

A MANUFATURA ADITIVA NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO INSTRUMENTO DE REDUÇÃO DO DÉFICIT HABITACIONAL

Anísio Fernandes de Oliveira (UNICESUMAR) E-mail: anisio.oliveira@gmail.com
Ronan Yuzo Takeda Violin (UNICESUMAR) E-mail: ronan.violin@unicesumar.edu.br

Resumo: Manufatura aditiva é o processo onde um material é projetado sobre uma superfície, a partir do qual se dá origem a objetos que vão de protótipos até a construção de prédios. Baseado nisso, o objetivo do trabalho foi identificar na tecnologia, possibilidades para redução do déficit habitacional e buscar informações que comprovem que seus custos são menores que os de métodos tradicionais da construção civil, bem como informar que seu uso contribui com a preservação do meio ambiente. O método mais viável foi o da tecnologia FDM, que consiste em modelar através de deposição fundida o objeto desejado, no caso, habitações. Com isso, baseado em pesquisas de revisão, este artigo comprovou que a habitação construída pela Icon (2018) possui menor custo quando comparada com outras empresas estudadas e a construção tradicional. Comprovou que o modelo utilizado pela Apis Cor, para a mesma amostra, apresenta maior valor até que o método convencional, mostrando que nem sempre é possível reduzir custos. Porém, tal resultado caracterizou a tecnologia 3D como possível solução para o déficit de moradias. Parcerias como a que ocorreu no México entre a New Story, Échale e Icon, mesmo o custo dos equipamentos sendo ainda uma incógnita, provaram isso. Também pondera sobre os riscos que sua aplicação pode trazer ao Brasil, cuja não qualificação da mão-de-obra existente poderá se transformar em desemprego. Logo, espera-se que o presente artigo contribua com o leitor na identificação de possibilidades do uso da impressão 3D na construção de habitações de interesse social

Palavras-chave: Impressão 3D. Habitação. Tecnologia.

THE ADDITIVE MANUFACTURING IN THE CIVIL CONSTRUCTION INDUSTRY AS A HOUSING DEFICIT REDUCTION INSTRUMENT

Abstract: Additive manufacturing is the process where a material is projected onto a surface, from which objects are created, ranging from prototypes to the construction of buildings. Based on this, the objective of the work was to identify, in technology, possibilities for reducing the housing deficit and seek information that proves that its costs are lower than those of traditional methods of civil construction, as well as informing that its use contributes to the preservation of the environment. . The most viable method was the FDM technology, which consists of modeling the desired object through fused deposition, in this case, housing. Thus, based on review research, this article proved that the housing built by Icon (2018) has a lower cost when compared to other companies studied and traditional construction. It proved that the model used by Apis Cor, for the same sample, has even greater value than the conventional method, showing that it is not always possible to reduce costs. However, this result characterized 3D technology as a possible solution to the housing deficit. Partnerships such as the one that took place in Mexico between New Story, Échale and Icon, even though the cost of the equipment is still an unknown quantity, proved this. It also considers the risks that its application may bring to Brazil, whose non-qualification of the existing workforce could turn into unemployment. Therefore, it is expected that this article will help the reader to identify possibilities for the use of 3D printing in the construction of social housing.

Keywords: 3D printing. Housing. Technology

1. Introdução

Com a frequente busca por construções sustentáveis, construções essas que estão sujeitas até a selos que homologam as construtoras como amigas da natureza, outras tecnologias surgem como opção aos métodos tradicionais de se construir.

Tais opções prometem métodos construtivos limpos, minimalistas no que diz respeito ao uso de recursos naturais e humanos e até promessas de diminuição do déficit habitacional existente no mundo.

Dentre essas novas tecnologias, surge a manufatura aditiva (MA), usualmente conhecida como impressão 3D. Com início na década de 80, primeiro com Ideo Kodama (1981) e depois com Charles Chuck Hull (1984), em conjunto com a estereolitografia (SLA), que permite a criação de modelos 3D recorrendo a dados digitais (FREITAS, 2016). Inicialmente, surgiu como produtora de protótipos, mas, nos últimos anos, e em função da redução dos custos e popularização pela qual as tecnologias de impressão 3D vêm passando, pode-se observar uma intensificação e diversificação na sua utilização, inclusive aplicada à construção civil (REIS, 2018).

A necessidade por moradia acompanha o brasileiro desde a época do Brasil Colonial, problema esse que vem se agravando à medida que os anos avançam (NASCIMENTO e BRAGA, 2009). Em 2019, o déficit habitacional estimado para o Brasil foi de 5,876 milhões de domicílios (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2021). E para a Associação Brasileira de Incorporações Imobiliárias (ABRAINC, 2020), esse número será de aproximadamente 93 milhões de famílias em 2030. No mundo, em 2005, Antônio Gois do jornal Folha de S. Paulo afirmou que a ONU projetava um déficit habitacional de 3 bilhões de pessoas em 2030.

Nesse contexto, pretende-se avaliar o uso da MA na construção civil como instrumento capaz de produzir unidades habitacionais de maneira otimizada, utilizando pouca mão de obra e construindo com baixos índices de perda, proporcionando, num curto espaço de tempo, diminuir o déficit habitacional de uma região, bem como, avaliar a instalação dessa tecnologia no Brasil.

Diante do que se pretende com esse trabalho, a respeito da construção de habitações a partir da tecnologia de MA, o objetivo é identificar, através de revisões bibliográficas, possibilidades para redução do déficit habitacional e buscar informações que comprovem que os custos advindos dessa tecnologia são menores que os de métodos tradicionais, bem como informar que o uso dessa tecnologia contribui também com a preservação do meio ambiente.

2. Desenvolvimento

2.1. O Déficit Habitacional Mundial e Brasileiro

De acordo com um estudo publicado por Antônio Gois no jornal Folha de S Paulo em 2005, naquele ano a ONU projetava um déficit habitacional de 3 bilhões de pessoas em 2030. No Brasil, de acordo com a Associação Brasileira de Incorporações Imobiliárias (ABRAINC, 2020), esse número seria de aproximadamente 93 milhões de famílias em 2030.

Introduzindo esse assunto à realidade brasileira, esse número discrepante é um indício de que o acesso a linhas de crédito pela população mais pobre é reduzido e com condições pouco atrativas, o que pode ser justificado pelo alto custo dos imóveis disponíveis para compra. Segundo Gois (2005), para “Erik Vittrup, representante de assentamentos humanos da ONU no Brasil, o país ainda não conseguiu criar condições para que o setor privado ofereça crédito atrativo para a população mais pobre”, deixando assim essa classe da população cada vez mais distante da realização do sonho da casa própria.

A indústria da construção civil é responsável pelo consumo de 40% a 75% da matéria-prima produzida no planeta, além de um terço dos recursos naturais (Construct, 2016). É também, segundo estatísticas, responsável por 40% a 70% do volume total dos resíduos urbanos para centros urbanos com mais de 500.000 habitantes (Blumenschein, 2004). O consumo de cimento é maior que o de alimentos, só perde para a água. Em 2012, foram 536 quilos de

cimento para cada ser humano no mundo, o que faz da construção civil a indústria mais poluente do planeta. No Brasil, foram 353 quilos por pessoa em 2009 (CONSTRUCT, 2016). Todos esses fatores influenciam no valor final de um imóvel e inviabiliza sua aquisição por uma classe de pessoas de menor poder aquisitivo.

Diante da problemática, soluções construtivas alternativas, que gerem menos resíduos e conseqüentemente, menos desperdícios, têm sido buscadas por empresas com o objetivo de conseguir produzir moradias que fiquem acessíveis a pessoas pertencentes a tais classes.

No caminho dessa evolução, que progride a passos lentos, pois trata-se de um dos setores mais resistente a mudanças, alguns métodos construtivos que se opõe ao método tradicional têm surgido e com eles a esperança de que os imóveis comecem a ficar mais atrativos para a classe citada. Dentre esses métodos, surge a manufatura aditiva (MA), popularmente conhecida como impressão 3D.

Para facilitar o entendimento, define-se como tradicional os métodos construtivos mais utilizados no Brasil, dentre os quais, a utilização de um conjunto coeso e rígido de tijolos ou blocos (elementos de alvenaria) para funções mais simples como para vedação (paredes) ou até mesmo funções mais elaboradas, que exigem maior resistência a cargas (laje, vigas e pilares), (CEHELLA, 2015), além do método de alvenaria estrutural, processo em que as paredes da edificação fazem a função estrutural, não sendo necessário o emprego de vigas e pilares. (PEREIRA, 2016).

2.2. Surgimento da Impressão 3D

É possível dizer que a impressão 3D ainda está em sua fase embrionária, mas traz consigo um grande potencial de crescimento. No Brasil, seu uso atualmente está voltado apenas à prototipagem de maquetes arquitetônicas ou estruturais (LIMA, 2018).

No Brasil, mesmo havendo projetos na área da construção civil, o uso da MA ainda é pouco explorado. Mas o mesmo não pode ser dito a respeito de outros países.

O início da impressão 3D ocorreu na década de 80, primeiro com o trabalho do japonês Ideo Kodama, quando em 1981 publicou um método de criação de modelos plásticos pela solidificação de um fotopolímero utilizando raios ultravioleta e três anos depois (1984) por Charles Chuck Hull, que registrou a patente de um equipamento que construía objetos tridimensionais, o qual deu o nome de estereolitografia.

A partir de então, outras formas de impressão 3D foram surgindo e com isso, a evolução da ferramenta que está a caminho de se tornar o objeto que ajudará a solucionar o problema do déficit habitacional existente em vários países, principalmente nos chamados emergentes.

Conforme mencionado, o método de Kodama, que solidificou fotopolímero através de raios ultravioletas e que foi o precursor da MA, foi o primeiro a ser utilizado. Após isso, Hull utilizou a estereolitografia, que consistia na projeção de materiais obtidos através do enrijecimento de um tipo de resina, após esta ser atingida em pontos predeterminados, por raio-laser. Esse processo é realizado camada por camada, até que o objeto esteja completamente impresso (PORSANI et al, 2017). Ainda existiu os métodos DLP (*Direct Lighting Printing*) ou Impressão Direta por Luz, LS (*Laser Sintering*) ou Sinterização a Laser, SLS (*Super Laser Sintering*), *Inkjet Printer*, advinda da impressão 2D e FDM (*Fused Deposition Modeling*) ou Modelagem por Fusão e Depósito, que veio a se tornar o método mais comum, barato e acessível de manufatura aditiva (PORSANI et al, 2017). Funciona de maneira bastante simples a partir de um bico extrusor e por isso se tornou o modelo a ser utilizado na construção civil, objeto deste estudo.

2.3. A Impressão 3D na Construção Civil

Em 2001, o investigador Behrokh Koshnevis e sua equipe, da Universidade do Sul da Califórnia, criaram a primeira tecnologia de Impressão 3D Cimento Portland (3DCP) que recebeu o nome de *Contour Crafting* (CC) (Construção por Contornos, em tradução livre), (BRUN, 2020). Essa tecnologia está baseada na extrusão de concreto no estado pastoso sendo sua aplicação controlada por computador, utilizando-se da ferramenta CAD.

Trata-se de uma tecnologia capaz de utilizar os mais variados tipos de materiais na impressão de seus produtos. Com o objetivo de identificar a tecnologia capaz de se tornar solução para o problema de habitações de interesse social, destacar-se-á apenas aquelas que possuem capacidade efetiva para construir com materiais à base de cimento, ou semelhante, edificações que possam contribuir para o recuo do déficit habitacional no mundo e no Brasil.

Algumas empresas ao redor do mundo estão utilizando esse tipo de tecnologia, o que pode efetivamente contribuir para o que está sendo proposto nesse trabalho.

Pesquisas direcionaram para empresas internacionais que possuem potencial para redução do déficit habitacional, dadas as condições da execução e custo de trabalho. Também se descobriu um estudo brasileiro que caminha no mesmo sentido.

Uma dessas empresas é a Apis Cor. A empresa americana foi a primeira a desenvolver uma impressora capaz de construir de forma totalmente virtual. Criada por Nikita Chen-iun-tai, engenheiro russo, a empresa utiliza um braço robótico apoiado sobre uma base giratória que foi responsável pela construção de uma casa em menos de 24 horas (REIS, 2018). O mesmo é capaz de imprimir uma casa de 38m² por menos de 10 mil dólares. A evolução dessa tecnologia possibilita ser cada vez mais viável a produção em larga escala de casas populares (LIMA, 2018). Atualmente o equipamento da empresa leva o nome de Frank (Figura 1) e segundo a mesma, usando inovação e gerando pouco desperdício, o equipamento é capaz de “imprimir” um prédio com até 3,2 metros de altura.

Figura 1 - Braço Robótico Frank

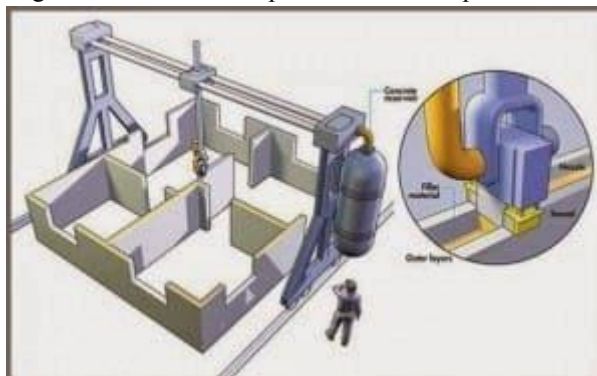


Fonte: Apis Cor (2021)

Já a Winsun é uma empresa chinesa de alta tecnologia que se dedica à pesquisa e desenvolvimento de novos materiais para construção. A empresa chegou a ser anunciada como a primeira empresa que realmente poderia imprimir em 3D. É uma empresa pioneira e detentora da maior impressora do mundo em dimensões, a qual mede 6 metros de altura, 10 metros de largura e 40 metros de comprimento (Figura 3), que imprime elementos

pré-fabricados para posterior montagem. Em 2013 a empresa conseguiu construir 10 casas em menos de 24 horas com impressão em concreto a base de cimento e fibra de vidro e com custo médio de 5 mil dólares por unidade (BRUN, 2020).

Figura 3 - modelo de impressora utilizada pela WinSun



Fonte: Rodrigues (2014)

No México, a New Story, organização sem fins lucrativos que tem sede em San Francisco (Califórnia) e trabalha para oferecer moradias para famílias em situação de extrema pobreza, se juntou a Échale, construtora de habitações sociais no México, e a Icon, empresa de Impressão 3D na construção civil com sede em Austin (Texas) (KAMIN, 2021).

Essa união deu origem a construção de uma comunidade inteira utilizando a tecnologia de impressão 3D, totalizando 500 unidades habitacionais que vão atender as famílias que moram em Nacajuca, México, que antes estavam abrigadas em casas sem nenhuma infraestrutura e expostas a todo tipo de risco.

Dois anos após a chegada da New Story à região, que conta com planejamento para estradas, campo de futebol, mercado e biblioteca, 200 casas estão sendo construídas ou já foram concluídas (Figura 5). Dessas, 10 foram impressas pela Vulcan II.

Figura 5 - Casas impressas em 3D em Nacajuca



Fonte: Kamin (2021)

As casas são construídas utilizando a tecnologia FDM, onde camadas de lavacrete, uma espécie de concreto da própria Icon, são sobrepostas uma sobre a outra em um longo e repetitivo processo até que a casa seja finalizada. O controle da impressora é realizado por tablet ou smartphone, sendo necessário apenas 3 funcionários e com possibilidade de conclusão dentro de 24 horas (KAMIN, 2021). A mesma matéria informa ainda que a Icon tem como próximos projetos, habitações sociais, de socorro a regiões atingidas por desastres e imóveis com preços de mercados, ou seja, com foco em ajudar a solucionar o problema do

déficit habitacional, dispõe ainda de tecnologia e experiência para atingir outros níveis sociais utilizando a impressão 3D para construir imóveis.

2.4. A Impressão 3D na Construção Civil do Brasil

A construção civil brasileira convive diariamente com o desperdício de material e tempo na execução de seus projetos. Somado a isso, ainda sofre com a dependência do trabalho humano. A utilização da manufatura aditiva contribuiria para a redução desses problemas reduzindo gastos com mão de obra e diminuindo o impacto ambiental com a redução de resíduos de obra (SOARES e MASUTTI, 2020).

Em 2018, um projeto pioneiro foi apresentado pelos estudantes Iago Felipe Domingos da Silva e Allynson Aarão César Xavier, sob a supervisão do prof. Dr. André Felipe Oliveira de Azevedo Dantas, todos da Universidade Potiguar. Na ocasião foi apresentada uma impressora que possuía a capacidade de construir uma casa de até 200m² em aproximadamente 24 horas (LACERDA, 2019).

No ano de 2020, os outrora alunos, agora já formados, construíram no Rio Grande do Norte (RN) a primeira casa através da impressora 3D (Figura 7 e Figura 8). A casa de 66,81m² foi construída sobre fundações convencionais previamente executadas e utilizou concreto como matéria-prima para paredes, cujo composto cimentício foi desenvolvido de forma a chegar aos níveis aceitáveis para formação das camadas. Como se tratava do primeiro modelo impresso a partir de impressão 3D, o processo foi recebendo ajustes e adequações à medida que ia avançando. No entanto, foram emitidas todas as documentações necessárias para a execução, bem como houve o acompanhamento de órgãos como prefeitura e CREA da cidade (UNP, 2020).

Assim como toda nova tecnologia, a dificuldade está na aceitação por parte de investidores e até mesmo de possíveis futuros usuários. Contudo, ao se considerar redução do desperdício, mão de obra e tempo, além de reduzir o impacto no meio ambiente, o processo oferece redução de custos, qualidade e sustentabilidade, qualidades que justificam investimentos que possam garantir utilização da tecnologia para construção de habitação de interesse social e além disso.

Figura 7 - Responsáveis por projeto da UNP



Fonte: Unp (2020)

De fato, o uso de impressão 3D na construção civil, principalmente na construção de habitações de interesse social, é um fator a ser considerado quando se espera obter sucesso de empreendimento, pois além da redução no custo final, que é obtida em função da velocidade com que se constrói e a quantidade de mão-de-obra que se utiliza, proporciona diminuição de desperdício, já que este fator está associado a diminuição de erros na execução, conforme

Brun (apud Gao et al, 2015), erros esses que estão associados a forma quase autônoma a qual ocorre a execução (CORRÊA, 2016).

Embora tenha-se na tabela SINAP valores que são separados por regiões do Brasil, o que faz com que valores diferentes sejam apontados, optou-se por usar os valores obtidos na tabela do estado do Tocantins visto que o objetivo é demonstrar em nível nacional o que pode ser feito para que o objeto do estudo possa ser alcançado. As tabelas apresentadas por LIMA et al (2020), (Tabela 1 e Tabela 2) demonstram, através de um comparativo com o sistema construtivo em alvenaria estrutural, que o custo de um projeto utilizando a tecnologia 3D é consideravelmente melhor, o que viabiliza sua utilização para o que se propõe o trabalho. Em todos os casos, foram utilizados como referência habitações de 34m² com o mesmo nível de acabamento.

Tabela 1 - Custo do sistema construtivo em alvenaria estrutural, baseados nos dados do SINAP para o estado do Tocantins no ano de 2020

ITEM	DESCRIÇÃO	CUSTO R\$
1	Paredes	1.454,93
2	Fundação e Laje	3.578,78
3	Esquadrias	3.108,70
4	Revestimento	4.949,60
5	Pavimentação	2.248,39
6	Pintura	3.706,58
7	Cobertura	3.322,73
8	Instalações hidráulicas e sanitárias	876,48
9	Instalações elétricas, tomadas e iluminações	2.074,17
10	Outros gastos	1.456,58
11	Custo total	26.698,59

Fonte: Adaptado de Lima (2020)

Tabela 2 - Valores de projeto considerando uma casa no padrão de uma casa popular.

BASE DE DADOS (ANO)	CUSTO POR m ² (R\$)	ÁREA CONSTRUÍDA (m ²)	CUSTO TOTAL (R\$)
WINSUN (2014)	471,27	34	16.023,27
ICON (2018)	385,32	34	13.100,90
APIS COR (2017)	1440,07	34	48.962,68

Fonte: Adaptado de Lima (2020)

É possível verificar na tabela 1 o custo total de uma construção realizada a partir do método tradicional (alvenaria estrutural) no ano de 2020, que totalizou R\$ 26.698,59 e na tabela 2, com os valores convertidos para a moeda brasileira, que utilizou a cotação do dólar de abril/2020, onde o dólar custava R\$ 5,40. Os custos, para a mesma referência de área, das construções executadas pelas impressoras 3D das empresas estudadas: WinSun (2014), Icon (2018) e Apis Cor (2017), com valores totais finais de R\$ 16.023,27, R\$ 13.100,90 e R\$ 48.962,68, respectivamente. As tabelas confirmam que a empresa Icon obteve o menor custo entre todas e quando comparada ao método tradicional a redução chegou a aproximadamente 49%. Também mostraram no comparativo que o custo do projeto da Apis Cor ficou aproximadamente 83% mais elevado, inviabilizando seu uso para o que se propõe no trabalho.

2.5. Risco de Desemprego

Mas nem tudo são flores. A ânsia por resolver um dos problemas de maior impacto em uma economia, através da disponibilidade de habitações principalmente para pessoas de baixa renda, pode fazer nascer um outro problema, o desemprego.

Um dos motivos que contribui para a redução de custo da construção em 3D (baixo número de trabalhadores), a potencializa como capaz de acelerar a distribuição de moradias para pessoas de uma determinada região, como está ocorrendo em Nacajuca, México (KAMIN, 2021), mas pode se tornar o vilão de uma sociedade, causando uma redução na mão de obra necessária e induzindo a um possível aumento no desemprego.

A construção civil tradicional é responsável por muitos empregos, diretos e indiretos. O motivo para isso acontecer é porque o atual e mais utilizado sistema construtivo permite, inclusive, empregar pessoas com baixo grau de instrução. Entre 2004 e 2013, o número de ocupados na construção saiu de 5 milhões para quase 9 milhões (CANTISANI e CASTELO, 2015). Isso representa, para o ano de 2017, 4,33% da população brasileira (207,7 milhões), (IBGE, 2017).

A substituição do sistema tradicional, o mais utilizado no Brasil, por outro que utiliza pouca mão de obra, como é o caso do uso da impressão 3D na construção civil, onde Porto (2016) afirma ser necessário apenas 4 trabalhadores, inevitavelmente contribuiria para, no mínimo, uma migração da mão de obra utilizada, que por questões culturais não se qualificaria e, portanto, não conseguiria se manter no setor. Logo, três são as vertentes possíveis: qualificação da mão de obra para que esta possa permanecer no setor, remanejamento para outros setores da economia e, na pior das hipóteses, o desemprego.

Logo, fica claro que uma decisão em avançar na utilização da tecnologia de MA para construção de habitações de interesse social, e até outras, precisa ser acompanhada de perto por autoridades e profissionais da área, para que os impactos negativos não se sobreponham àqueles que são tão promissores.

3. Resultados e Discussão

A MA, ou impressão 3D, embora tratada como algo embrionário (Lima, 2018), está se firmando cada vez mais como instrumento capaz de inovar o setor da construção civil.

Destaca-se que, ao analisar inúmeras fontes, foi possível perceber que desde o surgimento da tecnologia, com Kodama em 1981, novos métodos foram surgindo à medida que novas impressoras eram criadas. Dentre os vários métodos existentes, destacou-se: DLP, LS, SLS e FDM (PORSANI, 2017), sendo o último, o método mais comum e que se firmou para o uso na construção civil, o qual se mostrou com incrível potencial para ajudar a solucionar o problema do déficit habitacional existente no mundo, conforme Kamin (2021).

As pesquisas comprovaram que a tecnologia está se firmando em empresas presentes nos Estados Unidos (ICON e APIS COR), na China (WIN SUN), na Holanda (DUS ARCHITECT) e em outras partes do mundo. No Brasil, a tecnologia começa a dar sinais de que pode se tornar parte do futuro da construção civil, o que foi demonstrado através dos trabalhos da URBAN 3D e INOVA HOUSE (TAPARELLO, 2016).

Falando especificamente da empresa ICON que, mesmo tendo sede nos Estados Unidos, está desenvolvendo projetos internacionais, como o que ocorreu no México, e mostra com isso que a tecnologia pode romper barreiras e cumprir com o objetivo do presente trabalho.

No Brasil, o estudo apresentado por Lacerda (2019) apresentou o projeto da UNP que coloca o país no caminho para, com o uso da impressão 3D na construção civil, contribuir de forma eficaz, conforme apresentou o trabalho, para amenizar o problema de falta de moradia principalmente às classes mais baixas.

Se faz necessário destacar que o presente método ainda não dispõe de tecnologia que lhe permita executar tetos ou coberturas, conforme Reis (2018).

Todavia, ainda que a utilização de pouca mão de obra faça surgir outro problema, o desemprego, a tecnologia se apresentou com potencial para ajudar a reduzir déficit habitacional oferecendo imóveis a preços acessíveis (que são obtidos em função da pouca mão-de-obra utilizada e rapidez na execução), ofereça baixos níveis de desperdício e menor nível de agressão ao meio ambiente, já que é possível a utilização de matéria prima oriunda de materiais recicláveis (SOARES e MASUTTI, 2020).

No entanto, estudos mais profundos ainda são necessários para que possam medir o impacto que uma mudança de direção dessa magnitude possa causar no setor construtivo do Brasil e assim, ajudar na tomada da melhor decisão para sua implantação definitiva.

4. Conclusão

Apesar de a manufatura aditiva ser relativamente nova, essa é uma tecnologia que se desenvolveu rapidamente e desde seu surgimento, na década de 80, alcançou diversos setores da economia, incluindo entre eles o setor da construção civil.

Trata-se de uma tecnologia cujos principais atributos na construção civil é proporcionar rapidez e redução do custo das edificações. Mas também se apresenta de forma muito promissora para sanar problemas como déficit habitacional além de se posicionar como opção para construir habitações que exigem maior grau de exigência arquitetônica, já que não está limitada às formas geométricas altamente utilizadas nos mais variados processos construtivos atualmente existentes.

Por ora, a tecnologia é dominada principalmente por empresas internacionais, cujas pesquisas e avanços para utilização em massa estão bem avançadas. Este trabalho tratou principalmente de três nomes: a chinesa WinSun e as americanas, Apis Cor e Icon. Mas destacou também a startup brasileira InovaHouse, que construiu em 2020 a primeira habitação brasileira utilizando a impressão 3D.

O trabalho foi realizado com o uso de pesquisas que atestassem a ideia inicial, que era a de utilizar a tecnologia para construção de habitações de interesse social. O que se viu é que, sim, é possível que essa tecnologia contribua muito com o projeto de interesse, já que os trabalhos consultados confirmaram agilidade e redução dos custos e do impacto ao meio ambiente na construção.

Porém, pela forma como se apresentou, a manufatura aditiva será mais eficiente quando empregada na indústria da construção civil quando designada para executar o que se conhece como alvenaria, uma vez que estrutura de fundação e cobertura, embora em estudo, ainda não podem ser executadas utilizando a tecnologia 3D.

Entretanto, especificamente para o Brasil, onde a predominância dos métodos convencionais é muito forte, o uso da manufatura aditiva na construção civil pode vir a se tornar meramente um sonho. Uma vez que a cultura do país é muito resistente a mudanças, ademais o fato de que o uso reduzido de mão de obra, além de necessitar qualificação nessa tecnologia, pode levar ao problema de desemprego.

Logo, mais pesquisas que consigam encontrar equilíbrio entre a aquisição e uso da tecnologia, sem que isso impacte negativamente em outro setor da economia, são necessárias, afim de mostrar com clareza que é possível o Brasil ajustar a implantação da tecnologia preservando os empregos.

Referências

ABRAINC. **Estudo Técnico Dedicado à Atualização Das Necessidades Habitacionais 2004-2030**. São Paulo, 2020.

AGÊNCIA IBGE. **IBGE divulga as estimativas populacionais dos municípios para 2017**. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/16131-ibge-divulga-as-estimativas-populacionais-dos-municipios-para-2017>. Acesso em: 21 out. 2021.

APIS COR. **Perguntas Mais Frequentes**. Disponível em: <https://www.apis-cor.com/faq>. Acesso em 14 out. 2021

APIS COR. **THE WORLD'S LARGEST 3D PRINTED BUILDING BY APIS COR**. Disponível em: <https://www.apis-cor.com/news?pgid=kqpv9ie0-2305ae88-38fb-4179-a378-00db65d3143f>. Acesso em: 14 out. 2021

BLUMENSCHNEIDER, Raquel Naves. **A SUSTENTABILIDADE NA CADEIA PRODUTIVA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO**. 2004. 248 f. Tese (Doutorado) - Curso de Política e Gestão Ambiental, Universidade de Brasília Centro de Desenvolvimento Sustentável, Brasília, 2004.

BRUN, Francis Giovani. **Aplicação de Impressão 3D na Construção Civil: Caso de Estudo de Mobiliário Urbano**. 2020. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil – Construções Civas, Politécnico de Leiria, Leiria, 2020.

CANTISANI, A. F.; CASTELO, A. M. **O Perfil dos Trabalhadores da Construção Civil**. Revista Conjuntura da Construção. Rio de Janeiro: FGV, ano 13, n. 1, março 2015

CECHELLA, JÉSSICA CRUZ. **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MÉTODO TRADICIONAL X MÉTODO SUSTENTÁVEL DE CONSTRUÇÃO DE UM CENTRO COMUNITÁRIO NO BAIRRO QUARTA LINHA, CRICIÚMA/SC**. Orientador: Prof. Mario Ricardo Guadagnin. 2015. 120 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, CRICIUMA, 2015.

CONSTRUCT. **Desperdício na Construção Civil: Impactos no meio ambiente**. Disponível em: <https://constructapp.io/pt/desperdicio-na-construcao-civil-impactos-no-meio-ambiente/> - Acesso em 07 out. 2021.

FREITAS, Joana. **Impressão a 3D: revolução que começou há mais de 30 anos**. 4 ago. 2016. Disponível em: <https://hojemacau.com.mo/2016/08/04/impressao-a-3d-revolucao-que-comecou-ha-mais-de-30-anos/>. Acesso em: 05 out. 2021.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **DEFICIT HABITACIONAL NO BRASIL – 2016-2019**. Belo Horizonte: FJP, 2021.

GOIS, Antônio. **ONU projeta déficit habitacional para 3 bilhões de pessoas em 2030**. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/mundo/ft1309200521.htm>. Acesso em 06 out. 2021

KAMIN, Debra. **Como uma impressora 3-D de 3,5 metros de altura está ajudando a criar uma comunidade**. 28 set. 2021. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2021/09/28/business/3D-printing-homes.html>. Acesso em: 17 out. 2021.

LACERDA, Emanuel. **Projeto de construção de casa com impressora 3D busca patrocinadores**. 2019. Disponível em: <https://www.unp.br/noticias/projeto-de-construcao-de-casa-com-impressora-3d-busca-patrocinadores/>. Acesso em 15 out. 2021.

LIMA, Daniela R. B.; MEIRA, Leomar R.; DANTAS, Alexon B. **ALVENARIA ESTRUTURAL E MÉTODO 3D: COMPARATIVO DE CUSTO PARA CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL**. Palmas: Revista Integralização Universitária, v. 14, n. 22, 2020.

LIMA, Tomás. **Impressoras 3D prometem transformar Canteiros de Obras**. 2018. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/impressoras-3d-na-construcao-civil/> - Acesso em 07 out. 2021.

MARTINELLI, Juliana. **Brasil Constrói Sua Primeira Casa No Modelo Impressa em 3D!** 16 jul. 2020. Disponível em:

<https://www.inovahouse3d.com.br/post/brasil-constr%C3%B3i-sua-primeira-casa-modelo-impressa-em-3d>. Acesso em 16 out. 2021.

NASCIMENTO, Denise M; BRAGA, Raquel Carvalho de Q. **Déficit habitacional: um problema a ser resolvido ou uma lição a ser aprendida?** Risco-Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo, n. 9, p. 98-109, 2009

PEREIRA, Caio. **Alvenaria Estrutural – Vantagens e Desvantagens**. Escola Engenharia, 2016. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/alvenaria-estrutural/>. Acesso em 16 de novembro de 2021.

PORSANI, Rodolfo N.; SILVA, Bruno B.; HELLMESTEIR, Luiz A. V. **Revisão Teórica da História da Manufatura Aditiva e das Propriedades dos Principais Insumos e Estruturas de Preenchimento das Impressoras 3D FDM Open Material**. In: 2º Congresso Internacional de Design e Materiais, Joinville/SC. 2017.

PORTO, Thomás, M. S. **ESTUDO DOS AVANÇOS DA TECNOLOGIA DE IMPRESSÃO 3D E DA SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Trabalho Final de Graduação. UFRJ, Rio de Janeiro, 2016.

DOS REIS, Abner Augusto; PERON, Áurea Beatriz. **ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DA IMPRESSÃO 3D NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Revista Estudos & Pesquisas Unilins, v. 1, n. 1, p. 1-12, 2018.

RODRIGUES, Ricardo. **Impressora 3D Constrói Casas Num dia**. 2014. Disponível em: <https://engiobra.com/impressora-3d-constro-i-casas-num-dia/>. Acesso em 17 out. 2021.

SOARES, Josemar Ramos; MASUTTI, Mariela C. **A IMPRESSÃO 3D COMO ALTERNATIVA PARA A DIMINUIÇÃO DO DÉFICIT HABITACIONAL DO BRASIL**. 2020. Anais do Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão, Cruz Alta, Unicruz, 2020.

TAPARELLO, Gladys I. K. **A INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO COM TERRA ATRAVÉS DA IMPRESSÃO 3D**. Mix Sustentável. Artigo (MBA) - Gestão de Obras e Projetos, Unisul, v. 2, n. 2, p. 87-92, Tubarão, v. 2, n. 2, p. 87-92, 2016.

UNIVERSIDADE POTIGUAR-UNP. **Primeira Casa Construída com Impressora 3D no Brasil será no RN. 13 jul. 2020.** Disponível em: <https://www.unp.br/noticias/primeira-casa-construida-com-impressora-3d-no-brasil-sera-no-rn/>. Acesso em 15 out. 2021