XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

DESAFIOS DA CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA NA PRODUÇÃO *OFFSITE*

Challenges of offsite production for mass customisation

Tamiris Capellaro Ferreira
Universidade Federal de São Carlos | São Carlos - SP | Brasil | tamiris.capellaro@outlook.com
Patricia Tzortzopoulos
Universidade de Huddersfield | Huddersfield | Inglaterra | P.Tzortzopoulos@hud.ac.uk
José Carlos Paliari
Universidade Federal de São Carlos | São Carlos - SP | Brasil | jpaliari@ufscar.br

Resumo
A customização em massa (CM) visa diversificar a produção mantendo custos e prazos competitivos. Entretanto, diversas empresas encontram dificuldades em implementá-la. Destarte, objetiva-se entender quais são os maiores desafios para a implementação da CM no processo de produção offsite. Para isso, entrevistou-se 14 especialistas ligados à construção offsite. Os maiores problemas identificados são: equilibrar o que deve ser produzido na fábrica e no local da obra, aquisição de materiais, ter os projetos finalizados antes do início do processo de produção, padronização e flexibilidade. Este conhecimento pode ser utilizado por empresas e pesquisadores para apoiar a definição de estratégias de CM.

Palavras-chave: Customização em massa. Construção *offsite*. Processo de produção. Desafios.

Abstract
Mass customization (MC) aims to diversify production while maintaining competitive costs and deadlines. However, several companies find it difficult to implement it. Thus, the objective is to understand what the biggest challenges for the implementation of CM in the offsite production process are. For this, 14 specialists related to offsite construction were interviewed. The biggest problems identified are: balancing what must be produced at the factory and on the construction site, material acquisition, having projects finalized before the start of the production process, standardization and flexibility. This knowledge can be used by companies and researchers to support the definition of CM strategies.

Keywords: Mass customisation. Offsite construction. Production process. Challenges.

Como citar:
FERREIRA, C. T.; TZORTZOPOULOS, P.; PALIARI, J. C. Desafios da customização em massa na produção *offsite*. ENTAC2022. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1-09.

INTRODUÇÃO

Há muito tempo se argumenta que a fabricação externa (*offsite*) pode melhorar fluxos na construção, além de promover benefícios como segurança e qualidade [1]. No entanto, apesar dos benefícios, ao longo dos anos a adoção da fabricação externa teve apenas aumentos marginais. Contudo, a consultoria Bryden Wood [2] acredita que as condições agora são favoráveis para uma mudança na indústria da construção civil. Destaca-se que, neste artigo, a fabricação *offsite* é entendida como a produção de edificações dentro de uma fábrica e, portanto, fora do canteiro de obras.

Em novembro de 2017, o governo do Reino Unido aderiu a uma série de medidas para melhorar o custo, a eficácia, a produtividade e pontualidade na entrega das obras. Ele passou a impulsionar a adoção dos *Modern Methods of Construction* (MMC) [2], termo em inglês que significa, em tradução livre, "Métodos Modernos de Construção". Os MMC abrangem uma variedade de técnicas para a construção de habitações, englobando a fabricação *offsite*, mas também técnicas de construção *in loco* [3].

O Brasil ainda não adotou nenhuma ação semelhante, no entanto, o déficit habitacional tem fomentado iniciativas, inclusive no âmbito governamental, para melhoria e modernização da construção. Um exemplo disso é o Sistema Nacional de Avaliação Técnica (SINAT), proposto para suprir, provisoriamente, lacunas da normalização técnica prescritiva, avaliando novos produtos [4]. Sendo assim, o uso da construção *offsite* também pode expandir no Brasil e o país pode utilizar a experiência do Reino Unido como base para tomada de decisão.

Na fabricação *offsite,* baixos custos unitários podem ser alcançados pela produção de grandes quantidades de bens e serviços padronizados. No entanto, projetos padronizados não atendem às demandas individuais dos usuários [5][6]. Assim, a customização em massa (CM) é uma estratégia que pode ser adotada para satisfazer tanto as necessidades de modernização, eficiência e produtividade, quanto as necessidades particularizadas dos usuários [7]. A CM visa viabilizar a fabricação de uma diversidade de produtos mantendo custo e prazo de entrega competitivos. Ela prevê o oferecimento de uma gama de produtos ao usuário, que deve escolher, dentre as opções ofertadas, a que mais atende às suas necessidades.

Entretanto, algumas empresas encontram dificuldades na implementação da CM, pois ao aumentar o número de opções oferecidas ao cliente, a complexidade da produção também é aumentada, devido à maior variação de materiais e à maior quantidade de informações necessárias para a execução da unidade construtiva, sendo preciso um controle da produção mais eficaz [8][9].

Desafios para a implementação da CM vêm sendo relatados em pesquisas anteriores. Segundo Martinez *et al*. [10], o desafio consiste em conseguir o equilíbrio entre oferecer variedade e manter o valor acessível, sem afetar a eficiência do processo produtivo [11]. Além disso, capturar os requisitos do cliente com antecedência é uma dificuldade mencionada por vários autores [12][13][10]. Outro desafio identificado é a aquisição de materiais, uma vez que a cadeia de suprimentos está estruturada para atender a projetos de construção sob encomenda [14]. A maioria dos trabalhos que

aborda as dificuldades para a implantação da CM nas empresas de construção civil, no entanto, não trata do processo produtivo especificamente. Sendo assim, este trabalho busca contribuir para o avanço do conhecimento no que diz respeito à implementação da CM no processo de produção *offsite*.

Este artigo objetiva entender quais são os maiores desafios para a implementação da customização em massa no processo de produção *offsite*. A pesquisa foi feita considerando empresas da Inglaterra, uma vez que, diferentemente do que acontece em outros países, a produção *offsite* na Inglaterra tem sido impulsionada por ações governamentais. O governo tem incentivado a fabricação externa pela utilização dos MMC. Vale destacar que esta pesquisa considerou a produção externa de sistemas volumétricos (3D) e de painéis (2D).

MÉTODO DE PESQUISA

Para alcançar o objetivo, realizou-se uma *survey*. Foram feitas entrevistas semiestruturadas com 14 especialistas atuantes em 11 empresas inglesas que têm diferentes posições e papéis na cadeia de valor da construção *offsite*. Segundo Cooper e Schindler [15], entrevistas com especialistas são aquelas realizadas com indivíduos conhecedores sobre o problema ou suas possíveis soluções. As entrevistas semiestruturadas geralmente começam com algumas questões específicas e, em seguida, seguem as tangentes do pensamento do indivíduo com perguntas aprofundadas por parte do entrevistador [15].

Para as entrevistas, foram selecionados especialistas em cargos relevantes de empresas que tivessem relação com a construção *offsite* na Inglaterra. Eles foram contatados via e-mail ou por meio da plataforma do LinkedIn. Dos 155 contatos realizados, 14 pessoas aceitaram participar das entrevistas. Após as entrevistas, houve um processo de transcrição destas, seguido da análise do conteúdo das entrevistas e do agrupamento por similaridade entre as respostas encontradas, de forma a responder à pergunta de pesquisa.

O Quadro 1, a seguir, traz a lista de especialistas entrevistados e o Quadro 2 traz informações sobre as empresas nas quais eles trabalham. Para garantir confidencialidade, os nomes dos entrevistados e das empresas foram omitidos. Vale destacar que, como as entrevistas foram realizadas com funcionários de empresas inglesas, os nomes dos cargos foram deixados em inglês, conforme informação obtida nas entrevistas. Os Entrevistados 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 12 participaram por videochamada, enquanto os Entrevistados 9, 10, 11 e 13 participaram por chamada telefônica e o Entrevistado 14 participou pessoalmente.

Quadro 1 - Informações sobre as entrevistas realizadas.

Identificação Entrevistados	Cargo	Tempo de empresa	Função
1	*Regional Managing Director*	8 anos e 5 meses	Desenvolve e implementa planos estratégicos e políticas da empresa, supervisiona as operações diárias, enquanto desenvolve maneiras de ajudar a organização a crescer.

2	*Regional Design Manager*	15 anos e 5 meses	Coordena o trabalho de projeto necessário antes e durante a construção, ajudando a garantir a coordenação entre projetos e equipes e a entrega no prazo e orçamento.
3	*Modern Methods of Construction Advisor*	5 anos	Trabalha para o governo inglês auxiliando nos estudos e na implementação dos MMC.
4	*Design Manager*	3 anos e 7 meses	Faz a coordenação dos projetos antes e durante a construção, facilitando a compatibilização entre eles e garantindo que sejam entregues no prazo e dentro do custo esperado.
5	*Managing Director*	2 anos	Ajuda a garantir o crescimento de uma empresa que fabrica habitações modulares no nordeste da Inglaterra.
6	*Design and Engineering Sustainability Lead*	5 anos e 9 meses	Ajuda a organização a equilibrar seu impacto ambiental e seus objetivos de negócios, supervisionando a implementação de estratégias de sustentabilidade durante um projeto.
7	*Senior Architectural and Urban Designer*	2 anos	Garante que os projetos feitos para os sistemas tradicionais de construção, trazidos pelos clientes, sejam adequadamente adaptados para a produção *offsite*.
8	*Business Development Manager*	2 anos e 7 meses	Fornece consultoria interna e suporte aos tomadores de decisão da empresa, além de fomentar o engajamento de profissionais externos que desejam trabalhar com a empresa.
9	*Co-Founder & Managing Director*	9 anos	Busca garantir que a empresa se mantenha atualizada, lucrativa e em crescimento. Se preocupa em oferecer uma solução completa em habitação, pronta para uso.
10	*Technical Manager*	12 anos	Supervisiona o desenvolvimento, implementação e manutenção de sistemas e processos técnicos e tecnológicos da empresa.
11	*Pre-Construction Design Manager*	5 anos	Cria, lidera e desenvolve equipes para entregar o que é solicitado, além de aconselhar sobre questões críticas de negócios, para melhorar os resultados e retornos financeiros.
12	*Operations Manager*	2 anos	Atua de forma a garantir a qualidade da produção, criando estratégias de melhorias de processos, produtividade e eficiência.
13	*Operations Director*	5 anos	Trabalha com os chefes de departamento para garantir que todas as operações dentro da empresa funcionem sem problemas e de acordo com as diretrizes.
14	*Head of Design*	2 anos	Desenvolve e gerencia todos os aspectos do projeto. Garante que o projeto e as entregas estejam alinhados às expectativas das partes interessadas e executados dentro do orçamento e do prazo determinados.

Fonte: Os autores.

Quadro 2 - Informações sobre as empresas.

Identificação Entrevistados	**Nº de funcionários**	**Idade da empresa (em anos)**	**O que a empresa produz**
1 e 2	1.001-5.000	104	Empresa construtora, especializada em engenharia civil, construção e gestão de instalações. Não é uma manufatura *offsite*, mas utiliza elementos pré-fabricados em suas obras.
3	501-1.000	5	Agência de habitação e regeneração do governo.
4	1.001-5.000	125	Construtora que faz novos projetos de construção, reforma e adequação em uma variedade de setores. Não é uma manufatura *offsite*, mas utiliza elementos pré-fabricados em suas obras.
5 e 12	0–50	8	Manufatura de casas modulares.
6	1.001-5.000	61	Empresa de construção modular e *offsite*, que opera em dez países europeus.
7	0-50	6	Empresa de construção *offsite*.
8	51-200	17	Empresa de construção *offsite*.
9	0-50	9	Empresa de construção *offsite*.
10	0-50	31	Empresa de construção modular *offsite*

11	0-50	14	Empresa de construção *offsite*.
13 e 14	51-200	15	Construtora com uma fábrica externa de módulos.

Fonte: Os autores.

As entrevistas começaram com uma apresentação do trabalho, para contextualizar os especialistas. Logo após, foram-lhes apresentadas três perguntas, que buscaram nortear a conversa, sendo elas: *1. Quais são os pontos críticos da produção para a empresa?; 2. Quais são os maiores desafios durante o processo de produção para CM?; 3. Como o processo de produção é alterado para permitir a CM?*

Nem todos os entrevistados responderam de forma objetiva ao que foi perguntado, mesmo que os pesquisadores buscassem resgatar o foco da conversa, alguns entrevistados foram evasivos e outros encaminharam suas falas para assuntos distintos. Os resultados apresentados neste artigo se referem principalmente à pergunta 2 "Quais são os maiores desafios durante o processo de produção para CM?".

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir estão apresentados os principais desafios, levantados pelo agrupamento por similaridade das respostas dos especialistas ingleses, para a implementação da CM no processo de produção *offsite* e comentários mais pertinentes feitos por eles.

1. Equilibrar o que deve ser produzido na fábrica e no local da obra

O Entrevistado 7 disse que, para os módulos volumétricos produzidos pela empresa, 15% do trabalho é feito na obra (encaixes), sendo este um problema que as áreas de projeto e produção estão tentando resolver, já que a empresa busca reduzir ao máximo o trabalho feito no local.

O Entrevistado 12, por outro lado, afirmou que um desafio para a produção de habitações para CM é equilibrar o que deve ser produzido na fábrica e o no local, sendo que, de forma geral, a empresa busca manter a proporção entre 5 semanas de produção na fábrica e 7 semanas de produção no local.

O Entrevistado 13 corrobora com esta perspectiva, dizendo que deve haver um equilíbrio entre o que é produzido na fábrica e no local, de forma a garantir o menor tempo possível para a entrega de uma residência. Isto também é relatado pelo Entrevistado 14. Nesse sentido, ele afirma que certas vezes é benéfico para a empresa que algumas atividades sejam feitas na obra a fim de liberar espaço na fábrica para a produção de novas unidades construtivas. Outra vantagem de deixar parte da produção para ser feita no local é a possibilidade da definição mais tardia, pelo cliente, do que será personalizado. O Entrevistado 14 conta que, de forma geral, 80% da produção das residências é feita na fábrica e 20% no local.

2. Aquisição de materiais

O Entrevistado 8 disse que o principal desafio para a produção *offsite* é a compra de materiais, sendo difícil encontrar fornecedores confiáveis. Isso também é relatado pelo Entrevistado 10, que afirma que a aquisição de materiais é um ponto crítico da produção, pois a empresa não possui material em estoque e o adquire apenas quando

necessário, em quantidades exatas para cada projeto. No mesmo sentido, o Entrevistado 11 disse que a produção é altamente dependente da entrega de materiais conforme cronograma, principalmente porque a empresa não restringe os projetos à uma oferta padrão de materiais; os clientes podem solicitar materiais diferentes, o que faz com que ela precise encontrar fornecedores que entreguem no prazo desejado.

O Entrevistado 12 também relata que um grande desafio para a produção é a cadeia de suprimentos, que deve viabilizar as entregas de materiais conforme especificações. Esta preocupação é reforçada ainda pelo Entrevistado 13.

Pelas respostas dos entrevistados, percebe-se que se os materiais não chegarem na fábrica no prazo e com a qualidade esperados, o processo produtivo é prejudicado, o que condiz com a literatura [14].

3. Projetos finalizados antes do início do processo de produção

Segundo o Entrevistado 1, o maior desafio para o processo de produção que permita a CM é ter todos os projetos finalizados antes que a construção seja iniciada. O Entrevistado 2 afirma que este é um dos motivos para que a construtora não utilize mais elementos pré-fabricados.

O Entrevistado 9 corrobora, afirmando que, para que seja possível fazer um produto customizado, todo o projeto deve ser decidido e acordado antes do início da produção. Isso também é relatado pelo Entrevistado 10, que diz que um dos pontos críticos para a produção de módulos volumétricos para CM é a definição do projeto pelo cliente antes do início da produção.

O Entrevistado 14 também deixa claro que, para que a CM seja possível, as opções de alterações devem ser escolhidas pelos usuários antes do processo de produção, ou seja, o projeto precisa estar definido antes do início da produção. A empresa fornece uma gama de opções, de forma que os acabamentos podem ser alterados, mas não a configuração da residência, assim o processo produtivo não muda com a CM. Se residências com outras configurações (como diferentes números de quartos) precisarem ser produzidas, elas são consideradas como novos produtos, não como possibilidades de CM.

A necessidade de definição completa do projeto antes do início da fabricação também é mencionada por vários autores [12][13][10]. Pela conversa com o Entrevistado 9, foi possível perceber que, devido à necessidade de um projeto definido antes da produção, a CM é facilitada quando se têm projetos padronizados que permitem algumas alterações, a serem elaboradas pela empresa como uma lista de opções ofertadas aos clientes. Estas questões são trazidas por diversos autores que estudam CM, como Viana, Tommelein e Formoso [16].

4. Padronização

De acordo com o Entrevistado 3, o desafio para o processo de produção para CM é a padronização. Para ele, todo o processo precisa estar plenamente organizado e padronizado, para que então a empresa possa identificar os tipos de CM a serem ofertados, já tendo em vista como fabricar sem influenciar o processo de produção ou

atrasá-lo. De forma similar, o Entrevistado 7 afirma que o desafio para que a CM aconteça é a racionalização, já que a empresa trabalha com uma estrutura central com os sistemas como água, gás e energia e a partir dela as personalizações podem ser feitas. A racionalização aproxima-se da padronização ao buscar formas de organizar e uniformizar a produção.

O Entrevistado 12 também deixou clara a necessidade de padronização para que a CM seja possível. Mesmo trabalhando em uma empresa que faz construção híbrida, sendo banheiros, cozinhas e escadas feitos em módulos volumétricos e fechamentos feitos em painéis, o entrevistado ressaltou a importância da padronização, mencionando que é dispendioso financeiramente fazer alterações em projetos padronizados devido à necessidade de novos projetos de arquitetura e complementares.

As entrevistas corroboram com a literatura [16] ao mostrarem a necessidade de padronização dos produtos e dos processos para que a produção externa seja viável. O trabalho de Viana, Tommelein e Formoso [16] explorou o uso de sistemas construtivos industrializados sob encomenda, ilustrando como a modularidade pode reduzir sua complexidade em empresas que adotam uma estratégia de CM.

5. Flexibilidade

O Entrevistado 5 afirma que o desafio da produção para a CM é justamente a flexibilidade, de forma que, na empresa, ela não é feita na fábrica, mas no local da obra. Sendo assim, se o cliente faz alguma alteração no projeto, este vai demorar mais para ser entregue, já que ela não sairá pronta de fábrica.

No mesmo sentido, o Entrevistado 6 disse que 80% dos projetos da empresa são padronizados e que qualquer mudança representa um problema, começando pela etapa de projeto, pois requer maior tempo para ser elaborado (de 4 a 11 semanas). O entrevistado contou que apenas 2% dos projetos da empresa exigem grandes mudanças e que para que o processo de produção não seja alterado, a maioria da personalização é feita no local.

O Entrevistado 8 também informou que parte do trabalho de CM não é realizado na fábrica, uma vez que os acabamentos são majoritariamente feitos na obra, assim como as instalações de portas e janelas. Isso também é relatado pelo Entrevistado 10, que diz que alguns aspectos da customização, como a aplicação de acabamentos, são feitos no local da obra.

Para o Entrevistado 9, a chave para a CM é dar ao cliente uma lista de opções, de forma que ele não possa fazer qualquer alteração, mas selecione entre as opções disponíveis.

O fato de a flexibilidade representar um problema para as manufaturas *offsite* também está presente na literatura [8][9]. Devido à complexidade da CM no processo de produção *offsite*, 4 manufaturas, das 8 entrevistadas, optam por fazê-la na obra e não na fábrica. No entanto, esta decisão implica em tempo e custo maiores para que a obra seja finalizada, como mostrado pelas conversas com o Entrevistados 5 e 7, sendo que o último afirma que um dos desafios da empresa é reduzir o trabalho feito no local.

Ao analisar as entrevistas, fica claro que as manufaturas enfrentam um desafio ao permitirem a CM. Muitas delas têm dificuldades em sua implantação e acabam não aproveitando seus benefícios. Assim, é importante o uso de práticas que facilitem a execução da CM e o controle da produção, como a alteração do projeto do produto e um processo robusto e estável, que permita a reutilização ou recombinação dos recursos existentes [17]. Zawadzki e Żywicki [18] declaram que, sem a perfeição dos processos de planejamento, projeto do produto e preparação e controle da fabricação, o cumprimento eficiente das premissas CM e a manutenção de seus resultados positivos não são possíveis.

CONCLUSÃO

Por meio das entrevistas semiestruturadas com especialistas atuantes em empresas que têm relação com a fabricação *offsite* foi possível alcançar o objetivo da pesquisa. Em resumo, as entrevistas mostraram que a CM é um desafio para a fabricação externa e que, para que ela seja possível, os maiores problemas enfrentados pelas manufaturas inglesas participantes das entrevistas, durante o processo de produção, de acordo com o agrupamento por similaridade das respostas dos entrevistados, são: equilibrar o que deve ser produzido na fábrica e na obra; adquirir materiais; ter os projetos finalizados antes do início da produção; conseguir padronização e flexibilidade. Devido à complexidade da fabricação de produtos que permitam a CM, várias manufaturas optam por realizar a personalização na obra, o que gera um aumento de custo e prazo de entrega.

A partir das informações conseguidas nas entrevistas, pesquisas futuras podem ser desenvolvidas no sentido de buscar soluções para os principais desafios levantados pelos entrevistados, buscando auxiliar as manufaturas na implementação da CM. Além disso, o conhecimento sobre os principais desafios apontados neste trabalho pode ser utilizado por outras empresas para apoiar a definição de estratégias de produção e de CM, considerando, inclusive, empresas brasileiras. Desta forma, o artigo colabora com a discussão sobre construção *offsite* e CM no país.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

[1] Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS). **Modern Methods of Construction:** A forward-thinking solution to the housing crisis. London, 2018. Disponível em: https://www.rics.org/globalassets/rics-website/media/news/news--opinion/modern-methods-of-construction-paper-rics.pdf. Acesso em: 24 maio 2022.

[2] Bryden Wood. **Platforms:** bridging the gap between construction and manufacturing. London, 2018. Disponível em: https://www.brydenwood.com/filedownload.php?a=13711-5ff83f3c65188. Acesso em: 24 maio 2022.

[3] Ministry of Housing, Communities and Local Government. **Modern Methods of Construction working group:** developing a definition framework, 2019. Disponível em: https://www.gov.uk/government/publications/modern-methods-of-construction-working-group-developing-a-definition-framework. Acesso em: 17 março 2022.

[4] PBQP-H (PROGRAMA BRASILEIRO DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO HABITAT). **Sistema Nacional de Avaliações Técnicas – SINAT.** Disponível em: http://pbqp-h.mdr.gov.br/projetos_sinat.php. Acesso em: 07 abril 2022.

[5] BONATTO, Fernanda S.; MIRON, Luciana IG; FORMOSO, Carlos T. Evaluation of social housing projects based on user perceived value hierarchy. In: **Proceedings of 19th Annual Conference of the International Group for Lean Construction** (IGLC), Lima, Peru. 2011.

[6] BRITO, Juliana Nunes de Sá; FORMOSO, Carlos Torres; ECHEVESTE, Márcia Elisa Soares. Analysis of complaint data in social house-building projects: a study in the Residential Leasing Program. **Ambiente Construído**, v. 11, p. 151-166, 2011.

[7] FRUTOS, Juan Diego; BORENSTEIN, Denis. Object-oriented model for customer-building company interaction in mass customization environment. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 129, n. 3, p. 302-313, 2003.

[8] DA ROCHA, Cecília Gravina; KEMMER, Sergio Luiz. Method to implement delayed product differentiation in construction of high-rise apartment building projects. **Journal of construction engineering and management**, v. 139, n. 10, p. 05013001, 2013.

[9] MARTINEZ, Eder; TOMMELEIN, Iris D.; ALVEAR, Ariana. Integration of lean and information technology to enable a customization strategy in affordable housing. In: **Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction** (IGLC), Heraklion, Greece. 2017. p. 9-12.

[10] MARTINEZ, Eder; TOMMELEIN, Iris D.; ALVEAR, Ariana. Integration of lean and information technology to enable a customization strategy in affordable housing. In: **Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction** (IGLC), Heraklion, Greece. 2017. p. 9-12.

[11] NAHMENS, Isabelina; BINDROO, Vishal. Is customization fruitful in industrialized homebuilding industry? **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 137, n. 12, p. 1027-1035, 2011.

[12] BARLOW, James; OZAKI, Ritsuko. Achieving'customer focus' in private housebuilding: Current practice and lessons from other industries. **Housing Studies**, v. 18, n. 1, p. 87-101, 2003.

[13] TILLMANN, Patricia André; FORMOSO, Carlos Torres. Opportunities to adopt mass customisation: a case study in the brazilian house building sector. **Proceedings of the Annual Conference of the International Group for Lean Construction** (IGCL), v. 16, 2008.

[14] LARSEN, Maria Stoettrup Schioenning et al. Mass customization in the house building industry: Literature review and research directions. **Frontiers in Built Environment**, p. 115, 2019.

[15] COOPER, Donald R.; SCHINDLER, Pamela S. **Métodos de Pesquisa em Administração**. 12ª edição. McGraw Hill Brasil, 2016.

[16] VIANA, Daniela D.; TOMMELEIN, Iris D.; FORMOSO, Carlos T. Using modularity to reduce complexity of industrialized building systems for mass customization. **Energies**, v. 10, n. 10, p. 1622, 2017.

[17] PILLER, Frank T.; WANG, Ning. Strategic foundations and capabilities of mass customization. In: **Product Configurators**. Routledge, 2017. p. 2-29.

[18] ZAWADZKI, Przemysław; ŻYWICKI, Krzysztof. Smart product design and production control for effective mass customization in the Industry 4.0 concept. **Management and production engineering review**, 2016.