC (Documento de Avaliação Técnica), que é um documento que expressa o desempenho potencial de um determinado produto, considerando as condições de exposição, uso, instalação, execução, operação e manutenção previstas e consideradas na avaliação técnica. Esse documento é padronizado pelo Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SiNAT) e não há registros da impressão 3D como método construtivo. Pelo fato de uma obra possuir um alto custo em toda execução – desde o projeto até o acabamento – pessoas físicas e jurídicas optam pelo financiamento, por possuírem um prazo extenso (até trinta anos) para quitação. A CAIXA não aprova o financiamento por não ter a garantia de que esse sistema é seguro. Em contrapartida, envolve também a questão do não pagamento do comprador, onde o banco possui como garantia o imóvel em questão caso haja inadimplência.

Isso dificulta também a inserção da tecnologia, pois a CAIXA e outros bancos que realizam o financiamento de uma obra precisam de uma garantia tanto financeira como de segurança, por isso a utilização do DaTEC. Não há registros da aplicação da impressão 3D em obras do país por ser uma tecnologia nova, fazendo com que não haja como solicitar o financiamento exatamente por não possuírem evidências de execução – como uma residência construída com pelo menos dez anos de idade. A

ausência de normas que envolvem a segurança da tecnologia 3D como método construtivo também se torna empecilho.

Um fator importante seria a contratação de um laboratório para a realização de ensaios. É necessário que haja para que se realize os testes de segurança quando se usa a tecnologia 3D, todos baseados na Norma de Desempenho.

Outra questão que pode ser impeditivo seria a limitação relacionada ao transporte do maquinário. No Brasil, há locais que são mais remotos e que não possuem estradas e rodovias. Isso seria uma dificuldade, pois juntamente com a máquina teria o transporte de todo o material.

A questão de não possuir dados mensuráveis também é fator limitante. A tecnologia 3D ainda não foi difundida no Brasil, portanto não se possui informações concretas quanto às suas vantagens financeiras. Grande parte das construtoras necessitam desse tipo de informação para saberem se há benefícios quanto à introdução da tecnologia em seus canteiros de obra. É necessário informar o quanto suas obras serão impactadas, principalmente no quesito financeiro.

Porém, mesmo com todos esses impeditivos há grandes vantagens em se inserir a impressão 3D como método construtivo. A impressora permite que todo o material depositado nela seja utilizado, exatamente por possuir um nível de precisão alto, evitando assim desperdícios de matéria-prima. A produtividade dentro dos canteiros de obra também poderia ser afetada de forma positiva, pois a impressora permite que a execução seja muito mais rápida em relação à mão-de-obra braçal, além de determinar exatamente a quantidade de material necessário e o prazo de finalização. Haveria menos acidentes de trabalho (por não ser necessário o uso de andaimes, por exemplo) e muito mais higiene nos canteiros.

Outra vantagem seria a questão de padronização e personalização de objetos impressos. Com a impressora, não há falhas na execução pois o que se insere no

software será exatamente o que a impressora irá imprimir. E caso falte, por exemplo, alguma peça para completar a execução, com a impressora na obra seria facilmente resolvido, alterando apenas os dados inseridos no programa. Patologias devido à má execução das etapas também seria um problema a menos nos canteiros de obra.

Os gastos relacionados a multas por acidente de trabalho também se tornam uma questão relevante. As construtoras gastam um valor muito alto devido a falta de segurança que muitas obras possuem. Mesmo com equipamentos de segurança, pode-se haver algum acidente. Com a impressão 3D atuando na alvenaria, por exemplo, alguns acidentes seriam evitados e, conseqüentemente, as empresas reduziriam financeiramente esses prejuízos.

Claro que não basta apenas inserir a tecnologia no setor da construção civil, pois é necessário também que haja mão-de-obra qualificada. As construtoras e até entidades como o SENAI atuariam na capacitação dos trabalhadores de forma que eles saibam como conduzir a impressora. Uma vantagem nesse tipo de capacitação é que o profissional não precisa necessariamente trabalhar com construção civil. Ao se obter conhecimento sobre a manufatura aditiva, ele pode ser convertido para outros setores que utilizam a impressão 3D em seus segmentos, como o setor da indústria automotiva, devido ao fato do conhecimento ao se manusear o maquinário seja o mesmo.

6.2. SOLUÇÕES PARA UMA POSSÍVEL APLICABILIDADE

Como observado, a inserção da impressão 3D na construção civil ainda possui empecilhos antes de ser efetivamente aplicada. Um exemplo limitante seria a não existência da impressora 3D própria para ser utilizada nos canteiros de obra. A única da qual foi encontrada algum registro foi a *Alya 130* – da *startup* InovaHouse 3D – que utiliza a tecnologia *Concrete Printing* e se torna a primeira impressora 3D de cimento da América Latina.

Porém, mesmo com tal restrição, há algumas formas de se possibilitar a implantação da tecnologia no setor da construção civil.

A utilização de protótipos impressos como maquetes da própria obra, por exemplo, auxiliaria na apresentação do projeto para os clientes e para a equipe que executa. Facilitaria a execução das etapas dentro dos canteiros de obra, pois permitem uma melhor visualização de como determinada fase do empreendimento deve ser exercido, tendo em vista que geralmente a equipe recebe somente as plantas baixas da obra, podendo evitar assim algum erro de produção.

O manuseio da impressão 3D como alternativa à alvenaria comum também poderia ser uma ideia a ser questionada. Quando essa etapa é má executada, há chances de surgirem patologias, o que causa um certo gasto financeiro para o proprietário. Com a tecnologia inserida nessa fase, esse tipo de problema poderia ser anulado, tendo em vista que a impressão 3D permite que haja total padronização, utilização de todo o material depositado na impressora e menos tempo na execução.

A aplicação da tecnologia em mobilidade urbana também poderia ser vantajosa, pois as peças produzidas pela impressora são extremamente resistentes, podendo ser utilizada na execução de paradas de ônibus, por exemplo. Como o tempo de fabricação é infinitamente menor se comparado com a técnica atualmente utilizada, poderia ser construído muito mais pontos em menos tempo, facilitando assim o dia a dia da sociedade.

Caso haja a aprovação da CAIXA para financiamento de obras com esse método construtivo, o programa Minha Casa Minha Vida também poderia ser beneficiado com a tecnologia, com mais residências sendo construídas em muito menos tempo e populações que não possuam casa própria seriam contempladas com as novas moradias em um curto prazo.

7. CONCLUSÃO

Com a chegada da Indústria 4.0, é nítido a mudança de *mindset* no setor da Construção Civil. A impressão 3D é uma tecnologia que faz parte das vertentes dessa indústria e é capaz de auxiliar no gerenciamento de qualquer empreendimento, aperfeiçoando também a produtividade dos processos nos canteiros de obra. Com a inserção da manufatura aditiva, há também o aspecto positivo no que diz respeito a sustentabilidade, pois se trata de menos matéria-prima lançada ao meio ambiente.

Nenhuma sociedade consegue atingir o desenvolvimento sustentável sem que o setor da construção civil se transforme profundamente (JOHN, 1995 apud TICIANI, 2005). De maneira geral, a construção civil acaba acarretando prejuízos ambientais caso não haja uma racionalização de materiais utilizados. Assim sendo, a impressão 3D torna-se uma tecnologia vantajosa no que diz respeito ao não desperdício de recursos.

A Construção Civil brasileira já instaurou a filosofia *Lean Construction*, metodologia que busca simplificar os seus processos (KOSKELA, 1992) em seus canteiros, portanto acaba ficando cada vez mais próximo que a impressão 3D seja inserida no setor. Com o anseio de construir cada vez em maior quantidade e qualidade, a tecnologia acaba tornando-se promissora no mercado, mesmo com determinadas restrições.

Contudo, há questões que devem ser enfatizadas. O Brasil possui uma cultura bastante enraizada em relação à mão-de-obra braçal, utilizando ainda recursos muito artesanais. Comparado com outras frentes, o setor da Construção Civil no Brasil é considerado muito atrasado. Ao incentivar a mudança dessas práticas, entra também a questão de incentivar os trabalhadores a se qualificarem com a nova tecnologia. Há também a questão de ser uma tecnologia bastante recente no país, sem muitas informações a respeito e tampouco dados que sejam mensuráveis e benéficos

financeiramente para que as construtoras adotem essa metodologia em seus empreendimentos.

Finalizando, a indústria da construção brasileira está evoluindo a pequenos passos. Com a criação de normas que possibilitem a utilização da impressão 3D como método construtivo, elaboração de mais impressoras e facilidade em financiamentos, a tecnologia possui grande potencial de crescimento nas obras do país. É necessária uma redefinição de como as construtoras estão construindo hoje, pensando na sustentabilidade, em mais qualidade nas entregas e menos tempo de execução.

8. SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Como forma de sugestão, há algumas maneiras de se complementar esta pesquisa. Uma delas seria a ampla busca por documentos de outros países, como teses de mestrado e doutorado, pois foi nítido ao se realizar esse trabalho que boa parte da tecnologia está difundida em outros lugares.

Aconselho também entrevistas com outros especialistas, de preferência aqueles que já utilizam a impressão 3D na construção civil. Infelizmente no Brasil não foram encontrados muitos dados, então acredito que seria interessante a busca por profissionais estrangeiros. Países como Estados Unidos e Itália possuem *startups* que estão inserindo a tecnologia na construção de residências há algum tempo.

9. BIBLIOGRAFIA

ARANTES, Paula Cristina Fonseca Gonçalves. **Lean Construction – Filosofia e Metodologias**. Tese (mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. Porto, Portugal, p. 108. 2008. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/60079/1/000129800.pdf>. Acesso em: 21 maio 2021.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT 15575-1**: assunto: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais.

BHAVSAR, Neil C. This Home Was Printed in Only 24 hours and for just \$10.000. **Futurism**, 2017. Disponível em: <https://futurism.com/this-home-was-3d-printed-in-only-24-hours-and-for-just-10000>. Acesso em: 02 abr. 2021.

BIG and ICON reveal Project Olympus to develop 3D-Printed homes on the Moon funded by NASA. **World Architecture**, 2020. Disponível em: <https://worldarchitecture.org/article-links/eghzh/big-and-icon-reveal-project-olympus-to-develop-3dprinted-homes-on-the-moon-funded-by-nasa.html>. Acesso em: 02 abr. 2021.

BLOCK, India. World's largest 3d-printed building completes in Dubai. **Dezeen**, 2019. Disponível em: <https://www.dezeen.com/2019/12/22/apis-cor-worlds-largest-3d-printed-building-dubai/>. Acesso em: 02 abr, 2021.

BONAFÉ, Gabriel. Contour Crafting oferece soluções para automatizar o canteiro de obras. **AEC Web**, c1999. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/contour-crafting-oferece-solucoes-para-automatizar-o-canteiro-de-obras/13294>. Acesso em: 03 abr. 2021.

BRITO, Sabrina. Startup lança primeiro conjunto residencial construído por impressoras 3D. **Veja**, 9 abr. 2021. Tecnologia. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/tecnologia/startup-lanca-primeiro-conjunto-residencial-construido-por-impressoras-3d/>. Acesso em: 16 maio 2021.

CAIRNS, Rebecca. NASA wants to build a lunar base by 2030. Could 3D printing with moon dust be the answer?. **CNN**, 17 dez. 2020. Arquitetura. Disponível em: https://edition.cnn.com/style/article/3d-print-lunar-base-moon-dust-spc-intl/index.html?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+rss%2Fcdn_latest+%28RSS%3A+CNN+--+Most+Recent%29. Acesso em: 02 abr. 2021.

CAMERA, Elaine. **Lean Construction como estratégia para melhorias em canteiros de obras: uma revisão sistemática na literatura nacional**. Tese (mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista Julio Mesquita Filho. Bauru, p. 118, 2015. Disponível em <http://hdl.handle.net/11449/132553>. Acesso em: 23 maio 2021.

CANCELIER, Mariela. Primeiro escritório do mundo feito totalmente por impressora 3D fica em Dubai. **Mundo Conectado**, 2020. Disponível em: <https://mundoconectado.com.br/noticias/v/11826/primeiro-escritorio-do-mundo-feito-totalmente-por-impressora-3d-fica-em-dubai>. Acesso em: 03 abr. 2021.

CARVALHO, Isabella. ICON, a startup que imprime casas, lança impressora 3D no mercado. **StartSe**, 2019. Disponível em: <https://www.startse.com/noticia/startups/icon-lanca-impressora-3d-mercado>. Acesso em: 03 abr. 2021.

CASA na Rússia foi impressa em 3D em apenas 24 horas. **Exame**, 6 mar. 2017. Tecnologia. Disponível em: <https://exame.com/tecnologia/casa-na-russia-foi-impressa-em-3d-com-apenas-24-horas/>. Acesso em: 03 abr. 2021.

CASSITA, Danielle. Startup cria projeto para desenvolver construções na Lua usando impressão 3D. **Canaltech**, 2020. Disponível em: <https://canaltech.com.br/espaco/startup-cria-projeto-para-desenvolver-construcoes-na-lua-usando-impressao-3d-172529/>. Acesso em: 03 abr. 2021.

CHIUSOLI, Alberto. 3D printed house TECLA. **WASP**, 2019. Disponível em: <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-tecla/>. Acesso em: 08 maio 2021.

CHIUSOLI, Alberto. The 3D printed house GAIA. **WASP**, 2018. Disponível em: <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-gaia/>. Acesso em: 08 maio 2021.

COMO funciona uma impressora 3D? Passo-a-passo. **3D Criar**, 2020. Disponível em: <https://3dcriar.com.br/como-funciona-uma-impressora-3d-passo-a-passo/>. Acesso em: 31 mar. 2021.

CONHEÇA as possibilidades da impressora 3D na construção. **Mobuss Construção**, 2019. Disponível em: <https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/impressora-3d/>. Acesso em: 31 mar. 2021.

CONHEÇA os tipos de impressão 3D e os seus benefícios. **3D Lab**, 2018. Disponível em: <https://3dlab.com.br/tipos-de-impressao-3d-e-beneficios/>. Acesso em: 31 mar. 2021.

CONSTRUÇÃO civil consome até 75% da matéria-prima do planeta. **O Globo**, 13 jul. 2013. Ciência. Disponível em: <http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2013/07/construcao-civil-consome-ate-75-da-materia-prima-do-planeta.html>. Acesso em: 16 jun. 2021.

CONSTRUÇÃO em escala: os dados da McKinsey para o sistema construtivo. **Ambar Tech**, 2019. Disponível em: <https://ambar.tech/2019/11/18/construcao-em-escala-os-dados-da-mckinsey-para-o-sistema-construtivo/>. Acesso em: 16 jun. 2021.

DE ABREU, Victor Hugo Souza; DE SOUZA, Gabriel Marques. Uma Revisão Bibliométrica Sobre A Impressão 3D Em Concreto: A Bibliometric Review On 3D Concrete Printing. **Brazilian Journal of Production Engineering - BJPE**, [S. l.], v. 5, n. 5, p. 50–62, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/bjpe/article/view/27748>. Acesso em: 02 abr. 2021.

DEFINING the trend: Cement consumption vs GDP. **Global Cement**, 2014. Disponível em: <https://www.globalcement.com/magazine/articles/858-defining-the-trend-cement-consumption-vs-gdp>. Acesso em: 02 jun. 2021.

DEGANI, Jonathan. O impacto e a Importância da Construção Civil no País. **Sienge**, 2020. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/construcao-civil-no-pais/>. Acesso em: 16 jun. 2021.

DESPERDÍCIOS na construção civil e seus impactos. **Mobuss Construção**, 2018. Disponível em: <https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/desperdicios-na-construcao-civil/>. Acesso em: 16 jun. 2021.

EDGEMON, Erin. ICON raises \$35M to fuel development of 3D home printer ready for mass market. **Austin Business Journal**, 19 ago. 2020. Tecnologia. Disponível em: <https://www.bizjournals.com/austin/news/2020/08/19/icon-35-million-3d-printed-homes.html>. Acesso em: 08 maio 2021.

ENGIPRINTERS, Editorial. FDM VS SLA: Comparação de cada tecnologia na impressão 3D. **Engiprinters**, c2020. Disponível em: <https://engiprinters.com.br/fdm-vs-sla-comparacao-de-cada-tecnologia-na-impressao->

3d/?gclid=Cj0KCQjwk4yGBhDQARIsACGfAeu5Z3mP6U6V7RmVL15hV_oEHvmCqTKi7aOJ7gvmCSJ4BHkCI1EpPoYaAjh8EALw_wcB. Acesso em: 31 mar. 2021.

ENGIPRINTERS, Editorial. O que é e como funciona a impressão SLA?. **ENGIPRINTERS**, c2020. Disponível em: <https://engiprinters.com.br/o-que-e-e-como-funciona-a-impressao-sla-d90/>. Acesso em: 31 mar. 2021.

ESTEREOLITOGRAFIA. **Hi Sour**. Disponível em: <https://www.hisour.com/pt/stereolithography-40605/>. Acesso em: 31 mar. 2021.

FALCONI, Vicente. A inovação contínua. **Revista O Papel**, 2016. Disponível em: http://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1456017203_8db758d62b22d91450f09c65e09eb45e_655632512.pdf. Acesso em: 06 jul. 2021.

FARIAS, Vanessa. Conheça a startup que aposta na construção 3D. **Buildin Construção e Informação**, 2019. Disponível em: <https://www.buildin.com.br/startup-construcao-3d/>. Acesso em: 31 mar. 2021.

FLORÊNCIO, Eduardo Quintella et al. Concreto para uso em impressora 3D e sua utilização na construção de edificações: um estudo prospectivo. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 10, n. 3, p. 578-589, jul./set. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/323231850_CONCRETO_PARA_USO_EM_IMPRESSORA_3D_E_SUA_UTILIZACAO_NA_CONSTRUCAO_DE_EDIFICACOES_UM_ESTUDO_PROSPECTIVO. Acesso em: 31 mar. 2021.

GREGURIC, Leo. Concrete 3D Printing: How it Works & Applications. **All3DP**, 2018. Disponível em: <https://all3dp.com/2/concrete-3d-printing-how-to-do-it-and-application/>. Acesso em: 03 abr. 2021.

GTZ; SEBRAE; SENAI. Gestão de Resíduos na Construção Civil: Redução, Reutilização e Reciclagem. **FiEB**, Documento Eletrônico. Disponível em: http://www.fieb.org.br/Adm/Conteudo/uploads/Livro-Gestao-de-Residuos_id_177__xbc2901938cc24e5fb98ef2d11ba92fc3_2692013165855_.pdf. Acesso em: 17 jun. 2021.

HISTÓRIA da impressão 3D: uma retrospectiva de 40 anos. **Render Cursos**, 2021. Disponível em: <https://blog.render.com.br/impressao-3d/a-historia-da-impressao-3d-uma-retrospectiva-de-40-anos/>. Acesso em: 31 mar. 2021.

HISTÓRIA das impressoras 3D. **Done 3D**, 2020. Disponível em: <https://done3d.com.br/historia-das-impressoras-3d/>. Acesso em: 31 mar. 2021.

ICON delivers series of 3D-Printed homes for homeless in Austin. **ICON**, 2020. Disponível em: <https://www.iconbuild.com/updates/icon-delivers-series-of-3d-printed-homes-for-homeless>. Acesso em: 08 maio 2021.

JORGE, Jéssica Mendes; FIRMINO, Alice Thadeu; SANTOS, Andrea Cristina dos. Análise da impressão 3d no ensino de engenharia: um estudo de caso no laboratório aberto de Brasília. **Anais do 12º Congresso Brasileiro de Inovação e Gestão de Desenvolvimento de Produto**, São Paulo, v.2, n. 6, p. 946-956, nov. 2019. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/anlise-da-impresso-3d-no-ensino-de-engenharia-um-estudo-de-caso-no-laboratrio-aberto-de-braslia-33881>. Acesso em: 19 mar. 2021.

JUNIOR, Francisco Gonçalves. BIM: Tudo o que você precisa saber sobre esta metodologia. **Mais Engenharia**, 2018. Disponível em: <https://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/tudo-o-que-voce-precisa-saber/>. Acesso em: 06 maio 2021.

JUNIOR, Ivan Francklin. Inovação tecnológica e modernização na indústria da construção civil. **Ciência ET Praxis**, [S. l.], v. 1, n. 02, p. 11–16, 2008. Disponível em: <https://revista.uemg.br/index.php/praxys/article/view/2078>. Acesso em: 9 jun. 2021.

JUNIOR, Wilson. Construindo o futuro de olho no passado: a história da construção civil no Brasil. **Obra Prima**, 2020. Disponível em: <https://blog.obraprimaweb.com.br/a-historia-da-construcao-civil-no-brasil/>. Acesso em: 20 maio 2021.

KHOSHNEVIS, Behrokh. Automated Construction using Contour Crafting – Applications on Earth and Beyond. **Nist Special Publication Sp**, p. 489-494, 2003. Disponível em: <https://buildersontario.com/wp-content/uploads/2014/02/Contour-Crafting.pdf>. Acesso em: 29 jun 2021.

KOSKELA, Lauri. **Application of the new production philosophy to construction**. 1992. 81 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Stanford University, Standford, 1992. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.15.9598&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 12 jun. 2021.

LIBARDONI, Vinícius. SEArch+ e ApisCor levam o primeiro prêmio no 3D-Printed Habitat Competition da NASA. **Archdaily**, 2019. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/914246/search-plus-e-apis-cor-levam-o-primeiro-premio-no-3d-printed-habitat-competition-da-nasa>. Acesso em: 18 maio 2021.

LOPES, Gonçalo Teixeira Ferreira. **Exploração das possibilidades da impressão 3D na construção**. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. Porto, Portugal, p. 95. 2016. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/82802/2/119532.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2021.

MADRIGALI, Mariana. Conheça a WinSun e seus prédios feitos por uma impressora 3D. **China Link Trading**, 2018. Disponível em:

<https://www.chinalinktrading.com/blog/winsun-predios-impressora-3d/>. Acesso em: 26 maio 2021.

MANNARA, Barbara. Empresa chinesa constrói primeiro edifício do mundo com uma impressora 3D. **Techtudo**, 2015. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2015/01/empresa-chinesa-constroio-primeiro-edificio-do-mundo-com-uma-impressora-3d.html>. Acesso em: 26 maio 2021.

MARTINELLI, Juliana. Um pouco de história. **InovaHouse 3D**, 2020. Disponível em: <https://www.inovahouse3d.com.br/post/um-pouco-de-hist%C3%B3ria>. Acesso em: 26 maio 2021.

MATUTI, Bruna Barbosa; SANTANA, Genilson Pereira. Reutilização de resíduos de construção civil e demolição na fabricação de tijolo cerâmico – uma revisão. **Scientia Amazonia**, Amazonas, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2019. Disponível em: <http://scientia-amazonia.org/wp-content/uploads/2018/11/v.-8-n.1-E1-E13-2019.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2021.

MEET TECLA, an eco-sustainable 3D printed habitat. **3D Adept Media**, 2021. Disponível em: <https://3dadept.com/meet-tecla-an-eco-sustainable-3d-printed-habitat/>. Acesso em: 09 maio 2021.

MENDOZA, Hannah Rose. Alain Le Méhauté, The Man Who Submitted Patente For SLA 3D Printing Before Chuck Hull. **3D Print**, 2015. Disponível em: <https://3dprint.com/65466/reflections-alain-le-mehaute/>. Acesso em: 08 maio 2021.

MOHON, Lee. NASA Looks to Advance 3D Printing Construction Systems for the Moon and Mars. **NASA**, 2020. Disponível: <https://www.nasa.gov/centers/marshall/news/releases/2020/nasa-looks-to-advance-3d-printing-construction-systems-for-the-moon.html>. Acesso em: 08 maio 2021.

PACHECO, Adriano. 3 indícios que o uso da impressora 3D na construção civil brasileira é iminente. **Mais Engenharia**, 2017. Disponível em: <https://maisengenharia.altoqi.com.br/estrutural/impressora-3d-na-construcao-civil-brasileira/>. Acesso em: 04 abr. 2021.

PACHECO, Adriano. A impressão 3D no mercado da construção civil. **Mais Engenharia**, 2017. Disponível em: <https://maisengenharia.altoqi.com.br/estrutural/impressao-3d-mercado-da-construcao-civil/>. Acesso em: 04 abr. 2021.

PACHECO, Adriano. Impressoras 3D: o futuro presente da engenharia. **Mais Engenharia**, 2017. Disponível em: <https://maisengenharia.altoqi.com.br/estrutural/impressoras-3d-engenharia/>. Acesso em: 04 abr. 2021.

PERASSO, Valeria. O que é a 4ª Revolução Industrial – e como ela deve afetar nossas vidas. **BBC**, 22 out. 2016. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-37658309>. Acesso em: 19 mar. 2021.

PEREIRA, Aline. Análise do uso das novas tecnologias na construção civil. **Revista Científica Semana Acadêmica**, Fortaleza, v. 1, n. 164, p. 1-18, maio 2019. Disponível em: <https://semanaacademica.com.br/artigo/analise-do-uso-das-novas-tecnologias-na-construcao-civil>. Acesso em: 15 maio 2021.

PORTELA, Sérgio. Impressora 3D SLA: entenda tudo sobre essa tecnologia. **3D Lab**, 2020. Disponível em: <https://3dlab.com.br/impressora-3d-sla/>. Acesso em: 15 maio 2021.

PORTO, Thomás Monteiro Sobrino. Estudo dos avanços da tecnologia de impressão 3D e da sua aplicação na construção civil. **Trabalho Final de Graduação. UFRJ, Rio de Janeiro**, 2016. Disponível em:

<http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10019793.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2021.

PRINCIPAIS impactos ambientais da construção civil e como evitá-los. **Mobuss Construção**, 2018. Disponível em: <https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/impactos-ambientais-da-construcao/>. Acesso em: 18 maio 2021.

QUEIROGA, Vitor Lucena. Uso da impressão 3D na produção de unidades habitacionais de baixa renda. (Monografia em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 68, 2019. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10027290.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2021.

RIBEIRO, Orlando. Avanços tecnológicos da construção civil. **Gazeta do Povo**, 2013. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/imoveis/avancos-tecnologicos-da-construcao-civil-bibt8cnjo7y9jo5x76d00szm6/>. Acesso em: 18 maio 2021.

RODRIGUES, Ricardo. O que é o Contour Crafting?. **EngiObra**, 2014. Disponível em: <https://engiobra.com/o-que-e-o-contour-crafting/>. Acesso em: 02 jun. 2021.

SANTOS, Altair. Produtividade na construção civil pode melhorar 50%. **Massa Cinzenta**, 2019. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/produktividade-na-construcao-civil-pode-melhorar-50/>. Acesso em: 18 maio 2021.

SANTOS, Altair. Startup brasileira cria primeira impressora 3D para concreto. **Massa Cinzenta**, 2016. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/startup-impressora-3d-concreto/>. Acesso em: 02 jun. 2021.

SCHWAB, Klaus. **A Quarta Revolução Industrial**. 1 ed. Tradução: Daniel Moreira Miranda. 1 ed. São Paulo: Edipro, 2016. 167 p. Disponível em: <https://lelivros.love/book/baixar-livro-a-quarta-revolucao-industrial-klaus-schwab-em-pdf-epub-mobi-ou-ler-online/>. Acesso em: 23 jun. 2021.

SEBRAE. Produtividade e Sustentabilidade: as alavancas para a construção civil. **SEBRAE Inteligência Setorial**, 2018. Disponível em: <https://sebraeinteligenciasetorial.com.br/produtos/noticias-de-impacto/produzividade-e-sustentabilidade-as-alavancas-para-a-construcao-civil/5ab4f83eb2bafd1a000245d6>. Acesso em: 01 jul. 2021.

SILVA, Daniel Neves. "Construção de Brasília"; **Brasil Escola**, c2021. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/historiab/construcao-de-brasilia.htm>. Acesso em: 23 jun. 2021.

SINAT. Documentos Complementares ao Regimento do SiNAT. Documento eletrônico. Disponível em: <http://pbqp-h.mdr.gov.br/download.php?doc=87fadcee-5307-4b45-ba10-d982097889b7&ext=.pdf&cd=771>. Acesso em: 01 jul. 2021.

SOUSA, Marcia. Casa é construída com impressão 3D e argila na Itália. **Archdaily**, 2021. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/956414/casa-e-construida-com-impressao-3d-e-argila-na-italia>. Acesso em: 08 maio 2021.

SOUZA, Pâmela. Veja como a impressão 3D está revolucionando o mercado da construção civil. **Voitto**, 2021. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/impressao-3d-na-construcao-civil>. Acesso em: 08 maio 2021.

TECNOLOGIA na construção civil: o que é, importância e exemplos. **Fundação Instituto de Administração**, 2020. Disponível em: <https://fia.com.br/blog/tecnologia-na-construcao-civil/>. Acesso em: 06 maio 2021.

TICIANI, Ermínio. **Racionalização de projetos e redução dos custos ambientais na Construção Civil: o caso da Universidade das Américas – UniAmérica.** Tese (mestrado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 124, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/103110/>. Acesso em: 1 maio 2021.

VEEN, Arnaud van der. **The Structural Feasibility of 3D-printing houses using printable polymers.** Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil e Geociências, Universidade Tecnológica de Delft. Delft, Holanda, p. 196, 2014. Disponível em: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:1a6a869e-4765-47c6-b8c0-a73c968cc9a5>. Acesso em: 08 maio 2021.

VIAU, Kimberly. Primeira impressora 3D do mundo: conheça a história!. **3D Lab**, 2021. Disponível em: <https://3dlab.com.br/a-primeira-impressora-3d-do-mundo/>. Acesso em: 31 mar. 2021.