

ESTUDO DA ABORDAGEM DE “DESIGN FOR CONSTRUCTION” APLICADA À CONSTRUÇÃO CIVIL: REVISÃO CRÍTICA¹

SANTOS, F. C. dos, Universidade de Brasília/ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, email: franciellecoelho2@hotmail.com; CÂMARA, M. Y. F., Universidade de Brasília, email: myrelleyasmine@hotmail.com; CARVALHO, M. T. M., Universidade de Brasília, email: micheletezeza@unb.br

ABSTRACT

The design for X (DFX) is basically, a method used in order to attend the needs of products. Thus, this article presents a critical review of the development of design for construction approaches, through the methodology of a systematic review to obtain relevant research about the subject. To ensure quality and validity, peer-reviewed journal papers were considered for their excellence, so the search engines employed in this work were Scopus and Web of Science (WoS), over a period of ten years. Selected journals are classified as Q1 and Q2 in the Scimago Journal & Country Rank in the areas of engineering, construction and architecture (AEC). As a result, it was obtained a total of 26 articles from 18 selected journals, where the largest number of publications were in Journal of Construction Engineering and Management, with a total of 4 articles and Energy and Buildings, with a total of 3 articles. Thus, it can be concluded that the concept of DFX is still little known and barely applied to civil construction, since most of the articles found with this keyword are related to the development of a product, and not specifically about the perception of a building.

Keywords: Design for X; Design for performance; Design for construction; Design for product; Design for building; Design for user (DFU).

1 INTRODUÇÃO

O aumento da urbanização, juntamente com o aumento da concorrência global dos mercados em rápida evolução, forçou aos fabricantes a melhorarem o seu processo de desenvolvimento de produtos (PDP), ou seja, os fabricantes começaram a melhorar o produto, mantendo o custo e a qualidade na fabricação. Dessa maneira, é necessário a busca por soluções ótimas, desde as fases iniciais, até o momento de descarte do produto (MELO; MERINO; MERINO, 2016).

Esse processo de otimização do produto coloca uma carga nos projetistas, pois precisam pensar além da forma e função, e considerar as sugestões de suas escolhas para todas as etapas de desenvolvimento de produto: uma abordagem conhecida como "Engenharia simultânea". Por sua vez, esse processo exige métodos que podem organizar as necessidades dos produtos durante o seu ciclo. Dentre esses métodos, pode se chamar atenção as técnicas de "Design for X" (DFX) (HOLT; BARNES, 2010). Segundo a literatura de

¹ SANTOS, F. C. Dos; CÂMARA, M. Y. F.; CARVALHO, M. T. M. Estudo da abordagem de "design for construction" aplicada à construção civil: revisão crítica. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

Li, Xue e Gu (2008) esta técnica é um novo paradigma de *design* com benefícios tanto econômico, quanto ambiental.

O *Design for X* em português pode ser traduzido como "Projeto para X", onde o X representa uma fase do ciclo do produto (por exemplo, fabricação, montagem) ou ainda, pode representar uma habilidade ou característica que possa possuir (por exemplo, qualidade, impacto ambiental) (HOLT; BARNES, 2010). Cada uma destas técnicas fornecem uma instrução para que os projetistas evoluam no desenvolvimento de um produto melhor.

Na construção, isso não ocorre diferente, pois a experiência que já se teve, pode ser utilizada para aperfeiçoar o projeto sem arriscar os custos que são repassados ao cliente. Com base nisso, pode-se citar o *Design for Construction* (DFC) que em português pode ser traduzido como "projeto para construção" (GERTH et al., 2013). Assim, o objetivo geral do DFC, segundo a literatura de O'Connor, Rusch e Schulz (1987), é desenvolver melhores eficiências da produção de acordo com as condições de trabalho e tornar a gestão da produção menos complexa e mais precisa.

O objetivo deste trabalho é identificar os conceitos de *design for X* utilizada na engenharia de produção, fazendo uma revisão crítica deste método, aplicada a construção civil. Assim como, mostrar uma nova ferramenta de *designer* para minimização do número de componentes, peças e materiais que precisam ser processados, montados e manuseados na construção civil.

2 METODOLOGIA

A metodologia de revisão sistemática pode ser aplicada a uma série de questões para oferecer compreensão dos problemas enfrentados pelos países de baixa e média renda e fornecer uma maior direção para o desenvolvimento de soluções informadas por evidências (SNILSTVEIT; OLIVER; VOJTKOVA, 2012). Este estudo utilizou uma abordagem sistemática para localizar e selecionar as revistas que publicaram a maior parte das pesquisas relacionados ao *design for x-abilities* aplicados à construção civil em bancos de dados bibliográficos do *Scopus* e *Web of Science* (WoS), juntamente com uma abordagem de revisão tradicional para localizar e selecionar padrões organizacionais e diretrizes do setor, de acordo com as seguintes etapas, no período de 2008 a fevereiro de 2018:

- (1) compreensão da literatura;
- (2) seleção e avaliação de estudos (seleção sistemática e métodos de seleção tradicionais;
- (3) análise e síntese;
- (4) relatórios dos resultados (AL-SHARIF; KAKA, 2004; HU et al., 2015; ZHANG et al., 2016).

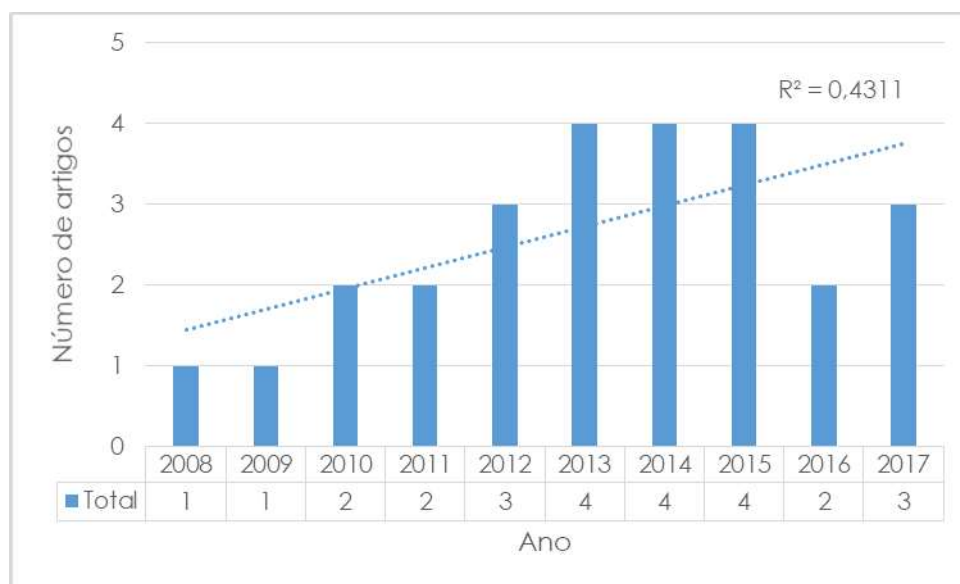
As palavras-chave utilizadas na busca foram, *design for X* (DFX), *design for performance* (DFPer), *design for construction* (DFC), *design for product* (DFPro), *design for building* (DFB), *design for user* (DFU). A pesquisa foi limitada

a áreas de assunto de *engineering, environmental science, business, management and accounting, economics, econometrics and finance, social sciences* e *computer science*, e com base no tipo de documento do artigo ou revisão em inglês. Os artigos foram selecionados a partir de revistas que apresentaram classificação Q1 e Q2 pelo *Scimago Journal & Country Rank* nas áreas de engenharia, construção e arquitetura.

3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As bases de pesquisa localizaram um total de 2038 artigos, incluindo 1381 itens do Scopus e 657 do WoS. Após a revisão dos trabalhos, foram identificados 26 documentos relevantes para o processo de análise e síntese. Os estudos selecionados propuseram ou usaram os diferentes aspectos do *design* ao longo das etapas de construção. A linha do tempo de publicações apresentada na Figura 1, mostra uma tendência crescente de 43% no desenvolvimento de pesquisas voltadas para o projeto (*design for*) na construção civil, destacando o segundo quinquênio, no qual houve o maior número de publicações.

Figura 1 – Tendência da publicação de periódicos internacionais que desenvolveram pesquisas voltadas para o projeto (*design*).



Fonte: Autoras

Foram selecionadas 18 revistas dentro do período e das limitações especificadas (Tabela 1). As duas revistas com maior número de publicações foram *Journal of Construction Engineering and Management*, com 4 artigos, e a *Energy and Buildings*, com 3 artigos.

Tabela 1 – Lista de periódicos de acordo com os trabalhos selecionados na pesquisa bibliográfica.

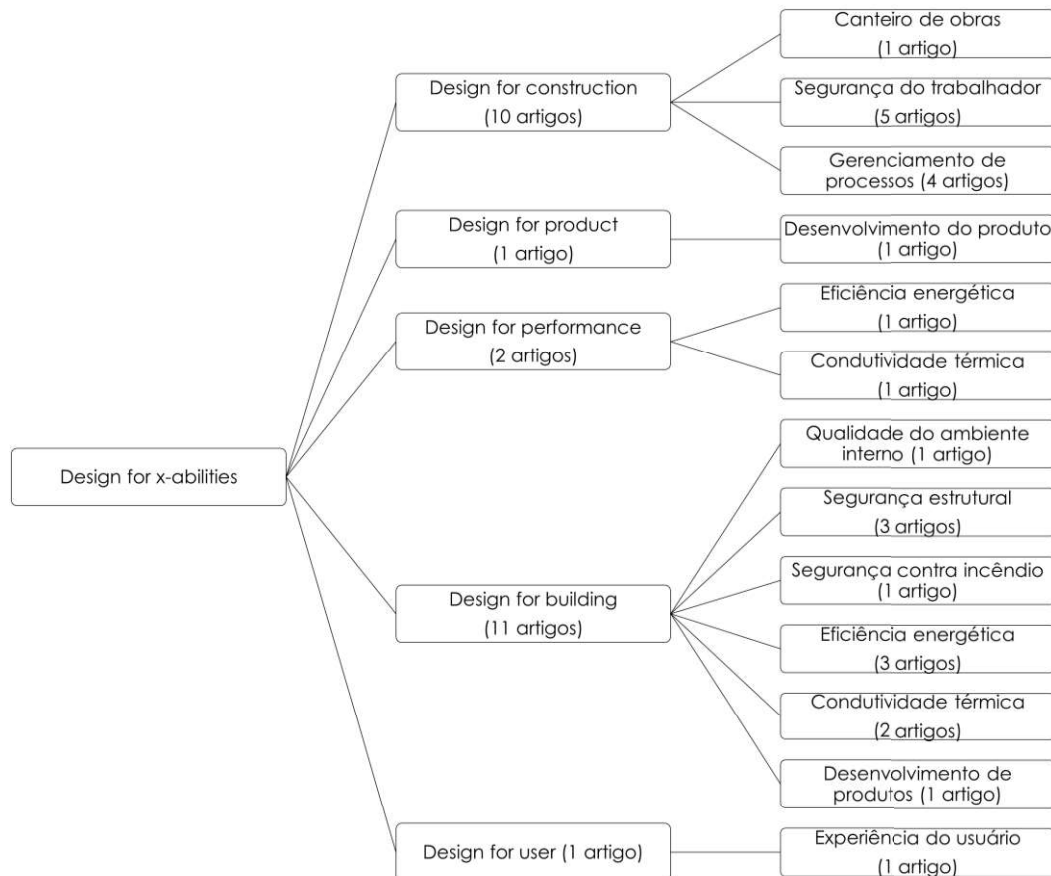
Periódicos	Número de artigos selecionados
Journal of Construction Engineering and Management	4
Energy and Buildings	3
Journal of Engineering Design	2
Building and Environment	2
Applied Energy	2
Research in Engineering Design	2
Construction Management and Economics	1
Journal of Computing in Civil Engineering	1
Automation in Construction	1
KSCE Journal of Civil Engineering	1
Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering	1
Building Services Engineering Research and Technology	1
Journal of Management in Engineering	1
Journal of Architectural Engineering	1
Journal of Building Performance Simulation	1
Engineering Structures	1
Intelligent Buildings International	1
Total Geral	26

Fonte: Autoras

O campo de pesquisas na área de projetos é caracterizado por seus diversos temas, neste sentido foi realizada uma leitura mais aprofundada dos artigos selecionados e desenvolvido um quadro temático para classificar os "temas" usados. O objetivo desta etapa foi identificar, extrair e categorizar as pesquisas relacionadas ao DFC. Portanto, em vez de explicar e comparar "como diferentes estudos avaliaram cada aspecto de DFC" em um longo relatório as autoras resumem os resultados de acordo com as classificações utilizadas na estrutura temática desenvolvida neste estudo (Figura 2).

Para os autores Tymvios e Gambatese (2016) o *design for construction* (DFC) tem-se um conhecimento voltado para o conceito de segurança do trabalhador na construção, visto que a maioria das fatalidades durante a execução da obra são ocasionados por não haver métodos alternativos para a segurança da construção nos projetos. Os autores Dharmapalan et al., (2014) também focaram seus estudos para essa linha de pesquisa fornecendo valores que ligam características de *design* específicas à segurança destinado ao uso por projetistas para criar um ambiente mais seguro de construir.

Figura 2 – A estrutura temática das abordagens *Design for X* voltadas para a construção civil



Fonte: Autoras

Já para os autores Gerth et al., (2013) destacam a importância da retroalimentação do processo de projeto para a fase de produção, especificamente no que diz respeito à identificação dos problemas que foram considerados em projetos anteriores como base para melhorar a construtibilidade dos novos, mantendo o foco no seu gerenciamento.

Na análise das pesquisas sobre *design for product*, observou apenas uma linha de pesquisa, estudada pelos autores Gerth et al., (2013) que por meio de um estudo de caso, evidenciaram barreiras do projeto que potencialmente poderiam ter sido resolvidas para aprimorar a capacidade de construção.

Para COHEN et al. (2017) o *design for performance* pode ser classificado como um modelo de simulação de construção muito mais realista desenvolvido para o estágio de projeto. Mesmo sabendo que desta forma exigirá um nível de complexidade maior (detalhes, equipamentos, especificações), permitirá aos projetistas uma análise mais profunda das questões relacionadas à eficiência energética, tirando mais proveito do projeto auxiliado por computador. Por outro lado Chiu e Martin (2012) estudaram a capacidade de armazenamento de energia térmica, com o objetivo de propor um protocolo de projeto para validação dos materiais. Nesta pesquisa, os autores se depararam com falta de conhecimento preciso das propriedades dos materiais e a falta de um protocolo de projeto que muitas vezes levam a dificuldades em alcançar ambientes tecnicamente viáveis, dificultando a

avaliação precisa do *design for performance*.

Na linha de pesquisa do *design for building* foram identificadas diversas vertentes, como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 – Áreas de pesquisas para *design for building*.

Áreas de pesquisa	Discussões dos autores
Segurança estrutural	Hamid e Mander (2014) e Zhang et al. (2012): garantia da segurança do edifício mediante ao uso e à terremotos
Segurança contra incêndio	Huang et al. (2009)
Conforto do usuário	Chen e Wen (2008): desenvolveram sensores para a proteção do ar interno; Fouda et al. (2014); Pérez-Bella et al. (2015): condutividade térmica dos materiais, a fim de melhorar o ambiente interno do edifício
Eficiência energética	Fong e Lee (2012); Kim e Braun (2015) e YUAN et al. (2017): demanda de energia para o edifício, bem como a busca para entender o comportamento do usuário e assim prever uma maior economia de energia e gerar edifícios mais sustentáveis.
Desenvolvimento do produto	Lehman (2011): estuda aspectos de projeto para o edifício de acordo com os valores atribuídos pelo cliente

Fonte: Autoras

Para as pesquisas relacionadas a *Design for user*, apenas a literatura sobre a experiência do usuário foi correlacionada. Sendo que foi destacada a importância da percepção do usuário no desenvolvimento de produtos, que está totalmente ligada ao *design*, assim como as implicações, a noção de ambiente e a experiência em função de afeto e cognição (ZHOU; XU; JIAO, 2011). Foi então desenvolvido um modelo para que se tivesse a satisfação do usuário quanto aquele assunto.

4 CONCLUSÕES

A ferramenta de revisão sistemática da literatura possibilitou um levantamento de uma amostra de 26 artigos, com classificação entre Q1 e Q2 na Scimago Journal & Country Rank nas áreas de engenharia, construção e arquitetura, especificamente publicados nos últimos 10 anos.

Ao utilizar as palavras chaves em que o "X" representa uma fase do ciclo do produto tais como DFPer, DFC, DFPro, DFB e DFU. Pode-se observar que o conceito de DFX ainda é pouco aplicado à construção civil, visto que a maioria dos artigos encontrados que utilizaram esta palavra chave estão aplicados ao desenvolvimento de um produto manufaturado, não tratando especificamente da concepção de um edifício.

As abordagens de DFC e DFB foram as mais estudadas pelos pesquisadores com áreas temáticas bem definidas como segurança no trabalho e eficiência energética. A concepção de edificações com foco em DFX envolve uma gama de disciplinas de projeto, neste sentido há uma lacuna do conhecimento que envolva a implementação de ferramentas e procedimentos para a integração do processo de DFX. Nota-se uma ausência de diretrizes de projeto, bem como de gerenciamento das informações para

serem empregados durante o desenvolvimento de projetos de edifícios, visando o melhor desempenho do produto.

REFERÊNCIAS

AL-SHARIF, F.; KAKA, A. PFI/PPP topic coverage in construction journals. **20th Annual ARCOM Conference**, v. 1, n. September, p. 1–3, 2004.

CHEN, Y. L.; WEN, J. Sensor system design for building indoor air protection. **Building and Environment**, v. 43, n. 7, p. 1278–1285, 2008.

CHIU, J. N. W.; MARTIN, V. Submerged finned heat exchanger latent heat storage design and its experimental verification. **Applied Energy**, v. 93, p. 507–516, 2012.

COHEN, R. et al. How the commitment to disclose in-use performance can transform energy outcomes for new buildings. **Building Services Engineering Research and Technology**, v. 38, n. 6, p. 711–727, 2017.

DHARMAPALAN, V. et al. Quantification and Assessment of Safety Risk in the Design of Multistory Buildings. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 141, n. 4, p. 04014090 1-9, 2014.

FONG, K. F.; LEE, C. K. Towards net zero energy design for low-rise residential buildings in subtropical Hong Kong. **Applied Energy**, v. 93, p. 686–694, 2012.

FOUDA, A. et al. A modified method of calculating the heating load for residential buildings. **Energy and Buildings**, v. 75, p. 170–175, 2014.

GERTH, R. et al. Design for construction: Utilizing production experiences in development. **Construction Management and Economics**, v. 31, n. 2, p. 135–150, 2013.

HAMID, N. H.; MANDER, J. B. Damage avoidance design for buildings. **KSCE Journal of Civil Engineering**, v. 18, n. 2, p. 541–548, 2014.

HOLT, R.; BARNES, C. Towards an integrated approach to "design for X": An agenda for decision-based DFX research. **Research in Engineering Design**, v. 21, n. 2, p. 123–136, 2010.

HU, Y. et al. From Construction Megaproject Management to Complex Project Management: Bibliographic Analysis. **Journal of Management in Engineering**, v. 31, n. 4, p. 04014052, 2015.

HUANG, H. et al. Optimum design for smoke-control system in buildings considering robustness using CFD and Genetic Algorithms. **Building and Environment**, v. 44, n. 11, p. 2218–2227, 2009.

KIM, D.; BRAUN, J. E. A general approach for generating reduced-order models for large multi-zone buildings. **Journal of Building Performance Simulation**, v. 8, n. 6, p. 435–448, 2015.

LEHMAN, M. L. How sensory design brings value to buildings and their occupants. **Intelligent Buildings International**, v. 3, n. 1, p. 46–54, 2011.

LI, Y.; XUE, D.; GU, P. Design for product adaptability. **Concurrent Engineering: Research and Applications**, v. 16, n. 3, p. 221–232, 2008.

MELO, L. M.; MERINO, E. A. D.; MERINO, G. S. A. D. Uma revisão sistemática sobre Design For X. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 4, n. 12, p. 78–99, 2016.

O'CONNOR, J. T.; RUSCH, S. E.; SCHULZ, M. J. Constructability concepts for engineering and procurement. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 113, n. 2, p. 235–248, 1987.

PÉREZ-BELLA, J. M. et al. A correction factor to approximate the design thermal conductivity of building materials. Application to Spanish façades. **Energy and Buildings**, v. 88, p. 153–164, 2015.

SNILSTVEIT, B.; OLIVER, S.; VOJTKOVA, M. Narrative approaches to systematic review and synthesis of evidence for international development policy and practice. **Journal of Development Effectiveness**, v. 4, n. 3, p. 409–429, 2012.

TYMVIOS, N.; GAMBATESE, J. A. Perceptions about Design for Construction Worker Safety: Viewpoints from Contractors, Designers, and University Facility Owners. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 142, n. 2, p. 04015078, 2016.

YUAN, J. et al. The creation of weather data for AC design using two weather indices for Osaka. **Energy and Buildings**, v. 134, p. 248–258, 2017.

ZHANG, B. et al. Comparison of vibrational serviceability criteria for design of timber floors among the European Union countries. **COST Action FP0702**, v. 52, p. 31, 2012.

ZHANG, S. et al. Critical review on PPP Research – A search from the Chinese and International Journals. **International Journal of Project Management**, v. 34, p. 597–612, 2016.

ZHOU, F.; XU, Q.; JIAO, R. J. Fundamentals of product ecosystem design for user experience. **Research in Engineering Design**, v. 22, n. 1, p. 43–61, 2011.