



Construção *Offsite*: Um estudo sobre o Método Modular de Construção.

Offsite construction: A study on the Modular Construction Method.

Rodrigues, H. F. ¹

Graduando, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

Ferreira Junior, E. L. ²

Professor Me., Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

¹ hugoferodrigues@gmail.com; epaminondas@pucgoias.edu.br

RESUMO: A competitividade do mercado da construção civil tem imposto às empresas do ramo, a necessidade constante de se adequar a um ambiente de melhoria de qualidade, na produção de edificações. A transformação tecnológica dos processos de construção é uma importante ferramenta para se obter melhorias, na qualidade de produtos e industrialização dos métodos construtivos, além de criar maior agilidade na execução das edificações. Neste trabalho, apresenta-se, por meio de um levantamento bibliográfico com base em dados acadêmicos, o estado da arte da Construção Modular *Offsite*, quanto aos seus processos e tecnologias utilizadas na construção civil, e traz as particularidades dos processos, seus benefícios e desafios. A partir dos estudos publicados, tornou-se notória a relevância da evolução tecnológica ocorrida nos processos construtivos. Particularmente, para a Construção *Offsite*, o estudo mostrou que esse modelo permite minimizar muitas particularidades que estão envolvidas no processo construtivo convencional, em função do controle técnico e tecnológico dos processos, da minimização de perdas, e da assertividade possível, no prazo de entrega da obra, mas que, no entanto, requer estudos específicos de viabilidade e logística, além de esbarrar no pré-conceito da real efetividade do processo.

Palavras-chaves: industrialização; construção modular; construção *offsite*; arquitetura modular;

ABSTRACT: The competitiveness of civil construction has imposed on companies in the construction sector, the constant need to adapt themselves to an environment of quality improvement, in the production of buildings. The transformation of construction processes is an important tool for obtaining improvements in the quality of products and methods of construction, as well as greater flexibility in the execution of buildings. This work presents, through a bibliographical survey in academic databases, the state of the art of *Offsite* modular construction, regarding its processes and technologies used in civil construction, bringing the particularities of the processes, its benefits and challenges. After the publication of some of the studies, the relevance of technological evolution, in construction processes, was evident. Concerning the *offsite* construction in particular, these studies showed that this model gets to minimize many particularities that are involved in the conventional construction processes, due to the technical controls, the minimization of losses and assertiveness in the deadline, for delivery of the work. However, the *offsite* construction requires specific feasibility and logistics studies, in addition to the difficulty of overcoming the existing prejudice, regarding the construction process itself.

Keywords: industrialization; modular construction; *offsite* construction; modular architecture;

Área de Concentração: 01 – Construção Civil,

1 INTRODUÇÃO

A construção *offsite* é uma técnica industrial que consiste na produção de componentes da construção civil, por meio de elementos fabricados fora do canteiro, e que são posteriormente transportados e montados no local da obra. A industrialização do processo construtivo pode ser feita em diversos níveis, e as atividades são classificadas por graus de Pontifícia Universidade Católica de Goiás

industrialização. Particularmente, para as Construções Modulares, ou Construções *Offsite* de grau de industrialização IV, como é industrialmente caracterizado esse tipo de processo modular, os módulos são produzidos em conjunto e de forma compatível com todos os elementos construtivos: supra estrutura, vedações, instalações hidrosanitárias e elétricas, acabamentos, e também de logística, se mostrando uma alternativa para construção rápida e enxuta. (SMITH, 2015).

A ideia de se utilizar módulos padronizados, vem do ano de 1956, quando o norte-americano Malcom McLean, dono da maior empresa de caminhões dos Estados Unidos, observou operadores, nas docas portuárias, descarregando mercadorias dos caminhões e transferindo-as para os navios, e ficou intrigado com a inadequação do método. Viu, então, uma nova oportunidade, tanto para transportadora de caminhões quanto para o comércio de navegação, na criação de uma padronização do processo de transferência de cargas. E assim os contêineres foram desenvolvidos, com o intuito de reduzir os desperdícios de tempo, de materiais e de mão de obra, no sistema de transporte de cargas.

Posterior à implantação do uso de contêineres no transporte de mercadorias, observou-se que eles poderiam ter outras utilidades, como, por exemplo, a de moradia, servindo de abrigo provisório para a população que sofrera com desastres naturais e atentados. Então, Phillip Clark registrou, no final da década de 80, a patente da ideia de casas-contêineres. Segundo ele, contêineres seriam a perfeita matéria prima para a construção de casas modulares e o conceito de construção modular atual evoluiu a partir do uso de contêiner metálico empregados no transporte de cargas. E assim, essa solução alternativa de habitação modular, mesmo que provisória, tem sido utilizada já há alguns anos, na Europa, América do Norte e Japão. A partir de então, outros processos de se edificar, por meio de módulos, surgiram como alternativa ao processo convencional, agregando tecnologia, velocidade de execução e redução de custo.

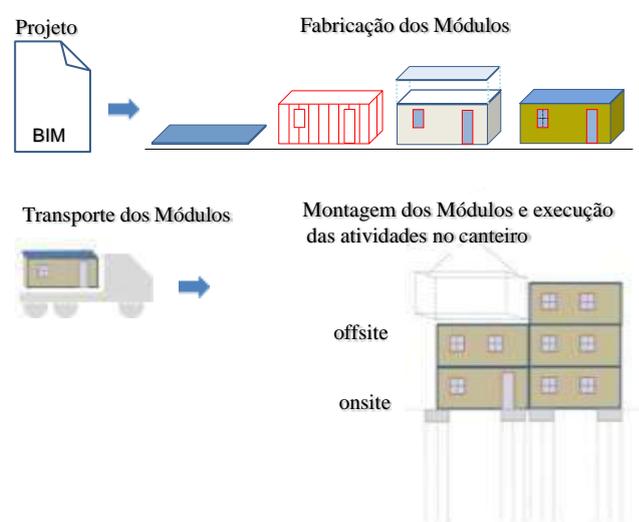
De uma perspectiva empresarial, buscar por processos construtivos que visem à redução de desperdícios e à minimização de custos, é um fator essencial para que as empresas de engenharia se mantenham competitivas, em um mercado tão acirrado. Assim, a evolução e a modernização das técnicas construtivas surgem como forma de acelerar processos com mais inteligência e economia de tempo e dinheiro. Neste contexto, a Construção Modular *Offsite* se apresenta como um processo construtivo que tem muito mais tecnologias e adequações pertinentes a uma habitação, do que a primeira concepção modular – o contêiner. O Sistema Modular *Offsite* já é um processo construtivo bem difundido no exterior e, embora de forma lenta, tem tido uma presença cada vez mais expressiva no mercado nacional, trazendo mudanças no modo como se enxerga a atividade, na construção civil.

No Brasil, de forma mais corriqueira, a Construção Modular é comumente utilizada como uma alternativa simples, em obras para almoxarifados e estoques, salas de controle e gerenciamento, refeitórios e outras locações provisórias de canteiro. E em função de van-

tagens logísticas, bem como da fácil aplicação para diversas utilidades, esse tipo de construção tem sido observado como solução alternativa para instalações comerciais, hospitais, escolas e até mesmo residências.

Da mesma forma que no método convencional, a Construção Modular *Offsite* utiliza, na sua produção, materiais como aço, concreto, vidro e madeira, apresentando o mesmo desempenho atribuído ao processo convencional. No entanto, o uso da metodologia modular permite um maior controle de prazos, logística de canteiro e custos, do que o método tradicional de construção. A Figura 1, a seguir, mostra um modelo esquemático das etapas de fabricação de uma Construção Modular.

Figura 1 – Modelo esquemático das etapas da fabricação da construção modular



Fonte: Adaptado de Carvalho (2020).

Ainda, por esse método construtivo, a sustentabilidade torna-se uma consequência natural, pois a produção dos módulos, em indústrias fora do canteiro, reduz os desperdícios, o retrabalho e os resíduos comumente produzidos nas obras, no sistema convencional.

Por todos esses fatores explicitados, espera-se dessa nova metodologia que se torne uma das principais tendências da indústria da construção civil, aumentando a competitividade das empresas, seja pela redução do tempo de edificação e do desperdício de materiais, ou pela maximização dos lucros gerados pela economia no orçamento total da construção.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Construção e a Industrialização

A construção civil possui um papel ímpar, na economia mundial e brasileira. Ainda que com o mercado financeiro abalado e o setor da construção em crise, a

taxa de crescimento global anual da indústria da construção tem sido superior a 3%. Apesar de existirem diversos fatores responsáveis pelo atual momento econômico, um dos motivos que geram essas crises, na indústria da construção, é a relutância em se modernizar os processos e as técnicas construtivas. Segundo o Boston Consulting Group – BCG (2019), um bom exemplo comparativo é o fato de como opera uma fábrica de automóveis, hoje, não se parecer, em nada, com a fábrica de automóveis de cem anos atrás, enquanto o canteiro de obras pouco mudou, durante esse tempo. E esse descompasso é ainda mais acentuado, no cenário brasileiro. Nascimento e Santos (2003) expressam que, apesar de ter uma representatividade econômica nopaís, a construção civil sofre com a evolução dos seus processos construtivos e um excesso de atividades artesanais, sendo que a utilização de novas tecnologias é aceita, apenas, quando já estão muito consolidadas e difundidas.

Segundo Henriques (2013), a melhoria da produtividade e velocidade de execução, nos canteiros de obra, está conectada com as decisões tomadas na concepção do projeto, as quais direcionam o grau de industrialização da construção. E ainda, conforme divulgado pelo Boston Consulting Group (2019), apesar de que, para se implantar a industrialização de todas as etapas da construção civil, não seja uma tarefa fácil, a modernização de métodos e tecnologias construtivas poderia ser mais explorada no setor, por meio de soluções como a da Construção Modular *Offsite*.

2.2 Conceitos da construção modular *offsite*

As construções em que os processos construtivos são executados fora do canteiro – Construções *Offsite*, são classificadas em categorias. Neste sentido, a Construção Modular é um ramo dentro da Construção *Offsite*, que pode ser ainda executada de diversas formas: a) por meio de material processado, b) por componentes pré-fabricados, c) por componente painelizados, d) por sistemas híbridos ou totalmente modulares.

Figura 2 – Categorias da construção *offsite*



Construção Híbrida



Construção Completamente Modular

Fonte: Adaptado de Salama(2018).

No caso das construções modulares, estas também são divididas, de acordo com o grau de industrialização, conforme o nível de intervenção, a partir do sistema tradicional. Smith (2015) apresenta uma classificação do grau de industrialização de uma obra, de acordo com a tecnologia aplicada no processo, como mostra a Tabela 01 do anexo I.

É importante ressaltar que cada categoria, em função do seu grau de industrialização, tem suas próprias peculiaridades, como fabricação, limitações de elevação e de vãos, posicionamento no local e transporte dos elementos. A escolha entre o uso de qualquer sistema de Construção *Offsite* depende das características do projeto, do seu custo, dos fornecedores aptos e disponíveis, do cronograma e do escopo de fabricação, para que se possa avaliar a melhor opção (SALAMA et al., 2017).

Além disso, a modularização é uma solução interessante e atraente, para se melhorar a eficiência e o controle de qualidade. O processo de Construção Modular permite reduzir a complexidade dos sistemas, produzindo-os, a partir de subsistemas menores – os Módulos, que podem ser projetados independentemente e que funcionam em conjunto. Ainda, a modularização tem como características padronização, pré-fabricação de subsistemas e instalações, resultando em processos mais eficientes, em termos de recursos e tempo (ANTTI et al., 2017).

Esta padronização de produtos é feita considerando-se diversos fatores. São analisadas as demandas e tendências de mercado, as necessidades dos clientes, as técnicas construtivas consolidadas no mercado, dimensionamento de acordo com normas técnicas de segurança e desempenho, número de repetições dentro do projeto e otimização das operações logísticas. Após analisados todos estes itens, são projetados e executados os Módulos. (SALAMA, 2018).

Segundo o BCG (2019), por todos esses fatores envolvidos, o método de Construção Modular *Offsite* agrega vantagens competitivas importantes, ao processo, como a previsibilidade de custos e a redução do impacto ambiental, uma vez que reduz desperdícios, retrabalho, resíduos, tempo de obras e de mobilização de canteiro e instalações, traz aumento da produtividade de funcionários, reduz prazos de execução, e isto tudo confere uma redução decustos, em escala, e uma logística de obra mais enxuta.

Estes benefícios mostram como a industrialização do processo construtivo pode otimizar a construção civil, no que diz respeito tanto à execução como ao desempenho da edificação. E esse processo não se restringe a pequenas edificações. Exemplo da possibilidade de se edificar grande obras, utilizando a Construção *Offsite*, foi a construção do edifício Atlantic Yard B2 Building, em Nova Iorque, finalizado em 2017, e que evidencia o interesse na construção de edifícios modulares de todos os tamanhos. Com 32 pavimentos e 363 apartamentos, é o maior edifício de Construção Modular do mundo – figuras 3a e 3b (SMITH e QUALE, 2017).

Figura 3a – Imagem do Edifício Atlantic Yard B2, em Nova York – EUA.



Fonte: City Limits (2016)

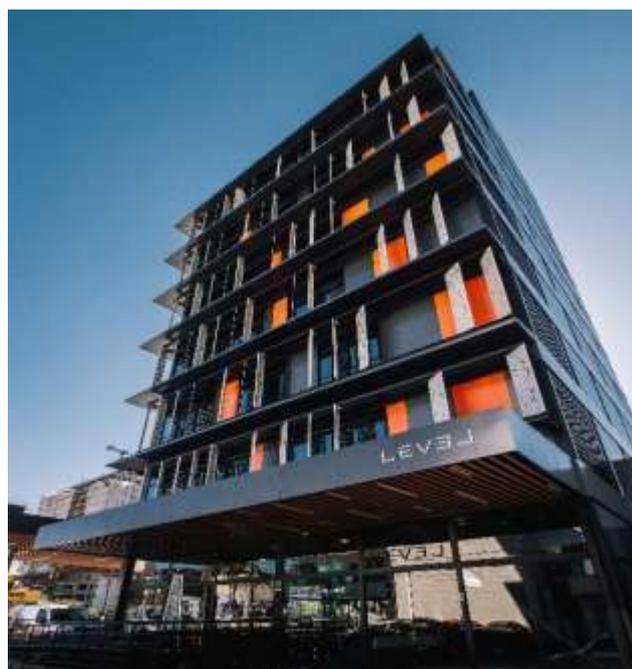
Figura 3b – Imagem do Edifício Atlantic Yard B2, em Nova York – EUA.



Fonte: City Limits (2016)

No Brasil, na cidade de Tubarão, em Santa Catarina, existe o maior edifício modular da América Latina, construída pela empresa Brasil ao Cubo, finalizado no ano de 2021, com uma área construída de 3300 m², um total de 8 pavimentos e foi concluído em apenas 100 dias, desde a assinatura do contrato até a entrega das chaves para o proprietário – Figura 4.

Figura 4 – Imagem do Edifício LEVEL, em Tubarão – SC.



Fonte: Prêmio Produtividade do mesmo lado (2021)

Também, o maior complexo residencial de Construção Modular da América Latina, ainda em produção, fica em território nacional, em Marau, Bahia – Figura 5. Nele, estão sendo construídos casas e apartamentos modulares, com área total de 36.521 m².

Figura 5 – Imagem do complexo Alma de Marau, em Marau – BA.



Fonte: F2 construtora (2021)

3 METODOLOGIA

Para atingir o objetivo desse trabalho, de apresentar o estado da arte da Construção Modular *Offsite*, quanto aos seus processos e tecnologias utilizadas na construção civil, fez-se um levantamento bibliográfico, por meio de pesquisa nas bases de dados: Google Acadêmico, Periódicos Capes e Scopus, buscando artigos publicados em periódicos especializados, teses e dissertações sobre o assunto. Os termos de busca atribuídos foram: “*modular construction*”, “*Offsite construction*”, “*categories Offsite construction*”, “*industries and construction*”, “*container houses*”, “*modular history*”, “*construção offsite*”, “*construção modular*”, “*modularização da construção*”, “*future construction*”, “*container modular*”, “*construção modular mista*”. E tais termos foram aplicados em buscas feitas ao título, resumo ou palavras chaves.

Complementar a isso, coletaram-se dados informativos obtidos por meio de uma entrevista realizada com um engenheiro de uma “empresa A”, que atua no ramo de construções modulares, com aplicação de questionário direcionado, cujo documento encontra-se no Anexo II.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da pesquisa bibliográfica realizada, observou-se que o Método de Construção *Offsite* apresenta diversas particularidades para o desenvolvimento do produto – a edificação, e estas particularidades são baseadas, principalmente, na coordenação dos processos do método construtivo, na disponibilidade de materiais e na logística de transporte.

4.1 Das particularidades do método:

Na Construção Modular *Offsite*, os Módulos utilizados são produzidos por indústrias que desenvolvem e comercializam módulos construtivos a serem usados nas obras e, normalmente, cada empresa tem os seus módulos patenteados, o que confere ao produto características particulares, conforme o fornecedor. Mas, independente dos procedimentos utilizados pela indústria, a Construção Modular *Offsite* é realizada em algumas etapas comuns, que são: o estudo e análise de viabilidade logística, desenvolvimento de projetos, fabricação dos módulos, preparo do terreno, transporte do módulo, montagem e instalação.

Curiosamente, antes de estabelecer a coordenação dos processos de fabricação, a primeira questão que precisa ser analisada é a logística de entrega dos módulos. Nesta etapa, é fundamental uma visita técnica feita pelo operador de logística, em que são identificadas as barreiras físicas do transporte, da mobilização e instalação dos Módulos, no local da obra. São levantadas informações de fiações aéreas, pontes, pórticos, acessos muito íngremes, e se o caminho possui curvas muito acentuadas ou de difícil acesso. Esta análise é fundamental para garantir que seja possível e viável a execução, o transporte e a instalação do Módulo, atendendo, assim, tanto às necessidades do cliente como obedecendo e contornando as limitações logísticas.

Assim que levantadas as limitações logísticas, pode-se iniciar o desenvolvimento de projeto. Nesta etapa, serão resolvidos os pontos levantados na visita técnica e as necessidades da arquitetura. Da mesma forma que na construção convencional, são desenvolvidos os projetos de arquitetura, estrutura, elétrico, hidros-sanitário, ar-condicionado e demais disciplinas complementares. A aprovação e o registro do projeto e a obtenção do Alvará de Construção deste tipo de edificação, nos órgãos pertinentes, seguem as mesmas regras, procedimentos e etapas de uma construção con-

vencional, devendo seguir, também, as normas técnicas e legislações locais.

Em relação aos projetos, salutar é o estudo de compatibilização entre eles, visto que estes contêm especificações, tanto da arquitetura como de todos os elementos que compõem os módulos. Os Módulos são compostos pelo chassi: uma estrutura metálica que pode ser comprada de perfil pronto ou pode ser dobrada na indústria e por colunas, lajes, teto, instalações prediais (hidráulicas e elétricas), paredes, e revestimento termoacústico – Figura 6.

Figura 6 – Imagem do “esqueleto” de um módulo



Fonte: Imagem do flyer cedido em gentileza pela empresa A

Concluídos os procedimentos das aprovações legais, passa-se à etapa de execução, que é dividida em duas vertentes: a construção *onsite* e construção *offsite*. A etapa de construção *onsite* é realizada, simultaneamente, com a etapa *offsite* e consiste no preparo do terreno para receber os Módulos, que serão produzidos na indústria. Nela, as equipes chegam ao canteiro de obras e passam a trabalhar no nivelamento do solo, nas fundações e plataformas de suporte dos Módulos. Enquanto isso, na etapa *offsite*, estão sendo produzidos os Módulos pela indústria. Pintura industrial, revestimentos, pisos e acabamentos são executados e deixados prontos, na indústria. Os Módulos são construídos e finalizados (acabamentos), de acordo com as especificações determinadas no projeto – Figuras 7a e 7b.

Figuras 7a– Imagem de banheiro modular para pronta entrega



Fonte: Foto cedida em gentileza pela empresa A

Figuras 7b– Imagem de banheiro modular para pronta entrega



Fonte: Foto cedida em gentileza pela empresa A

A última etapa da construção modular consiste na montagem e instalação dos Módulos, que é bastante simples e rápida, pois a maior parte do trabalho de construção já foi feita, no canteiro de obras, enquanto os Módulos estavam sendo fabricados, nas indústrias *offsite*. Com a chegada dos Módulos, as unidades individuais são içadas e solidarizadas na fundação, com o auxílio de um guindaste, e montadas no lugar especificado pelo projeto. À medida em que as unidades modulares são adicionadas, as equipes de montagem encaixam os blocos – Figuras 8a e 8b.

Figura 8a – Instalação de módulos na obra de um Hospital na cidade de Piracicaba – SP



Fonte: Foto cedida em cortesia pela empresa A, obtida durante a montagem de seus módulos na cidade de Piracicaba -SP (2021)

Figura 8b – Instalação de Módulos na obra de um Hospital na cidade de Piracicaba – SP



Fonte: Foto cedida em cortesia pela empresa A, obtida durante a montagem de seus módulos na cidade de Piracicaba -SP (2021)

Importante ressaltar que, concluído o processo de instalação dos Módulos, os procedimentos como ajardinamento, rampas e calçadas, que, em um processo construtivo convencional, são executadas ao final da obra, neste modelo construtivo, eles são realizados antes da montagem e instalações dos módulos, feitos na mesma etapa de execuções *onsite*.

4.2 Benefícios da Construção Modular *Offsite*

Analisadas as informações coletadas, por meio da pesquisa bibliográfica e entrevista, inferiu-se que o Método de Construção *Offsite* permite minimizar algumas particularidades que envolvem a construção convencional *onsite*. Nesse processo construtivo, ao se transferir grande parte do trabalho do canteiro para um ambiente industrial, tem-se um melhor controle técnico

dos processos, pois é um ambiente mais seguro, mais controlado, com menor impacto das mudanças climáticas, podendo ter uma produtividade maior e um retrabalho menor. Tudo isto contribui para uma maior assertividade na entrega e no cumprimento dos prazos contratuais, e essa é uma das razões de ser um método construtivo adotado por clientes que querem uma obra enxuta e/ ou rápida.

Ainda, a aplicação do Método Construtivo *Offsite* permite um aproveitamento de material muito maior que na construção tradicional, devido tanto aos materiais utilizados, como ao reaproveitamento, dentro da própria indústria. Com isto, tem-se, também, uma redução de impacto ambiental, em razão de uma menor produção de entulhos, podendo reduzir, conforme dados do engenheiro da indústria A, o orçamento da obra, em até 30% do valor do custo de construção.

Por fim, um grande diferencial deste método construtivo é a possibilidade de locomoção do Módulo, mesmo após ter sido instalado. Como os Módulos são encaixados no local, é possível desinstalá-los, transportá-los e reinstalá-los em outra localidade, e oferecendo uma multifuncionalidade para construções futuras.

4.3 Desafios da Construção Modular *Offsite*

Apesar de todas as vantagens percebidas, neste estudo, infere-se, também, que a Construção Modular *Offsite* apresenta alguns desafios, para poder se estabelecer como um método construtivo consistente, no mercado da construção civil.

Uma delas é que a dificuldade de deslocamento impõe, as limitações no transporte dos Módulos, por algumas regiões, e, então, uma análise criteriosa de viabilidade, acerca da operação de logística, precisa ser realizada, considerando os obstáculos que deverão ser vencidos, até a chegada e instalação dos Módulos, na obra. Por isto, é fundamental que seja realizada uma visita técnica à obra e em todo o trajeto, para que sejam obedecidas todas as exigências legais e, também, traçados os planos para um transporte seguro e viável.

Uma das limitações para o transporte dos Módulos é a dimensão deles. De acordo com o CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito, caso os Módulos possuam de 2,6m à 3,2m de altura, é necessário que tenham uma AET – Autorização Especial de Trânsito.

Caso a dimensão dos módulos supere os 3,2 m até os 4m, além da AET, é necessário que seja acompanhado por batedores ou uma escolta. Esta regra se aplica caso o Módulo tenha mais de 15m de comprimento.

Outro desafio é a necessidade de uma mão de obra especializada. A indústria precisa treinar uma equipe para produzir, transportar e instalar os Módulos, obedecendo a todas as regras de segurança e garantindo o padrão de qualidade de cada um dos elementos da construção. Por se tratar de uma construção que difere da construção tradicional, há pouca mão de obra com esta qualificação, conferindo à indústria a responsabilidade e necessidade de padronizar os processos, montar e treinar a equipe.

Por fim, um desafio de maior presença, na Construção Modular *Offsite*, é a falta de conhecimento sobre o assunto, gerando, assim, um pré-conceito equivocado sobre o Módulo, questionando características construtivas como os isolamentos, a resistência, o conforto e até mesmo a possibilidade real de uma construção segura, utilizando-se esse processo.

5 CONCLUSÕES

Com o fito de melhorar sua capacidade competitiva e estabelecer-se no mercado, as empresas de construção civil buscam otimizar seus processos, e uma das maneiras de se fazer isso é com a industrialização da produção, reduzindo a insuficiência, melhorando a previsibilidade de gastos, reduzindo exponencialmente os impactos ambientais, por meio de processos sustentáveis, agilizando e otimizando os ciclos de produção de empreendimentos.

Nesse contexto, a Construção Modular *Offsite* se apresenta como uma possibilidade para as empresas do ramo da construção civil.

O processo construtivo desse modelo, conforme aqui apresentado, é simples, e a pesquisa mostrou que trata-se de uma solução construtiva adotada com o intuito de melhorar a previsibilidade de gastos, redução de impactos ambientais e proporcionar agilidade da produção e entrega de empreendimentos, mas que, no entanto, requer estudos específicos de viabilidade e logística, além de, mercadologicamente falando, esbarrar no pré-conceito da real efetividade do produto, pelo desconhecimento técnico do modelo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTTI, P. et al.** Categorizing modularization strategies to achieve various objectives of building investments. *Construction Management and Economics*, v. 36, n. 1, p. 32-48, 2017.
- BCG - Boston Consulting Group.** *Building the house of the future*. 2019. Disponível em: <https://www.bcg.com/pt-br/publications/2019/building-the-housing-of-the-future>. Acesso em maio de 2021.
- BCG - Boston Consulting Group.** *The Offsite revolution in construction*. 2019. Disponível em: <https://www.bcg.com/pt-br/publications/2019/offsite-revolution-construction>. Acesso em de maio. 2021.
- CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção - Boletim Técnico.** 2019. Disponível em: <https://cbic.org.br>. Acesso em maio de 2021.
- CITY LIMITS.** *Documents Reveal Woes at Pioneering Atlantic Yards Building*. Disponível em: <https://citylimits.org/2015/08/31/documents-reveal-woes-at-pioneering-atlantic-yards-building>. Acesso em maio de 2021.
- CARVALHO, B. S.** Um método de entrega de projeto para construção modular baseado nos princípios lean. Disponível em: <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/trabalhoConclusaoWS?idpessoal=3730&idprograma=40001016049P2&anobase=2020&idtc=125>. Acesso em maio de 2021
- F2 CONSTRUTURA – Alma de Marau –** Disponível em: <https://www.f2construtora.com.br/emprendimentos/alm-a-marau>
- HENRIQUES, C.** Sistematização de diretrizes para projeto modulado em aço, com aplicação dos conceitos da customização em massa. Tese de Doutorado, Ouro Preto, 2013
- NASCIMENTO, L.; SANTOS, E.** A indústria da construção na era da informação. *Revista Ambiente Construído*, Porto Alegre, 3, n. 1, 2003. 69-81.
- PRÊMIO PRODUTIVIDADE.** – Construção Modular: Maior prédio da América Latina construído em apenas 100 dias. Disponível em: <https://produtividadedomesmolado.com.br/cases/edificio-level/>
- RIBEIRO, G.** Casas Container – uma nova abordagem habitacional. Disponível em: <https://www.ejeciv.com.br/post/casas-container>. Acesso em abril de 2021
- SALAMA, T. et al.** *Near optimum selection of module configuration for efficient modular construction*. *Automation in Construction*, v.83, 2017, pp. 316-329.
- SALAMA, T.** *Optimized Planning and Scheduling for Modular and Offsite Construction*. Thesis PhD. Department Building, Civil and Environmental Engineering – Montreal – Canada, 2018.

SMITH, R. *Permanent Modular Construction*. Process, practice and performance. Modular Building Institute Foundations and University of Utah., 2015.

SMITH, R.; QUALE, J. *Offsite Architecture. Constructing the future*. Ed. Routledge, v. 1, New York, 2017. ISBN: 978-1-315-74332 (e-book).

MATHEW, A. *Prefab Housing and the future of Building: Product to Process*. Lund Humphries, 2017. ISBN: 978-1-848-222182

7 ANEXOS E APÊNDICES

Anexo I : Graus de industrialização da construção civil

Grau de industrialização	Grau 0 (Sistema Tradicional)	Grau 1 (Alguns componentes Industrializados)	Grau 2 (Sistemas Painelizados)	Grau 3 (Sistemas Modulares mistos)	Grau 4 (Sistema Completamente modular)
Descrição	Materiais básicos para construção da obra executada completamente <i>in loco</i>	Fabricação de componentes utilizados em partes do processo produtivo	Componentes pré-fabricados 2D de paredes e frames estruturais	Componentes pré-fabricados 3D no formato de módulos usados para criar maior parte dos edifícios, que pode ser misto combinado com outros sistemas	Sistema completo do edifício com componentes modulares e com acabamentos feitos em fábrica antes do transporte para a obra
Exemplo construtivo do sistema	Concreto	Ferragens para telhado de madeira	Estrutura metálica	Instalações pré-fabricadas	Completamente modular
	Madeira	Lajes pré-fabricadas	Wood-frame	Elevadores e escadas modulares	
	Argamassa	Painéis revestimento de compósitos	Light Steel Frame	Módulos instalados acima do térreo	
	Tijolos		Painéis Estruturais	Banheiros (Pods) pré-fabricados	
Proporção de manufatura fora da obra	Até 10%	10%-15%	15% - 25%	30% - 50%	60% - 70%
Redução de tempo de construção em relação ao sistema tradicional	0	10%-15%	20% - 30%	30% - 40%	50% - 60%

Fonte: Smith (2015).

Anexo II: Questionário realizado com a empresa A

- 1- Quanto tempo a empresa se encontra no mercado de construção modular?
- 2- Como funciona a construção modular?
- 3- Como é feita a confecção dos módulos?
- 4- Os módulos de todas as empresas são iguais?
- 5- Quais os componentes da estrutura dos módulos?
- 6- Quais softwares são usados para o projeto dos módulos?
- 7- Qual material vocês utilizam nas paredes?
- 8- Como é feito o isolamento acústico?
- 9- Como é feito o isolamento térmico?
- 10- Como é feita a parte hidráulica do módulo?
- 11- Como é feita a parte elétrica do módulo?
- 12- Quais os fatores limitantes presentes na construção modular?
- 13- Quanto tempo em média demora para se fazer um módulo?
- 14- Como funciona um financiamento de um empreendimento ou uma casa modular?
- 15- É necessária mão de obra especializada?
- 16- O que é feito offsite?
- 17- Quais as vantagens nesse método construtivo?
- 18- Quais os desafios atualmente deste método construtivo?
- 19- Financeiramente a construção modular vale a pena ?
- 20- Aonde existem construções modulares na cidade de Goiânia?
- 21- Quais os profissionais em uma equipe para construção modular?
- 22- É possível multipavimentação?
- 23- É construção modular residencial ?

RESOLUÇÃO n° 038/2020 – CEPE

ANEXO I

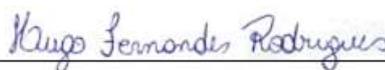
APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O estudante **HUGO FERNANDES RODRIGUES** do Curso de **ENGENHARIA CIVIL**, matrícula **2013.2.0025.0303-8**, telefone: **62 99972-7940**, e-mail: hugoferodrigues@gmail.com na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei n° 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor), autorizam a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: **CONSTRUÇÃO OFFSITE: UM ESTUDO SOBRE O MÉTODO CONSTRUTIVO MODULAR**, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 17 de dezembro de 2021.

Assinatura do autor:



Nome completo do autor:

HUGO FERNANDES RODRIGUES

Assinatura do professor orientador:



Nome completo do professor-orientador: **EPAMINONDAS LUIZ FERREIRA JÚNIOR**