

PRÉ-FABRICAÇÃO: O CONCEITO, SUA UTILIZAÇÃO E ALGUNS DESACORDOS NA PRODUÇÃO CIENTÍFICA BRASILEIRA

PREFABRICACIÓN: EL CONCEPTO, SU USO Y ALGUNOS DESACUERDOS EN LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA BRASILEÑA

PREFABRICATION: THE CONCEPT, ITS USE AND SOME DISAGREEMENTS IN BRAZILIAN SCIENTIFIC PRODUCTION

LAGE, MAURÍCIO

Mestre em Engenharia das Construções, Universidade Federal de Ouro Preto. E-mail: maurilage@gmail.com

VALE, CLÉCIO MAGALHÃES DO

*Doutor em Ciência e Tecnologia da Madeira (UFLA), Professor Associado do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). E-mail: clecio@ufop.edu.br

RESUMO

Neste artigo propõe-se problematizar distintos entendimentos do termo pré-fabricação adotados na literatura científica nacional recente e recuperar uma definição para o conceito a partir de suas práticas históricas — como uma relação temporal e espacial de organização do trabalho no processo produtivo. Por meio de Análise de Conteúdo são examinados e sistematizados trabalhos científicos (artigos, dissertações, teses, monografias, livros e capítulos de livros) dos campos da arquitetura e da engenharia, publicados entre os anos de 1996 e 2019, de forma a permitir inferências ao seu contexto social de forma objetiva. Como resultado, são explicitados pontos conflitantes em meio a produção científica analisada, ressaltada a relevância da clareza do conceito de pré-fabricação para vislumbrar seus potenciais como procedimento construtivo e indicadas possibilidades para novas práticas e historiografias.

PALAVRAS-CHAVE: construção industrializada; indústria da construção; racionalidade construtiva.

RESUMEN

En este artículo se propone problematizar distintos entendimientos del término prefabricación adoptados en la literatura científica nacional reciente y recuperar una definición para el concepto a partir de sus prácticas históricas, como una relación temporal y espacial de organización del trabajo en el proceso productivo. A través de la Análisis de Contenido se examinan y sistematizan trabajos científicos (artículos, disertaciones, tesis, monografías, libros y capítulos de libros) de los campos de la arquitectura y la ingeniería, publicados entre los años 1996 y 2019, para permitir inferencias sobre su contexto social de forma objetiva. Como resultado, se explicitan puntos conflictivos en medio de la producción científica analizada, se resalta la relevancia de la claridad del concepto de prefabricación para vislumbrar sus potenciales como procedimiento constructivo y se señalan posibilidades para nuevas prácticas e historiografías.

PALABRAS CLAVES: construcción industrializada; industria de la construcción; racionalidad constructiva.

ABSTRACT

In this article we aim to scrutinize various interpretations of the term prefabrication as adopted in context national scientific literature and to derive a definition for the concept based on its historical practices — viewing it as a temporal and spatial arrangement of labor organization within the production process. Employing Content Analysis methodology, with the objective of drawing objective inferences regarding their social context, we examine and systematize scientific works (articles, dissertations, theses, monographs, books, and book chapters) from the fields of architecture and engineering, published between 1996 and 2019. As a result, conflicting points within the analyzed scientific production are elucidated, the importance of conceptual clarity in understanding prefabrication's potential as a construction procedure is underscored, and avenues for new practices and historiographies are suggested.

KEYWORDS: industrialized construction; construction industry; constructive rationality

Recebido em: 22/08/2023

Aceito em: 01/04/2024

1 INTRODUÇÃO

A temática da pré-fabricação, juntamente com a da industrialização e da racionalização do processo de trabalho nas construções, está presente em grande parte das discussões sobre arquitetura desde a virada para o século XX. Esses temas foram centrais no discurso e nos experimentos da arquitetura do Movimento Moderno (MM), marcados tanto pela tentativa de criar uma imagem da habitação moderna quanto pela exploração de novos materiais e técnicas construtivas (Bergdoll, 2008).¹

Após a Segunda Guerra Mundial, técnicas de pré-fabricação, principalmente utilizando grandes estruturas em concreto, constituíram-se como uma estratégia de redução do alto déficit habitacional nas cidades europeias. A escassez de mão de obra, associada à necessidade de velocidade e quantidade, possibilitou a experimentação de uma produção habitacional em escala industrial em países como França, Dinamarca e Suécia, além da antiga União Soviética, via de regra impulsionada por incentivos ou grandes programas estatais (Bruna, 1976). Ainda assim, mesmo no contexto europeu, essas foram experiências isoladas que não chegaram a transformar o quadro geral da produção habitacional, criticado por seu caráter manufatureiro em oposição à indústria moderna que florescia. O autor lamenta a “oportunidade perdida” para a industrialização da construção civil no pós-guerra europeu:

A reconstrução [no pós guerra], para a maioria dos países europeus, foi uma ocasião perdida se considerada a possibilidade de organizar e implantar uma industrialização de base no setor de construção civil. Preferiram-se soluções de racionalização e a pulverização dos canteiros em um sem-número de pequenas empresas construtoras (Bruna, 1976, p. 56).

Ao comparar tal cenário com o processo de industrialização brasileiro dos anos 1950, Bruna (1976) considera que aqui também se teria perdido oportunidade semelhante, particularmente no contexto da grande empreitada construtiva capitaneada pela construção de Brasília, que também contava com presença marcante de capital estatal. Segundo o autor, essa empreitada “poderia ter sido o princípio de um vigoroso trabalho visando a industrialização da construção no Brasil. Os atuais planos habitacionais teriam, do ponto de vista tecnológico, um roteiro seguro e uma base industrial mais organizada” (Idem, p. 57).

Muito distantes da realidade europeia, os canteiros do setor habitacional brasileiro conservaram hegemonicamente, ao longo do século XX, características de uma produção manufatureira tida como arcaica, baseada no emprego intensivo de mão-de-obra com pouca presença de máquinas e equipamentos mecânicos. O debate teórico e prático sobre a pré-fabricação no contexto nacional foi atravessado, portanto, pela ideia de atraso do setor e por diferentes noções de como um processo de industrialização deveria ou poderia se dar.

Como apontado por Fabrício (2013), o conceito de ‘industrialização’ das construções é claramente objeto de controvérsias nos campos da Arquitetura e Engenharia brasileiros, e o que se entende por industrialização e sobre como alcançá-la diverge entre diferentes autores e se transformou significativamente ao longo do tempo. Por sua vez, o conceito de pré-fabricação, apesar de sua associação sempre íntima com o conceito de industrialização, em princípio, aparenta ser mais simples, a exemplo da afirmação:

Enquanto o conceito de industrialização não conta com um entendimento unânime, o de pré-fabricação é convergente. Principalmente porque a pré-fabricação é uma atividade produtiva bem definida, enquanto que aquela é um processo abstrato (Sabbatini, 1989, p. 60).

O ponto de partida deste artigo é justamente o questionamento dessa afirmação. Haveria de fato uma convergência ou predeterminação no entendimento do que é pré-fabricação?

Nos canteiros “tradicionais”, por exemplo, é comum a referência a componentes e elementos específicos utilizados na construção, quase sempre adquiridos no mercado, como pré-fabricados: elementos como lajes² e tipos específicos de telhas, fôrmas, escadas etc., ao mesmo tempo em que tal denominação é atribuída a outros sistemas construtivos como um todo, como um “sistema construtivo pré-fabricado” ou industrializado. Por exemplo, os perfis metálicos e chapas que compõem as paredes do sistema Light Steel Framing (LSF) são adquiridos prontos, da mesma maneira como são adquiridos prontos componentes como tijolos — estes normalmente não associados à ideia de pré-fabricação. Poder-se-ia afirmar, portanto, que há alguma ambiguidade a respeito do sentido do termo, ao menos no senso comum dos canteiros de obra e do comércio varejista.

Em vista desse ‘problema’ semântico, este artigo é um esforço de investigar e problematizar os distintos entendimentos do termo pré-fabricação no contexto nacional, visando identificar e debater a ambiguidade do seu uso também nos meios técnicos e acadêmicos. A partir de uma análise das ausências e permanências no debate sobre o tema da pré-fabricação nos campos da Arquitetura e Engenharia no contexto nacional, considerando as particularidades desse contexto e a centralidade dos processos de trabalho em seu esquema produtivo, tem-se como objetivo evidenciar desacordos conceituais no campo científico — onde se pensa o

desenvolvimento nacional — que têm consequências sobre as possibilidades de transformação das práticas de construção.

Para tanto, este artigo se organiza em três partes. Na primeira, distintos entendimentos do termo pré-fabricação são problematizados a partir dos principais autores que discutiram sua definição. Alcança-se, assim, um entendimento do termo a partir de suas práticas históricas como uma relação temporal e espacial de organização do trabalho no processo produtivo. Na segunda parte, inicialmente, apresenta-se a metodologia de Análise de Conteúdo adotada para o exame e sistematização da produção científica recente sobre pré-fabricação. Em seguida, são analisados os conteúdos de 348 trabalhos científicos (artigos, dissertações, teses, monografias, livros e capítulos de livros) dos campos da Arquitetura e da Engenharia, publicados entre os anos de 1996 e 2019, que tem como foco a pré-fabricação, explicitando o entendimento do termo por eles adotado. Por fim, na terceira e última parte, são tecidas considerações finais explicitando os pontos conflitantes na produção científica analisada, ressaltando a relevância da clareza do conceito de pré-fabricação para vislumbrar os seus potenciais como procedimento construtivo e indicando possibilidades para novas práticas e historiografias.

2 PROBLEMATIZANDO O CONCEITO DE PRÉ-FABRICAÇÃO

As primeiras definições do termo pré-fabricação na literatura brasileira podem ser rastreadas até uma discussão que se deu a partir dos anos 1960 na Europa. Em 1968, a Associação Italiana de Pré-Fabricação define o termo como: “uma fabricação industrial, fora do canteiro, de partes da construção capazes de serem utilizadas mediante ações posteriores de montagem”³ (Olivieri, 1968, apud Bruna, 1976, p. 19, nota 2)⁴.

Em 1972, o Dicionário da Arquitetura Brasileira oferece a seguinte definição, muito mais adjetivada do conceito, que explicita um viés a respeito de seus supostos benefícios:

Processo empregado na construção, que se baseia na redução do tempo de trabalho e racionalização dos métodos construtivos, para conseguir-se pela montagem mecânica, de elementos produzidos ou pré-moldados diretamente na fábrica, economia de materiais e de mão-de-obra (Bruna, 1976, p. 19, nota 2).

Em 1989, Sabbatini (1989) registra uma nova definição do termo dada pelo grupo de pesquisa espanhol Seminario de Prefabricación, a partir do trabalho do engenheiro civil polonês Bohdan Lewicki: “por pré-fabricação entende-se a produção de elementos de construção fora do seu lugar definitivo, tratando-se de elementos que *na construção tradicional*, se realizariam *in loco*” (Ordoñez, 1974, apud Sabbatini, 1989, p. 60; destaque nosso)⁵. Ao excluir de seu guarda-chuva componentes e elementos construtivos que, apesar de fabricados fora do canteiro, não seriam “tradicionalmente” fabricados *in loco* (como janelas, peças sanitárias, telhas, etc.), essa definição introduz nova subjetividade ao entendimento do conceito.

O trabalho de Sabatini (1989) também registra uma fala do arquiteto panamenho Ricardo Meregaglia, que relaciona pré-fabricação e industrialização: “pré-fabricação é só um meio importante, mas não decisivo para a industrialização da empresa de construção” (Ordoñez, 1974, apud Sabbatini, 1989, p. 60)⁶.

Para Bruna (1976), influente referência sobre o tema da industrialização do setor da construção habitacional, a pré-fabricação também seria apenas uma opção dentre as disponíveis para a organização industrial da produção. Nas palavras do autor, a pré-fabricação “é apenas uma fase de um processo industrializado mais amplo e complexo, pois este envolve a organização da produção, sua montagem, controle etc.” (Idem, p. 30). Tal definição parece ser a principal referência para as subseqüentes conceituações trazidas pela literatura em que a pré-fabricação está sempre associada a um processo de industrialização da construção.

Em suma, ao longo do tempo, observa-se um progressivo distanciamento da primeira definição mais ampla do termo pré-fabricação (da Associação Italiana de Pré-Fabricação) no sentido de restringir seu entendimento a “componentes de construção produzidos industrialmente” (Sabbatini, 1989, p. 60) ou no sentido de uma compreensão do processo de pré-fabricação como um “[d]os aspectos necessários para conseguir um controle eficaz da produção” (López Baillo, 1974, p. 787). Contudo, como pretende-se argumentar a seguir, o termo “pré-fabricação” crescentemente passou a ser sinônimo de pré-fabricação em concreto.

No capítulo “História da pré-fabricação” de seu livro intitulado “Pré-fabricação de edifícios”, Milman (1971) descreve a história da pré-fabricação cronologicamente como a história do desenvolvimento do concreto armado, começando pela primeira patente concedida em 1867 a Josep Monier, passando por sua aplicação por meio de elementos pré-fabricados na construção de edifícios no pós-guerra europeu, até o seu estado de desenvolvimento no Brasil à época da publicação. Os referidos títulos do livro e capítulo demonstram uma generalização comum na literatura de tomar como dado que um processo de pré-fabricação pressupõe a utilização do material concreto armado.

Para Vasconcellos (2002), referência amplamente utilizada para recontar a história da pré-fabricação, a gênese do conceito também é associada à pré-moldagem de elementos em concreto armado fora do canteiro. Estudos mais recentes, como os de Serra *et al.* (2005) e Pigozzo *et al.* (2005), reproduzem essa noção ao definirem pré-fabricação como uma etapa da evolução da tecnologia do concreto armado.

A Norma Brasileira (NBR) 9062: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado, não apresenta uma definição específica para pré-fabricação, mas apresenta o processo como uma pré-moldagem executada industrialmente:

3.5 Elemento pré-moldado: Elemento que é executado fora do local de utilização definitiva na estrutura, com controle de qualidade. [...]

3.6 Elemento pré-fabricado: Elemento pré-moldado, executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, sob condições rigorosas de controle de qualidade (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2001, p. 3).

Ou seja, a norma classifica todos os elementos de concreto executados fora do canteiro como “pré-moldados” e, se produzidos em escala e com controle de qualidade, assim como se faz na indústria, promove tais elementos à classificação de pré-fabricados. No que diz respeito à diferenciação técnica entre as duas classificações apresentadas, o controle de qualidade, a Norma define critérios específicos apenas no que concerne a procedimentos de ensaio, resistência mecânica mínima das peças e garantia do recobrimento da armadura. Cabe destacar que não há normas técnicas brasileiras para projeto ou execução de estruturas pré-fabricadas em outros materiais.

À crença nas supostas qualidades intrínsecas do concreto armado, como seu desempenho estrutural e econômico ou por suas propriedades plásticas possibilitarem um controle de qualidade de produção, que justifica sua disseminação na maioria das construções produzidas no Brasil, se soma o foco no material como a escolha natural para pré-fabricação.

Dos materiais atualmente à disposição da arquitetura moderna, o concreto armado é o único a apresentar aquelas características requeridas pela produção industrial de grande série. Trata-se de um material totalmente plástico que permite a produção em máquinas e usinas [...] tanto para elementos portantes como para partições, admitindo solidarizações de uma maneira relativamente simples (Bruna, 1976, p. 74).

Essa e as considerações anteriores indicam, no mínimo, que a discussão sobre a pré-fabricação tem grande intimidade com a historiografia do desenvolvimento da tecnologia do concreto armado, provavelmente um sintoma da naturalização da cultura do concreto armado no Brasil – hipótese desenvolvida por Santos, que questiona também o entendimento de que “o concreto resultaria de um longo processo evolutivo, fruto de um paulatino aprimoramento técnico que teria resultado no melhor sistema construtivo possível para as circunstâncias brasileiras” (Santos, 2008, p. 22).

Entende-se, no entanto, que o termo pré-fabricação não se limita, por definição, aos sistemas construtivos em que há emprego do concreto armado ou tampouco descreve unicamente processos específicos da era moderna industrial, evidenciando uma lacuna historiográfica no que diz respeito a práticas de pré-fabricação utilizando outros materiais caracteristicamente observadas junto a diferentes culturas e em múltiplos tempos históricos (Figura 1).

Figura 1. Pré-fabricação não associada à cultura industrial



Fonte: Autor desconhecido. *Carrying a roof, Congo, ca. 1900-1915*. In: WIKIMEDIA COMMONS, a miadateca livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2024. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carrying_a_roof,_Congo,_ca._1900-1915_\(IMP-CSCNWW33-OS11-8\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carrying_a_roof,_Congo,_ca._1900-1915_(IMP-CSCNWW33-OS11-8).jpg)> sob domínio público. Acesso em: 27 mar. 2024.

Sem muito esforço, poder-se-ia argumentar que a pré-fabricação, como uma prática de construir elementos de um edifício fora do canteiro, seria algo muito anterior à era industrial. Muitas construções pré-históricas são documentadas contendo partes pré-fabricadas, como templos no Sri-Lanka, os monumentos em Stonehenge na Inglaterra e construções no Egito e Mesopotâmia (Prasher; Mittal, 2016). O transporte naval de componentes estruturais e sua montagem em outros territórios, por exemplo, já era observado no Império Romano (Bergdoll, 2008) e, mais recentemente, no século XIX, a chamada Arquitetura do Ferro também produziu “edifícios portáteis, montáveis e desmontáveis e, sobretudo, comercializáveis em qualquer parte do mundo” (Santos, 2008, p. 82).

Partindo do fato de os edifícios estarem sempre conectados a um local, enquanto a tecnologia complexa é geralmente centralizada em uma fábrica, Richard (2016) caracteriza a pré-fabricação pelos graus de finalização distintos que um edifício pode receber fora do canteiro: desde um kit de partes com origens em fornecedores diversos (sistema produtivo aberto) mas finalizado/montado no canteiro, até sistemas altamente finalizados em fábrica (sistema produtivo fechado). Tal caracterização expande e complexifica a definição mais ampla e comum de que a pré-fabricação seria apenas a produção de componentes destinados à construção produzidos fora do local definitivo para posterior montagem. Faria sentido, portanto, entender que um edifício possa ser parcialmente pré-fabricado – situação em que apenas um de seus subsistemas (estrutura, cobertura, fechamentos etc) possa ser produzido fora do canteiro. Mas caberia reconhecer que componentes como tijolos, vidros, perfis metálicos e similares são apenas produtos industrializados, mas não elementos de construção – no sentido de que, em conjunto, seriam parte de um sistema com funções específicas, como uma parede ou painel de vedação, ou uma estrutura de cobertura. Todavia, seriam capazes de configurarem uma construção pré-fabricada se articulados para tal fim – como uma construção em vidro, na qual este componente pode conformar os subsistemas estrutura, fechamento, cobertura etc.

Em suma, longe de apresentar uma conexão direta com a indústria ou a industrialização, e muito menos com o concreto armado, em consonância com Richard (2016), entende-se que a pré-fabricação não se refere a uma estratégia tecnológica per se, mas sim a uma característica temporal/espacial — ou organizacional — do trabalho no processo produtivo, dentro e fora do canteiro. Apesar de contemporaneamente abordado como um modo de organizar a produção de um edifício com vistas à sua aproximação dos modos de produção industriais, entende-se que é perfeitamente possível pré-fabricar uma edificação ou seus subsistemas utilizando métodos de produção puramente artesanais.

Entende-se, ainda, que muitos dos sistemas construtivos hoje disponíveis no mercado podem ser entendidos como pré-fabricados, e utilizem concreto, aço ou madeira, como os sistemas Light Steel Framing (Crauto, 2005), Concreto PVC (Silveira *et al.*, 2021), Light Wood Framing (Monich, 2012) e assim por diante, a depender de seu arranjo produtivo. No entanto, como veremos a seguir, esse entendimento está longe de ser uniformemente adotado na literatura científica nacional recente, com potenciais consequências para a amplitude do conhecimento produzido sobre a pré-fabricação e para as possibilidades de sua aplicação prática.

3 A PRÉ-FABRICAÇÃO NA PRODUÇÃO CIENTÍFICA RECENTE

A seguir apresentamos uma investigação sistemática da utilização do termo ‘pré-fabricação’ na literatura acadêmico-científica a partir do levantamento de trabalhos nacionais voltados para a construção civil que abordaram centralmente o tema da pré-fabricação nas últimas três décadas. O exame desses trabalhos nos permitirá a identificação de distintos enfoques dados ao termo, bem como de conflitos conceituais na literatura que, argumentamos, parecem derivar de uma naturalização da cultura do concreto armado.

Sobre o método e o levantamento

Para o exame e sistematização dessa produção científica foi adotado como método de pesquisa a Análise de Conteúdo. As origens desse método remontam ao início do século XX nos Estados Unidos e suas primeiras aplicações tinham como objetivo a análise de material jornalístico. Trata-se de um método que trabalha com a palavra, o conteúdo do texto, permitindo produzir inferências ao seu contexto social de forma objetiva. Neste trabalho foi utilizada especificamente a abordagem de análise de conteúdo por categorias temáticas, que implica na codificação ou caracterização de textos e seu agrupamento em classes de equivalências definidas a partir de seu conteúdo (Krippendorff, 1980; Silva *et al.*, 2005; Richardson, 2007).

Os textos analisados consistem em artigos, dissertações, teses, monografias, livros e capítulos de livros oriundos da plataforma Google Scholar — plataforma gratuita que indexa trabalhos de diversas bases acadêmicas. Os trabalhos foram obtidos por meio de busca textual pelo termo ‘pré-fabricação’ e suas

variações⁷ em títulos de trabalhos disponíveis na língua portuguesa, por intermédio do software *Publish or Perish* (Harzing, 2007). Entende-se que a opção pela busca de trabalhos que incluíssem o termo central para esta análise no título condiz com a proposta de avaliar a produção de conhecimento focada nesse tema. Nesse sentido, destaca-se que, segundo a NBR 14724 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011, p. 6), o título de um trabalho científico “deve ser claro e preciso, identificando o seu conteúdo e possibilitando a indexação e recuperação da informação.”

A técnica de Análise de Conteúdo é composta de três etapas: 1) a pré-análise; 2) a exploração do material; 3) o tratamento dos resultados e interpretação (Richardson, 2007). Como parte da etapa de pré-análise dos textos fez-se necessária uma triagem dos resultados excluindo-se da base itens duplicados, trabalhos de outros campos (Linguística, Odontologia, etc.), pesquisas realizadas em outros países lusófonos e, por fim, trabalhos que contemplavam obras pesadas de engenharia (pontes, viadutos etc.). Do total inicial de 878 trabalhos foram incluídos em um banco de dados 314 trabalhos científicos dos campos da Arquitetura e da Engenharia, publicados entre os anos de 1996 e 2019⁸.

Na sequência, iniciou-se a etapa de exploração do material, que consiste em sua codificação a partir das unidades de registro. A primeira fonte dos dados para essa codificação foi o título dos trabalhos. Quando o título não fornecia informações suficientes para sua codificação, foi feita uma busca no corpo do texto, começando pelo resumo, em seguida palavras-chave, introdução e assim por diante.

Entre as informações codificadas em categorias temáticas a partir dos textos levantados incluem-se o material (matéria-prima) analisado no trabalho e o foco do estudo. No que diz respeito ao material, foram definidas as categorias aço e variações⁹, concreto armado e variações¹⁰, madeira e variações¹¹, alvenaria, PVC, bambu e diversos¹². Por sua vez, no que diz respeito ao foco dos estudos foram definidas as categorias desempenho ambiental, comportamento estrutural, gestão e controle de qualidade, racionalização e processos de projeto, viabilidade econômica, aspectos produtivos (trabalho) e apresentação geral da tecnologia¹³. Eventualmente, foi analisada também a ausência de menção ao material nos títulos dos trabalhos, após a observação de que vários trabalhos não traziam esse dado no título (por vezes nem nas palavras-chave). Destaca-se que essas categorias foram suscitadas pelo conteúdo dos próprios trabalhos analisados e estabelecidas gradualmente à medida que nos familiarizávamos com estes.

Ainda que haja possibilidades de codificação desses trabalhos em subcategorias mais específicas, potencialmente capazes de enriquecer o conhecimento acerca da produção acadêmica relacionada aos processos de pré-fabricação, por exemplo o destaque de trabalhos que investigam o uso de softwares ou sistemas mais específicos, optou-se por não fazer esse aprofundamento aqui, destacando-o como uma possibilidade para investigações futuras.

A respeito do enfoque investigativo, apesar de não abordado entre os trabalhos selecionados para esta análise, cabe aqui reconhecer o renovado interesse pela pré-fabricação por pesquisas que têm como foco a inovação digital e propõem revolucionar a relação intrínseca entre projetar e construir. Como aponta Bergdoll (2008), o que representam as tecnologias que utilizam o Controle Numérico Computadorizado (CNC) para a arquitetura é a oportunidade de reposicionar o projeto estrategicamente dentro dos processos de fabricação e construção, de tal modo que aquilo produzido, de fato, pelos arquitetos — desenhos — desloquem-se de representações abstratas de edifícios para especificações precisas, coordenadas e integradas aos processos de manufatura.

A seguir, apresenta-se o tratamento e interpretação dos resultados obtidos a partir do banco de dados (a terceira etapa do método Análise de Conteúdo). Especificamente, propõe-se atentar para três aspectos característicos da literatura analisada revelados por meio do método: a naturalização do entendimento de ‘pré-fabricação’ como sinônimo de ‘pré-fabricação em concreto’; consistências e tendências recentes no que diz respeito ao enfoque investigativo desses trabalhos; e, finalmente, inferências extraídas a partir da forma como o termo ‘pré-fabricação’ é utilizado nesses trabalhos.

Evidências da naturalização do concreto

A Figura 1 apresenta a distribuição dos 348 trabalhos sistematizados de acordo com o material (matéria-prima) básico. De partida, evidencia-se o predomínio massivo da produção científica a respeito de sistemas construtivos pré-fabricados baseados na tecnologia do concreto armado (244 trabalhos, 77,2% do total). Entre os demais materiais, apenas a madeira tem recebido um enfoque relativamente significativo (34 trabalhos, 10,8% do total).

Figura 2. Classificação de trabalhos científicos quanto ao material objeto da abordagem em pré-fabricação da construção.

Material	Nº de trabalhos	% do total
Concreto armado e variações	244	77,2%
Madeira e variações	34	10,8%
Alvenaria	14	4,4%
Diversos	13	4,1%
Aço e variações	8	2,5%
PVC	2	0,6%
Bambu	1	0,3%

Fonte: Elaborado pelos autores com dados obtidos na plataforma Google Scholar

A predominância do concreto armado era previsível, sabendo-se de que se trata do sistema construtivo mais utilizado no Brasil (Santos, 2008). Comprova-se, no entanto, a hegemonia e a naturalização do concreto armado sobre outros sistemas construtivos junto à comunidade acadêmica também no que diz respeito ao tema da pré-fabricação. Evidências dessa naturalização são encontradas (ou melhor, não encontradas) nos próprios títulos de trabalhos que têm como foco o concreto armado, os quais muitas vezes omitem o material estudado (69 trabalhos, 94,5% dos casos gerais de omissão do material no título do trabalho e 28,3% do total de trabalhos sobre o concreto armado).

Por exemplo, os trabalhos intitutados “Inovação na construção civil: viabilidade do uso de kits pré-fabricados”¹⁴, “Análise da segurança estrutural das lajes pré-fabricadas na fase de construção”¹⁵ e “Estudo de viabilidade econômica e implantação de empresa para produção de moradia econômica pré-fabricada”¹⁶ estudam especificamente elementos pré-fabricados de concreto, mas omitem o material não apenas do título do trabalho, mas também das palavras-chave. A omissão do material no título do trabalho ocorreu também nos casos dos materiais ‘madeira e variações’ e ‘aço e variações’ (dois casos omissos para cada), no entanto, em proporções muito menos significativas, tal como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2. Omissão do material no título.

Material	Quantidade	% do total de omissos	% do total por material
Concreto armado e variações	69	94,5%	28,3%
Madeira e variações	2	2,7%	5,9%
Alvenaria	0	0%	0%
Diversos	-	-	-
Aço e variações	2	2,7%	25%
PVC	0	0%	0%
Bambu	0	0%	0%

Fonte: Elaborado pelos autores com dados obtidos na plataforma Google Scholar

Este resultado também corrobora a hipótese de uma naturalização da cultura do concreto armado a recorrência da tradução para o inglês da palavra-chave ‘pré-fabricação’ por ‘*precast construction*’, que significa ‘construção pré-moldada’, ou seja, diz respeito à produção pré-fabricada especificamente de componentes de concreto.

Consistências e tendências de foco investigativo

No que diz respeito ao foco dos estudos analisados (Figura 3), observou-se um predomínio daqueles que abordam temas caros à Engenharia de Materiais e à Engenharia de Produção, referentes a temas como

comportamento estrutural, gestão e controle de qualidade, viabilidade econômica, racionalização e processos de projeto.

Paralelamente, destaca-se a baixa recorrência de trabalhos que abordam a relação do edifício com seus usuários (desempenho ambiental) ou que têm como foco os processos de trabalho na produção (aspectos produtivos, trabalho), evidenciando lacunas importantes no estudo dos impactos da 'pré-fabricação' na literatura recente. Em conjunto, esses focos são trazidos por apenas 18 (5,7%) do total de 316 trabalhos analisados.

Figura 3. Classificação de trabalhos científicos quanto ao foco dos estudos com tema pré-fabricação.

Abordagem	Nº de trabalhos	% do total
Comportamento estrutural	83	26,3%
Apresentação geral da tecnologia	63	19,9%
Gestão e controle de qualidade	63	19,9%
Racionalização e processos de projeto	52	16,5%
Viabilidade econômica	37	11,7%
Desempenho ambiental	12	3,8%
Aspectos produtivos (trabalho)	6	1,9%

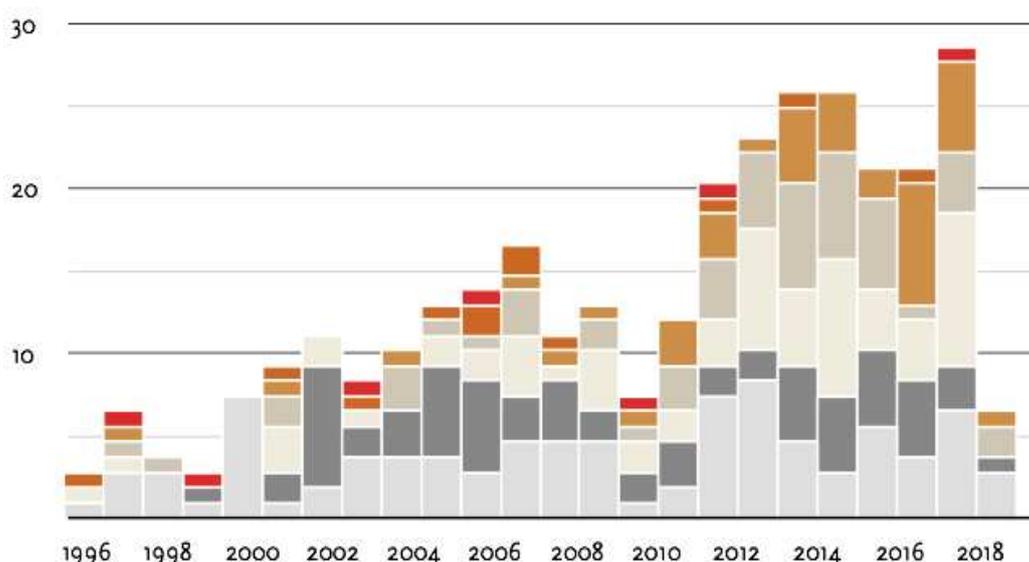
Fonte: Elaborado pelos autores com dados obtidos na plataforma Google Scholar

Quando analisado o conjunto da produção científica ao longo do tempo (Figura 4) cabem ainda dois destaques: a constância do número de estudos que enfocam comportamento estrutural e a intensificação dos estudos que enfocam a gestão e controle de qualidade e a racionalização de processos de projeto a partir de 2012. Esse último destaque parece apontar para a intensificação da preocupação com essas problemáticas no contexto do Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV), lançado em 2009.

Figura 4. Número de trabalhos por foco do estudo por ano.

LEGENDA:

- comportamento estrutural (83)
- gestão e controle de qualidade (63)
- viabilidade econômica (37)
- aspectos produtivos (trabalho) (6)
- apresentação de tecnologia (63)
- racionalização (processos de projeto) (52)
- desempenho ambiental (12)



Fonte: Elaborado pelo autor com dados obtidos na plataforma Google Scholar

Usos do termo

A partir da análise dos trabalhos coletados, observa-se que o termo pré-fabricação tem sido utilizado em referência tanto a processos de fabricação de edificações, como de partes significativas de edificações ou ainda de sistemas ou componentes construtivos fora do local de utilização definitiva no edifício. Para a classificação desses diferentes usos do termo, foram propostas as seguintes categorias:

1. Edificação pré-fabricada, para o que se refere à produção de uma edificação — em sua completude ou em partes significativas (seções da edificação) — fora do local de implantação definitiva.
2. Componente pré-fabricado, para o que se refere à produção de um sistema ou componente construtivo fora do local de utilização definitiva no edifício.

A Figura 5 traz uma relação dos usos do termo, tal como encontrados recorrentemente nos trabalhos analisados e diferenciadas a partir dessas categorias.

Figura 5. Relação dos usos do termo 'pré-fabricação' encontrados nos trabalhos analisados.

Uso	Variações
EDIFICAÇÃO PRÉ-FABRICADA	Casas pré-fabricadas Construções pré-fabricadas Edificação pré-fabricada Módulos pré-fabricados Residências pré-fabricadas
COMPONENTE PRÉ-FABRICADO	Componentes pré-fabricados Estruturas pré-fabricadas Fachadas pré-fabricadas Lajes pré-fabricadas Painéis pré-fabricados Paredes pré-fabricadas Pré-fabricação de pequena espessura Sistema construtivo pré-fabricado Vigas pré-fabricadas Vigotas pré-fabricadas

Fonte: Elaborado pelo autor com dados obtidos na plataforma Google Scholar

Foram também observados usos do termo 'pré-fabricação' que não faziam qualquer tipo de distinção a respeito dos elementos construtivos que poderiam ser efetivamente caracterizados como tal. Por exemplo, identificou-se a recorrente utilização da expressão "construção pré-fabricada" para descrever obras em que a edificação em si não seria pré-fabricada, mas sim seus componentes.

No caso de trabalhos que tratam especificamente do concreto armado e suas variações, observou-se novamente a flexibilidade (ou confusão) conceitual, no uso dos termos 'pré-moldado' e 'pré-fabricado', ocasionalmente utilizados para descrever o mesmo objeto/processo.

Foi também observada a partir dos trabalhos uma flexibilidade conceitual no uso dos termos 'industrializado' e 'pré-fabricado'. Muitos trabalhos partem da premissa de que a pré-fabricação pressupõe a industrialização do processo produtivo o que, como já discutido, não necessariamente é o caso, inclusive no que diz respeito a objetos de análise de muitos dos próprios trabalhos em que essa flexibilidade no uso dos dois termos foi observada.

Por fim, destaca-se que a maioria dos trabalhos analisados não faz qualquer discussão conceitual ou se preocupa em recuperar uma definição precisa do termo 'pré-fabricação'. A definição do termo é massivamente tomada como senso comum e os trabalhos partem logo para a apresentação da tecnologia ou seu enquadramento em categorizações diversas (resumidas na Figura 6).

Figura 6. Categorizações de aspectos tecnológicos presentes nos trabalhos analisados.

Classificação	Variações
Sistemas produtivos	Sistema aberto, sistema fechado, sistema flexível
Sistemas estruturais	Esqueleto, fechamento, módulo
Dimensões espaciais	Componente (1D), painel (2D), módulo (3D)
Peso	Leve, pesado
Material	Concreto, aço, madeira

Fonte: Elaborado pelo autor com dados obtidos na plataforma Google Scholar.

Cabe destacar que a ausência de precisão ou mesmo de preocupação com a definição conceitual precisa dos termos adotados na literatura científica a respeito da 'pré-fabricação' não é particularidade do contexto nacional, já que observação semelhante foi realizada por Aitchison e Macarthur em análise da literatura internacional. Como descrevem os autores:

Cada um dos vários termos ('modular', '*offsite*' [fora do canteiro], '*indoor*' [em fábrica], '*kit*', 'transportável', 'feito em fábrica', 'industrializado' e assim por diante) representa algum desenvolvimento significativo na construção civil. Casas 'modulares', 'de sistemas', 'em kits' ou 'embaladas' tendem a apontar para a natureza flexível da pré-fabricação. Construção '*offsite*' ou '*indoor*' refere-se a como e onde os componentes são feitos. [...] Habitações 'portáteis', 'móveis' e 'transportáveis' destacam a natureza móvel desses edifícios. E, finalmente, 'fabricado', 'construído em fábrica' e 'produzido em massa' são todas referências à escala e ao nível de industrialização envolvida. [...] A palavra 'pré-fabricado' [*prefab*] é usada para abranger tudo isso sem nomear adequadamente um conceito subjacente [...] e sem compreender a história dos processos e técnicas descritos. (Aitchison; Macarthur, 2017, p. 79, tradução nossa),

Ainda que a flexibilidade conceitual não seja uma particularidade da literatura nacional no campo analisado, acredita-se que ela é reveladora de pontos cegos dessa produção científica que podem ter consequências importantes para o campo. A seguir, propõe-se apresentar uma discussão mais qualitativa do que o conjunto das análises descritas neste trabalho pode revelar a respeito desses possíveis pontos cegos, seguida de considerações finais sobre seus impactos e possibilidades.

4 DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Grande parte dos trabalhos analisados neste artigo se inicia com uma apresentação que destaca o ritmo e as exigências cada vez maiores da indústria da construção civil, que obrigariam o desenvolvimento e a implementação de soluções construtivas inovadoras. Segundo os autores, essas novas soluções construtivas deverão possibilitar maior rapidez de execução, maior economia, melhores condições de segurança aos seus trabalhadores e usuários, além da minimização dos impactos ambientais por meio da aplicação de materiais ditos ecológicos e redução da produção de resíduos. A pré-fabricação aparece então como uma resposta a essa demanda.

No entanto, boa parte dessa literatura parece indicar que bastaria a introdução de novas técnicas para a solução dos problemas típicos da construção. Não parece ser esse o caso, já que os próprios trabalhos que advogam por tais soluções atestam a permanência da manufatura e a presença do trabalho artesanal nos canteiros de obra brasileiros, apesar de paulatinos esforços para a introdução de sistemas construtivos ditos inovadores no setor da produção habitacional. Acredita-se que, em muitos dos trabalhos analisados, há uma ingenuidade na compreensão dos pressupostos que, objetivamente, justificam a adoção de modelos pré-fabricados industrializados de produção. Em consonância com Smith (2010), entende-se que a pré-fabricação tem mais a ver com um plano de negócios do que com um produto; que as circunstâncias devem justificar a pré-fabricação; e que diferente dos processos de construção fragmentado no canteiro, a pré-fabricação se potencializa em um modelo integrado de contratação de projeto e obra.

Assim, evidencia-se, pela ausência do enfoque em 'processos de trabalho' na literatura analisada, um distanciamento entre os profissionais do campo, engenheiros e arquitetos, da atividade concreta de construção realizada no canteiro de obras. Por outro lado, entre aqueles trabalhos que têm como foco a apresentação de metodologias de projeto e gestão como a solução para os recorrentes problemas que assolam o setor da construção nacional — em sua maioria inspirados em técnicas derivadas de outros setores industriais e de outros países (a própria terminologia, em geral, mantém a grafia e pronúncia original, como em *lean production*, *engineer-to-order*, *just-in-time* etc.) —, identifica-se muito mais a tentativa de "domar" o

trabalho manual com projetos e sistemas de gestão mais eficientes do que a problematização embasada na realidade do mercado de trabalho do setor da construção nacional e seu desenvolvimento histórico.

Parece-nos que poderiam ser encontradas explicações mais pertinentes para a dificuldade de implementação e disseminação dessas tecnologias deslocando o foco de análise da catalogação de componentes, suas propriedades e supostas vantagens técnicas, para análises que busquem entender as razões por que as construtoras optam por um determinado sistema em detrimento de outro. Afinal, como pontuam Moe e Smith (2012), sistemas de construção (e seus componentes) estão sujeitos a uma multiplicidade de influências, das sociais às técnicas, que se manifestam nos artefatos físicos, tornando-os mais circunstanciados e menos abstratos e autônomos em suas performances. Com base nas pistas coletadas neste estudo, apostamos que um foco de análise importante para revelar as reais possibilidades para novas práticas e o potencial da 'pré-fabricação' como procedimento construtivo seria a identificação de onde e como a tecnologia desses sistemas construtivos se transforma de trabalho intelectual em trabalho material: *os canteiros de obras e os processos de trabalho*.

Ao fim e ao cabo, entende-se que um entendimento preciso do conceito de 'pré-fabricação' é fundamental para esta tarefa. Nesse sentido, reforçamos que, ao contrário do que indicam os usos do termo recorrentemente encontrados na literatura analisada neste artigo, entende-se que o conceito não se limita aos sistemas construtivos em que há emprego do concreto armado ou que tampouco corresponde unicamente a processos específicos da era moderna industrial, quiçá em uma etapa necessariamente avançada do caminho à industrialização da construção. Assim, acredita-se que o desenvolvimento de trabalhos com foco historiográfico que busquem lançar luz sobre esses aspectos também deve ser priorizado para o avanço do conhecimento no campo e dos potenciais da pré-fabricação como prática construtiva.

REFERÊNCIAS

- AITCHISON, M.; MACARTHUR, J. Prefabricated housing in architectural culture. In: QUALE, J. D.; SMITH, R. E. (Ed.). *Offsite Architecture*. New York: Routledge, 2017. cap. 5, p. 77–89.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 9062*: projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 14724*: informação e documentação — trabalhos acadêmicos — Apresentação. 3 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- BERGDOLL, B. Viscidities of a modernist dream: from taylorized serial production to digital customization. In: BERGDOLL, B.; CHRISTENSEN, P. (Eds.). *Home delivery: fabricating the modern dwelling*. New York: Museum of Modern Art, 2008. p. 12-26.
- BRUNA, P. J. V. *Arquitetura, industrialização e desenvolvimento*. 1 ed. São Paulo: Perspectiva, Ed. da Universidade de São Paulo, 1976.
- CRASTO, R. C. M. *Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: Light Steel Framing*. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto – Escola de Minas, Ouro Preto, MG, 2005.
- FABRÍCIO, M. M. Industrialização das construções: revisão e atualização de conceitos. *Pós. Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP*, São Paulo, V.20, n. 33, p. 228-248, 26 jun. 2013. Disponível em: < <https://doi.org/10.11606/issn.2317-2762.v20i33p228-248> >. Acesso em Jan. 2021.
- HARZING, A. Publish or Perish. 2007. Disponível em: < <https://harzing.com/resources/publish-or-perish> >. Acesso em: Mar. 2019.
- KRIPPENDORFF, K. *Content analysis: an introduction to its methodology*. Newbury Park: Sage, 1980.
- LÓPEZ BAILLO, J. F. Criterios sobre le control de la precisión en la industria del hormigón prefabricado, *Revista de Obras Públicas*, Madrid, 121 (3115), p. 787-797, 1974. Disponível em: < http://ropdigital.ciccp.es/revista_op/detalle_articulo.php?registro=5408&anio=1974&numero_revista=3115 >. Acesso em: Jan. 2021.
- MILMAN, B. *Pré-fabricação de edifícios: materiais, processos e normas*. Rio de Janeiro: UFRJ, 1971.
- MOE, K.; SMITH, R. E. *Building Systems — Design, Technology and Society*. New York: Routledge, 2012.
- MONICH, C. R. *Avaliação ambiental de uma habitação de interesse social pré-fabricada em madeira no sistema Wood Frame no Estado do Paraná*. 2012. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- PIGOZZO, B. N.; SERRA, S. M. B.; FERREIRA, M. A. A industrialização na construção e o estudo de uma rede de empresas em obra de pré-fabricados em concreto armado. In: XII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (SIMPEP). *Anais do...* Bauru, SP, 2005, s/p.

- PRASHER, E.; MITTAL, S. Prefabrication in Ancient Period. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, Special Issue - AETM'16, p. 34-39. Disponível em < <http://doi.org/10.9790/1684-15010010134-39> >. Acesso em Jan. 2021.
- RICHARD, R. Industrialized building system categorization. In: SMITH, R. E.; QUALE J. D. *Offsite Architecture — constructing the future*. New York: Routledge, 2016.
- RICHARDSON, R. J. *Pesquisa Social: métodos e técnicas*. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- SABBATINI, F. H. *Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia*. Tese (Doutorado). Pós-graduação em Engenharia de Construção Civil e Urbana. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.
- SANTOS, R. E. *A Armação do Concreto no Brasil: História da Difusão da Tecnologia do Concreto Armado e da Construção de sua Hegemonia*. 2008. Tese (Doutorado). Faculdade de Educação da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- SERRA, S. M. B.; FERREIRA, M. A.; PIGOZZO, B. N. Evolução dos Pré-fabricados de Concreto. In: 1º Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Educação em Concreto Pré-Moldado. *Anais...* São Carlos, 2005.
- SILVA, C. R.; GOBBI, B. C.; SIMÃO, A. A.O uso da Análise de Conteúdo como uma ferramenta para a pesquisa qualitativa: descrição e aplicação do método. Organizações Rurais & Agroindustriais. *Revista Eletrônica de Administração da UFLA*, Lavras, MG, V.7, n. 1, p. 70-81, 2015.
- SILVEIRA, C. R.; SANTOS, E. M. A.; FERREIRA, W. P.; LOCATELLI, A. P. K. Análise comparativa entre o sistema construtivo concreto PVC e alvenaria convencional utilizadas em construções de habitações de interesse social. *Brazilian Applied Science Review*, v. 5, n. 6, p. 2068-2083, 2021.
- SMITH, R. E. *Prefab Architecture: a guide to modular design and construction*. New Jersey, USA: John Wiley and Sons, 2010.
- SMITH, R. E.; QUALE, J. D. *Offsite Architecture - constructing the future*. New York: Routledge, 2016.
- VASCONCELLOS, A. C. *O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações*. São Paulo, SP: Studio Nobel, 2002.

NOTAS

- ¹ Este artigo é um desdobramento de pesquisa desenvolvida por Maurício Lage no Mestrado Profissional do Programa de Pós-graduação em Engenharia das Construções da Universidade Federal de Ouro Preto e concluída no ano de 2021, sob orientação do Prof. Clécio Magalhães do Vale e com co-orientação do Prof. Roberto Eustáquio dos Santos.
- ² O termo é comumente associado ao sistema de lajes em que se emprega as chamadas vigotas pré-fabricadas em concreto (ou pré-moldadas, dependendo do fabricante) associadas a elementos cerâmicos, de concreto ou de EPS (isopor).
- ³ Neste tópico, utilizamos o recurso de citação de citação com o objetivo de manter a data e autores originais das definições e das obras que fizeram seu uso.
- ⁴ OLIVIERI, G. M. *Prefabbricazione o metaprogetto edilizio*. Milano: Etas Kompass, 1968, p.12.
- ⁵ ORDÓÑEZ, José A. Fernández; SEMINARIO DE PREFABRICACIÓN. *Prefabricación: Teoría y practica*. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1974.
- ⁶ *Ibidem*.
- ⁷ Para ampliação do escopo dos trabalhos encontrados foram utilizadas variações de gênero e número do termo pré-fabricação com e sem hífen (pré-fabricadas, prefabricadas, pré-fabricados, prefabricados, pré-fabricada, prefabricada, pré-fabricado, prefabricado, pré-fabricação, prefabricação), destaca-se que a pesquisa na plataforma Google Scholar desconsidera a acentuação.
- ⁸ A diferença significativa do total de trabalhos levantados e incluídos neste estudo se deve principalmente ao grande número de trabalhos do campo da Odontologia, pesquisas realizadas em Portugal e estudos que tinham como foco obras pesadas de engenharia (pontes, viadutos etc.).
- ⁹ Considera variações de forma e fabricação dos perfis e suas diferentes composições.
- ¹⁰ Inclui variações como argamassa armada e painéis de concreto preenchidos com componentes diversos.
- ¹¹ Considera as diversas composições de madeira (dispostas em painéis ou em quadros, como no sistema *Light Wood Framing*) e associações com componentes em aço.
- ¹² Refere-se a abordagens que perpassam uma coletânea de sistemas com diferentes materiais-base ou associações de vários materiais.
- ¹³ Entre os trabalhos categorizados como 'apresentação geral da tecnologia' foram incluídos tanto aqueles de caráter propositivo, voltadas ao desenvolvimento de métodos e processos construtivos, quanto revisões bibliográficas de maneira geral.
- ¹⁴ Palavras-chave: Pré-fabricação; Inovação na Construção Civil; Engenharia Civil.

¹⁵ Palavras-chave: Estruturas (segurança); Lajes pré-fabricadas; Vigas (ensaios estáticos); Vigas pré-fabricadas.

¹⁶ Palavra-chave: Construção popular pré-fabricada.

NOTA DO EDITOR (*): O conteúdo do artigo e as imagens nele publicadas são de responsabilidade dos autores.