VIRTUALIZAÇÃO INTELIGENTE
NO PROJETO E NA CONSTRUÇÃO
2º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunição na Construção
UNICAMP | 19 a 21 de agosto

MODELAGEM PARAMÉTRICA EM BIM ORIENTADA AO PROJETO DE FABRICAÇÃO E MONTAGEM DE EDIFÍCIOS EM LIGHT STEEL FRAME

Design for Manufacturing and Assembly Oriented Parametric Modeling in BIM for Light Steel Frame Buildings

Jairo José Frutuoso Júnior
Universidade Federal do Rio Grande do Norte | Natal, RN | jjjfrutuoso@hotmail.com

Reymard Savio Sampaio de Melo
Universidade Federal do Rio Grande do Norte | Natal, RN | reymardsavio@gmail.com

RESUMO

A industrialização da construção civil tem levado a processos mais rápidos e eficientes de projeto e construção, expandindo o uso de tecnologias de informação e de comunicação e de sistemas construtivos pré-fabricados. Poucos estudos na literatura científica foram encontrados sobre esse assunto. Nesse sentido, este trabalho propõe um fluxo de trabalho para modelagem 3D de sistemas construtivos em *Light Steel Frame* (LSF) através do uso de uma ferramenta BIM (*Building Information Modeling*). Adotou-se como método de pesquisa o estudo de caso, executado através da modelagem de um protótipo com seus componentes e subsistemas desenvolvidos na ferramenta Autodesk Revit. O trabalho teve como contribuição a criação de uma biblioteca de componentes paramétricos com suporte às etapas de apoio a produção. Com os resultados obtidos, o tema discutido se mostrou como um passo fundamental para a melhoria dos processos construtivos, incorporando novas tecnologias na cadeia produtiva da indústria da construção civil.

Palavras-chave: BIM; projeto paramétrico; Light Steel Frame; projeto para fabricação e montagem.

ABSTRACT

The industrialization of civil construction industry has led to faster and more efficient design and construction processes, expanding the use of information and communication technologies and prefabricated building systems. Few studies in the scientific literature have been found on this subject. In this sense, this paper proposes a framework for Light Steel Frame (LSF) constructive systems 3D modeling through the use of a Building Information Modeling (BIM) tool. It was adopted as research method the case study, which was executed through the modeling of a prototype with its components and subsystems developed in the Autodesk Revit tool. The work had as contribution the production of a library of parametric components supporting the steps of building production design. With the obtained results, the discussed subject was presented as a fundamental step for the improvement of construction processes and the incorporation of new technologies in the civil construction industry productive chain.

Keywords: BIM; Parametric design; Light Steel Frame; Design for manufacturing and assembly.

1 INTRODUÇÃO

A industrialização da produção é resultado da busca por processos de trabalho racionalizados e mais eficientes, associados a redução de custos e melhoria na produtividade. Esses processos ocorrem através da produção em série e em larga escala de produtos padronizados. No ambiente construído, o produto final – o edifício – possui características únicas desde o projeto até a sua implantação, não permitindo sua padronização. Nesse sentido, a industrialização na construção civil não ocorre por meio de seu produto final, e sim de seus subprodutos, deslocando parte do trabalho do canteiro de obras para o galpão da indústria (FABRÍCIO, 2013).

Nesse contexto, a industrialização da construção exige a utilização de sistemas construtivos alternativos que permitam a pré-fabricação de seus componentes e racionalização do processo executivo. Frente a esse processo, as estruturas de tipologia metálica uma potencial opção, principalmente devido suas características como rapidez construtiva, leveza e menor desperdício (JARDIM, 2010). Dentre os sistemas dessa tipologia, destaca-se o *Light Steel Frame* (LSF), um sistema de concepção racionalizada.

No caso do LSF, por ser um sistema construtivo com componentes e subsistemas industrializados, há a necessidade de se fazer um planejamento prévio e sistemático da execução da obra, sendo imperativo contemplar previamente atividades de apoio à produção e execução na fase de projeto, considerando o local de produção e a sequência de atividades para montagem (VIVAN; PALIARI, 2012). Esse tipo de planejamento

FRUTUOSO JUNIOR, J. J.; MELO, R. S. S. Modelagem paramétrica em BIM orientada ao projeto de fabricação e montagem de edifícios em Light Steel Frame. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2, 2019, Campinas. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: https://antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/114

pode ser viabilizado, segundo Martini (2016), com o uso de tecnologia da informação e comunicação capaz de dar suporte aos processos de produção industrializada, como a Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling* – BIM).

Em uma busca preliminar realizada em bases de dados (Quadro 1), foram encontrados poucos trabalhos na literatura com respeito aos projetos digitais em BIM associados aos sistemas pré-fabricados. Nesse cenário, o presente trabalho teve como proposta um fluxo de trabalho para modelagem paramétrica 3D, levando em consideração as etapas de apoio a produção e execução de edifícios em LSF através do uso de uma ferramenta BIM.

Quadro 1: Estudos que contemplam a adoção de BIM no projeto de sistemas construtivos pré-fabricados

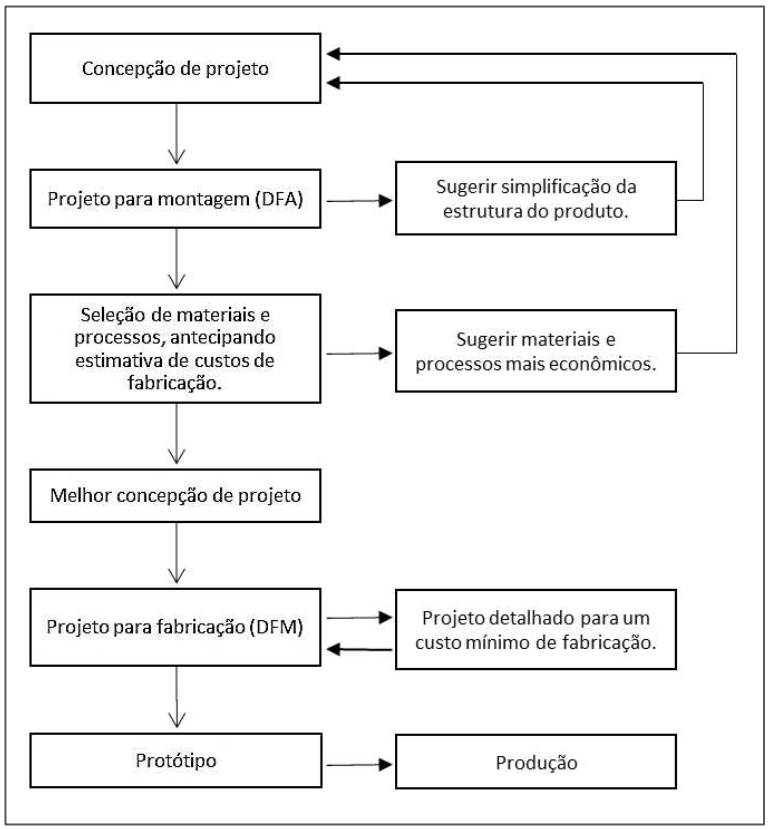
SISTEMA CONSTRUTIVO	TEMA	REFERÊNCIA
Concreto pré-moldado	Diretrizes para adoção de BIM em projeto de fachadas pré-fabricadas.	El Debs; Ferreira (2014)
	BIM 4D aplicado à gestão logística	Bataglin *et al*. (2018)
	BIM aplicado ao projeto de fabricação e montagem.	Yuan; Sun; Wang (2017)
Wood-frame	Realidade aumentada aplicada a um painel pré-fabricado em ferramenta BIM.	Cuperschmid; Grachet; Fabrício (2016)
	Plugin para projeto de madeiramento automático em ferramenta BIM	Liu *et al.* (2018)
Alvenaria modulada	Criação de plugin em ferramenta BIM.	Romcy *et al*. (2014)
Sistemas pré-fabricados em geral.	Estudo sobre adoção de BIM em sistemas pré-fabricados	Abanda; Tah; Cheung (2017).

Fonte: Autor

2 METODOLOGIA

Segundo os autores Boothroyd, Dewhurst e Knight (2010), uma das formas de se considerar previamente as etapas de apoio a produção ocorre com a elaboração de projetos de fabricação e montagem. Nesse sentido, a modelagem realizada no trabalho buscou atender a sistemática proposta por esses autores, denominada *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA), cujo procedimento é sumarizado na Figura 1.

Figura 1: procedimento para elaboração de projetos de fabricação e montagem.



Fonte: Adaptado de Boothroyd; Dewhurst; Knight (2010)

A estratégia de pesquisa utilizada foi o estudo de caso, método que, segundo Yin (2015), consiste em uma investigação empírica de um fenômeno dentro de seu contexto na realidade, especialmente quando os limites entre tal fenômeno e o seu contexto não são claramente definidos. Nesse sentido, como os limites entre a sistemática DFMA e o seu contexto na indústria da construção civil não estão bem definidos, a metodologia do estudo de caso se enquadra à proposta deste trabalho.

O estudo teve como unidade de análise o processo de modelagem paramétrica em uma ferramenta BIM integrado como parte complementar ao procedimento de implementação da sistemática DFMA de forma a permitir sua aplicação no contexto da construção civil com a utilização do sistema construtivo LSF.

Foi utilizado como fonte de evidência a documentação de projeto de um protótipo modular de 9 metros quadrados (Figura 2), disponibilizada por uma empresa do ramo da construção civil atuante no estado do Rio Grande do Norte.

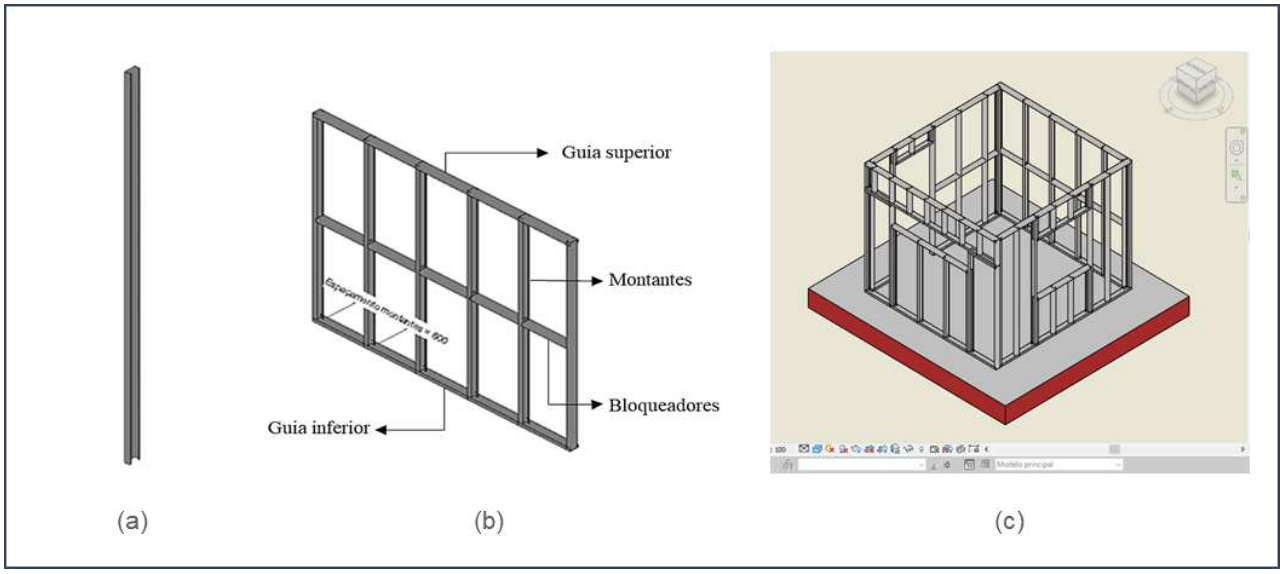
Figura 2: protótipo utilizado como evidência no estudo de caso.



Fonte: SMART – Sistemas Construtivos (2017)

A ferramenta escolhida para realização do estudo foi o Autodesk Revit, utilizado para gerir e manipular modelos de construção. Neste trabalho, seus recursos foram utilizados para a modelagem paramétrica do protótipo em estudo. Essa modelagem foi separada em três etapas, iniciando com a criação dos componentes básicos que consistem em montantes, guias e bloqueadores e, posteriormente, foram agrupados em um componente hospedeiro para formar os subsistemas de painéis reticulados que serviram para a estruturação do modelo do protótipo (Figura 3).

Figura 3: sequência de modelagem em etapas: (a) exemplo de componente básico; (b) componente de subsistema; (c) protótipo.



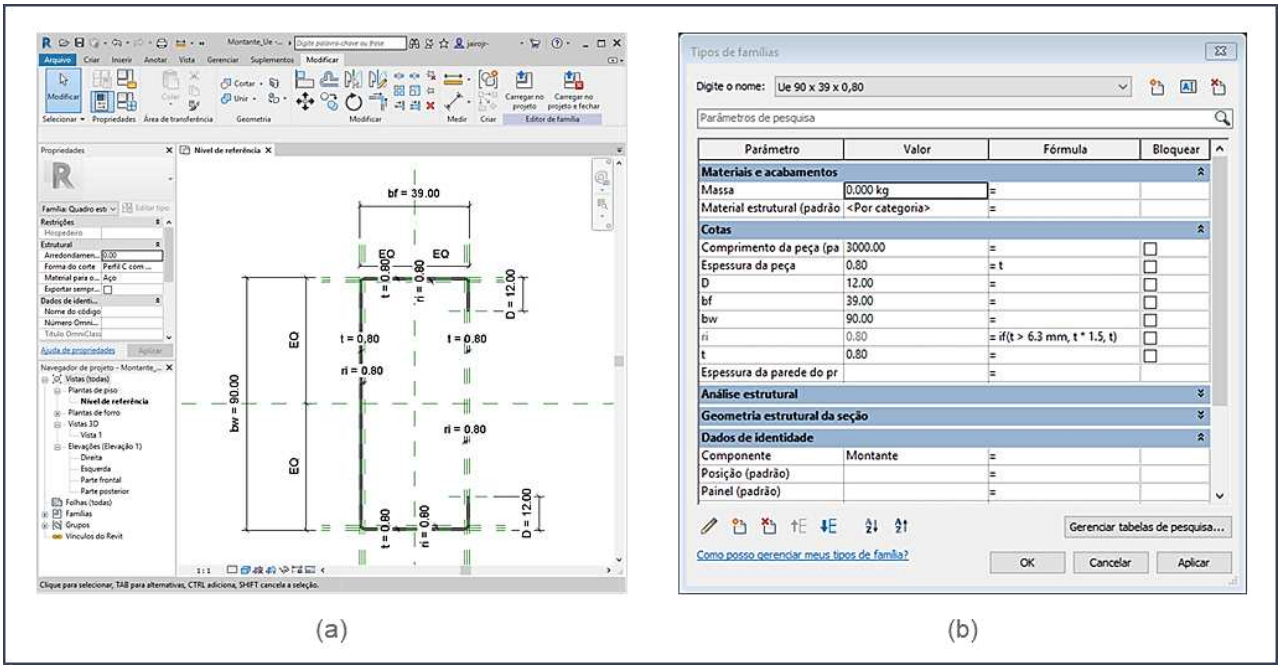
Fonte: Autor

3 RESULTADOS

A modelagem dos componentes no Revit seguiu um processo de estruturação em etapas que serviu para definir seu comportamento no modelo. Esse processo teve início com a escolha do *template* e categoria de família, cujo objetivo foi de estabelecer parâmetros pré-incorporados de acordo com o tipo de componente que se desejou criar. A definição da geometria do componente ocorreu através de inserção de dados referentes a sua forma e de restrições e relações entre parâmetros de cotas e planos de referência. Esse procedimento foi realizado tanto para a criação dos componentes básicos do sistema (montantes, guias e bloqueadores), como para os componentes de subsistemas (painéis reticulados).

O comportamento de um componente dentro do ambiente de projeto é determinado de acordo com o método que os parâmetros são criados. Nesse sentido, os componentes básicos foram criados com atributos geométricos de variação simples e parâmetros de identidade, como função, nome do componente, código de montagem, posição e identificação de painel, e com sua geometria modelada na forma de varredura. Já para a criação dos componentes dos subsistemas compostos por painéis reticulados, foi necessário a utilização do recurso de família aninhada compartilhada, transformando a família de subsistema em um hospedeiro, permitindo nele a inserção dos componentes básicos.

Figura 4: ambiente de criação de famílias: (a) definição da geometria do componente; (b) inserção de atributos paramétricos.

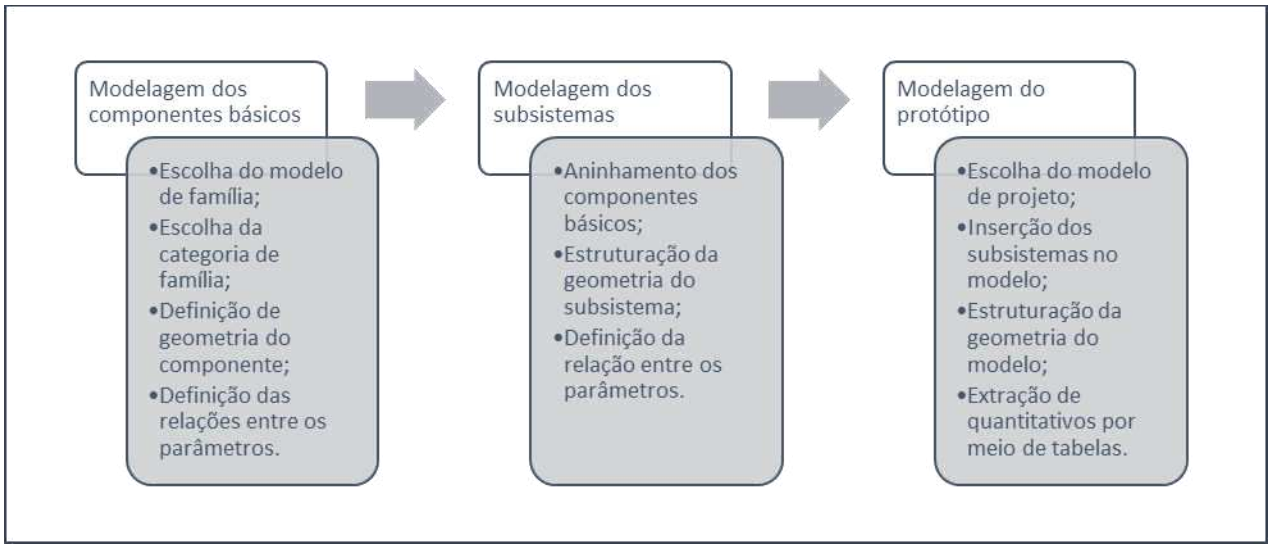


Fonte: Autor

Uma vez modelados os componentes básicos e os subsistemas, deu-se início a modelagem do protótipo. Essa modelagem, realizada no ambiente de projetos do Revit, ocorreu com a inserção dos subsistemas, carregando seus próprios atributos e os dos componentes básicos de forma automática no projeto, permitindo sua extração em tabelas.

Por conseguinte, a modelagem do protótipo ocorreu com o rearranjo dos painéis, definindo seus atributos de acordo com as características geométricas específicas do protótipo. A Figura 4 sumariza o fluxo de trabalho para modelagem paramétrica apresentado no presente trabalho.

Figura 4: fluxo de trabalho proposto para a modelagem paramétrica.



Fonte: Autor

4 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Essa pesquisa teve como principal contribuição o estudo da implementação da sistemática de projetos de fabricação e montagem na indústria da construção civil a partir da aplicação de sua metodologia no processo de projeto de um tipo de sistema pré-fabricado. Foi desenvolvida uma biblioteca de componentes por meio do uso de uma ferramenta BIM, permitindo o uso da modelagem paramétrica para a extração de informações para quantificação e documentação de projeto.

Através de um estudo de caso, foi possível desenvolver um fluxo de trabalho para modelagem paramétrica 3D de um sistema construtivo ainda pouco estudado no meio científico e na literatura, o LSF. Com esta proposta, buscou-se viabilizar a elaboração de projetos de fabricação e montagem, levando em consideração, a partir dos dados extraídos do modelo, materiais e processos mais econômicos, simplificando a estrutura do projeto e possibilitando um detalhamento para uma melhor concepção da construção.

O modelo da construção desenvolvido funciona como um banco de dados, permitindo, portanto, a extração de informações para as etapas de produção a partir do uso de tabelas de quantitativos e a fazer um planejamento prévio do processo de montagem do sistema. Esse planejamento permite estabelecer previamente o arranjo do canteiro de obras ou da oficina de montagem, utilizando um tamanho apropriado das mesas de trabalho e definição dos equipamentos de montagem, fabricação e transporte dos materiais, de acordo com as características das peças, como comprimento, quantidade, peso e sequência de montagem.

No entanto, o trabalho se limitou a modelagem de painéis reticulados de um protótipo com uma parametrização simplificada, não abordando os elementos de fixação e outros elementos do sistema construtivo, tais como placas e membranas. Apesar dessa limitação, os resultados obtidos mostraram ser possível extrair do modelo informações relevantes para as etapas de apoio a produção, alcançando o objetivo esperado da pesquisa. Dessa forma, sugere-se para trabalhos futuros a abordagem de todos os elementos construtivos do sistema com aplicação em projetos de grande porte, além do estudo de outros sistemas construtivos pré-fabricados com tipologias diferentes da abordada nesse trabalho.

REFERÊNCIAS

ABANDA, F. H.; TAH, J. H. M.; CHEUNG, F. K. T. BIM in off-site manufacturing for buildings. **Journal of Building Engineering**, v. 14, p. 89-102, oct. 2017.

BATAGLIN, F. S.; VIANA, D. D.; FORMOSO, C. T.; BULHÕES, I. R. BIM 4D aplicado à gestão logística: implementação na montagem de sistemas pré-fabricados de concreto Engineer-to-order. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 173-192, jan./mar. 2018.

BOOTHROYD, G.; DEWHURST, P.; KNIGHT, W. A. **Product Design for Manufacture and Assembly**. CRC Press Taylor & Francis Group, 3rd Edition. New York, 2010.

CUPERSCHMID, A. R. M.; GRACHET, M. G.; FABRÍCIO, M. M. Development of an Augmented Reality environment for the assembly of precast wood-frame wall from the BIM model. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 4, p. 63-78, out./dez. 2016.

EL DEBS, L. de C.; FERREIRA, S. L. Diretrizes para processo de projeto de fachadas com painéis pré-fabricados de concreto em ambiente BIM. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 41-60, abr./jun. 2014.

FABRICIO, Márcio Minto. Industrialização das construções: revisão e atualização de conceitos. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**, [S.l.], v. 20, n. 33, p. 228-248, 2013.

JARDIM, F. G., **Análise da especificação de materiais e componentes construtivos no processo de projeto de construções em aço**. Dissertação – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.

LIU, H; SINGH, G; LU, M; BOUFERGUENE, A; AL-HUSSEIN, M. BIM-based automated design and planning for boarding of light-frame residential buildings. **Automation in Construction**, v. 89, p. 235-249, feb. 2018.

MARTINI, R. J. **Análise do ciclo de produção de estruturas em aço industrializadas para edifícios de andares múltiplos**: um estudo de caso. Dissertação – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2016.

ROMCY, N. M. e S.; CARDOSO, D.; BERTINI, A. A.; PAES, A. Desenvolvimento de aplicativo em ambiente BIM segundo princípios da Coordenação Modular. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 23-39, abr./jun. 2014.

SMART SISTEMAS CONSTRUTIVOS. **Protótipo SMART:** caderno de detalhamento. 2017.

VIVAN, A. L., PALIARI, J. C. Design for Assembly aplicado ao projeto de habitações em Light Steel Frame. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 101-115, out./dez. 2012.

YIN, R. **Estudo de caso:** Planejamento e Métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman. 2015. 320p.

YUAN, Z., SUN, C., WANG, Y. Design for Manufacture and Assembly-oriented parametric design of prefabricated buildings. **Automation in Construction**, v. 88, p. 13-22, dec. 2017.