**Impressão 3D de concreto para Moradias com o uso da Construção Modular**

***3D Concrete Printing for housing using Modular Construction***

**Primeiro autor, titulação, IES – TNR 12, negrito, alinhado à esquerda (omitir autoria no primeiro envio para revisores). Autores só devem ser inseridos após emissão dos pareceres nas versões finais dos artigos.**

E-mail do autor TNR 12, alinhado à esquerda

Número da sessão temática da submissão – [6]

**Resumo**

A industrialização da construção civil, impulsionada pela Impressão 3D de Concreto (3DCP), está revolucionando o setor, permitindo a fabricação de elementos estruturais complexos sem a necessidade de fôrma, resultando em menor uso de material e maior precisão. Apesar dos desafios, como a resistência mecânica dos materiais e a necessidade de reforço adequado, a busca contínua por soluções projetuais está superando essas barreiras. A combinação de 3DCP com BIM (Building Information Modeling) promete reduzir custos e desperdícios, otimizando desde a fase de projeto até a execução. A construção modular padroniza componentes, permitindo maior controle de qualidade e agilidade na produção, sendo uma solução viável para habitações de emergência e moradias para pessoas em situação de vulnerabilidade. O caminho para a implementação eficaz, produtiva e sustentável de sistemas de impressão 3D de concreto off-site ainda não é totalmente definido. Este artigo tem como objetivo apresentar o que tem sido feito com construção modular aplicado à impressão 3D. Para isto, foi feita uma revisão sistemática da literatura, de forma a identificar o estado da arte da Construção Off-site aplicada à (3DCP). Foram selecionados nove artigos, a partir dos critérios de seleção, que trazem diretrizes e insights importantes para a criação de um projeto de construção modular para 3D no país. Os resultados também evidenciaram a necessidade de estudos aprofundados sobre o tema e a personalização de módulos para cada aplicação, bem como a necessidade de compreender os encaixes entre estes módulos. Este artigo estabelece uma base teórica que orienta futuras pesquisas para o projeto e a implementação desses sistemas em indústrias de construção locais.

**Palavras-chave:** Impressão 3D de concreto; Construção Modular; Construção off-site.

***Abstract***

*The industrialization of the construction industry, driven by 3D Concrete Printing (3DCP), is revolutionizing the sector by enabling the creation of complex structural elements without the need for formwork, resulting in reduced material usage and increased precision. Despite challenges such as the mechanical strength of materials and the need for adequate reinforcement, the ongoing search for design solutions is overcoming these barriers. The combination of 3DCP with Building Information Modeling (BIM) promises to reduce costs and waste, optimizing processes from the design phase to execution. Modular construction standardizes components, allowing for greater quality control and agility in production, making it a viable solution for emergency housing and accommodation for vulnerable populations. The path to the effective, productive, and sustainable implementation of off-site concrete 3D printing systems is not yet fully defined. This article aims to present what has been done with modular construction applied to 3D printing. For this purpose, a systematic literature review was conducted to identify the state of the art of Off-site Construction applied to 3D Concrete Printing (3DCP). Nine articles were selected based on selection criteria, which provide important guidelines and insights for the creation of a modular construction project for 3D in the country. The results also highlighted the need for in-depth studies on the subject and the customization of modules for each application, as well as the need to understand the connections between these modules. This article establishes a theoretical foundation that guides future research for the design and implementation of these systems in local construction industries.*

***Keywords:*** *3D Printing of Concrete; Modular Construction; Off-Site Construction.*

1. **Introdução**

O avanço contínuo da tecnologia e da automação na engenharia civil tem gerado uma necessidade crescente de inovação, impulsionando a transição para novos sistemas e a adaptação dos métodos tradicionais. Nesse cenário, a impressão 3D de concreto (3DCP) surge como uma tecnologia disruptiva, oferecendo um novo ramo para a industrialização do setor, com a capacidade de criar estruturas complexas e personalizadas de maneira precisa e rápida.

A 3DCP pode ser realizada por meio de diversos processos e sistemas construtivos, de forma contínua, a se fazer um contorno de todos os elementos ao mesmo tempo, camada por camada, com a impressora *in loco* ou por meio da impressão de módulos impressos separadamente *off-site.* A casa Milestone House, construída na Holanda em 2021, com vida útil de cerca de 50 anos é um exemplo de habitação composta por módulos de paredes impressas fora do terreno (Bos, 2022).

Moradias como essa podem fazer parte de um conjunto habitacional, como o projeto coordenado pela empresa ICON, uma das pioneiras em impressão 3D em larga escala, em Austin no Texas, com o objetivo de abrigar pessoas em situação de vulnerabilidade (Icon, 2025). Aproximadamente 1,6 bilhões de pessoas vivem sem acesso a uma moradia adequada, aumentar a disponibilidade de habitações acessíveis e dignas é um desafio complexo que requer uma solução abrangente. Uma das estratégias sugeridas para resolver esse problema é aumentar a produtividade da indústria da construção através da adoção de novas tecnologias.

A construção modular aplicada à impressão 3D de concreto oferece inúmeras vantagens, especialmente no que diz respeito à rapidez de construção. Este método permite a fabricação de componentes estruturais em um ambiente controlado, o que reduz significativamente o tempo necessário para a construção no local. A capacidade de construir rapidamente e com eficiência é importante sobretudo em situações de emergência, como desastres naturais, onde a necessidade de habitação imediata é crítica. Portanto, a combinação de construção modular e impressão 3D não só acelera o processo de construção, mas também oferece uma solução sustentável e eficaz para atender às necessidades urgentes de habitação (Haar, 2023).

A industrialização da construção civil, impulsionada pela impressão 3D em concreto (3DCP), está revolucionando a maneira como os projetos são concebidos e executados. A (3DCP) permite a fabricação de elementos estruturais e não estruturais com geometrias complexas, sem a necessidade de fôrmas temporárias, o que resulta em uma significativa redução do uso de material. Essa tecnologia não só aumenta a eficiência e a precisão na construção, mas também abre novas possibilidades para a personalização e inovação arquitetônica (Vantyghem et. al., 2020).

Com a crescente adoção de automação e tecnologias digitais, a (3DCP) oferece uma alternativa viável e sustentável às técnicas tradicionais (Panda et. al., 2017). Apesar das vantagens, a implementação generalizada da tecnologia enfrenta desafios significativos, como a resistência mecânica dos materiais, a necessidade de reforço adequado dos elementos impressos e preocupações com a sustentabilidade. No entanto, a pesquisa e o desenvolvimento contínuos estão superando essas barreiras, e projetos liderados pela indústria estão sendo implementados globalmente.

À medida que essas tecnologias avançam, espera-se que o mercado de construção com (3DCP) continue a crescer, proporcionando melhorias no desempenho ambiental, custo e cronograma dos projetos. A industrialização da construção civil, através da (3DCP), promete transformar o setor, tornando-o mais eficiente, sustentável e inovador.   
A construção modular fora do local, aplicada à impressão 3D de concreto (3DCP), surge como uma opção significativa já que combina automação, industrialização, padronização e otimização logística, principalmente com a finalidade da construção de abrigos emergenciais (Haar, 2023).

Atrelado aos processos construtivos que visam a otimização e difusão da impressão 3D de concreto (3DCP) em larga escala, é fundamental definir ferramentas que auxiliem no projeto e na modelagem para estabelecer os parâmetros de desempenho estrutural das edificações. O estudo do projeto para a impressão 3D deve passar pelo processo de modelagem em um programa com função arquitetônica e ser exportado em IFC (Industry Foundation Classes) para um software que realize o reconhecimento das camadas em componentes estruturais. Esse processo resulta em um arquivo no formato G-code, que utiliza a linguagem de programação para o comando de maquinários, garantindo precisão e eficiência na construção.

Softwares como o Revit (arquitetura, instalações e estrutura), Robot e Navisworks inseridos no cenário de impressão 3D, podem ser utilizados para a verificação e previsão de interferências dos projetos, integrando o arquitetônico com o estrutural e possibilitando a inserção de aberturas para passagem de tubulações e eletrodutos. No que diz respeito a resistência da estrutura, é possível prever a aplicação de esforços e a distribuição de tensões por meio de softwares de cálculo e assim elaborar reforços aplicados à estruturas impressas, como impressão de fôrmas para pilares, assim como os projetos da empresa WinSun (2022), inserção de armaduras nos elementos de maior solicitação ou uso de materiais suplementares nos compostos cimentícios visando o aumento da resistência.

Ensaios práticos do desempenho mecânico, como testes de compressão, tração e tração na flexão, podem reforçar os resultados de tensões obtidos por software, além de tornar possível a visualização do local da falha da estrutura, possibilitando a otimização do projeto no programa e alteração automática nos demais setores por meio do fluxo de informações do BIM. Assim, a junção do processo de impressão 3D com o BIM e a construção modular promete reduzir custos e desperdícios e otimizar desde a fase de projeto até a execução, visto que há casas sendo impressas em dois dias. Essa rapidez e eficiência atrelada a construção modular pode viabilizar a difusão da impressão 3D em larga escala para a aplicação em habitações para pessoas desabrigadas.

A tecnologia de impressão 3D em concreto possui o potencial para ser utilizada em grande escala, possibilitando a realização de construções quase completas. Segundo Xiao et al. (2021) os métodos de impressão 3D para estruturas, especialmente residenciais, podem ser divididos em três categorias. Primeiro, há a impressão 3D de moldes para construções em larga escala, que é semelhante ao método de criação de contornos. Nesse caso, pode-se optar tanto por imprimir e preencher os moldes diretamente no local da construção quanto por fazê-lo em outro local e transportá-los para a montagem final (Figura 1a). Outro método é a impressão monolítica no local, onde a impressora 3D fabrica todo o objeto de uma só vez, situada diretamente na área de construção (Figura 1b). Por fim, há a impressão de elementos pré-fabricados, que são produzidos separadamente, para posterior transporte e montagem no local desejado (Figura 1c).

Diagrama

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

**Figura 1: Processos de impressão 3D de moradias. Fonte: Xiao et al. (2021).**

Porém, outras literaturas simplificam esses métodos em 2 principais quanto ao seu local de fabricação e transporte, segundo Liu et al. (2023), tem-se 2 vertentes principais a serem consideradas, a impressão contínua completa on-site, e a montagem modular pré-fabricada.

A construção modular é um método construtivo importante que padroniza componentes, permitindo maior controle de qualidade e agilidade na produção, além de simplificar a execução com a pré-fabricação de elementos encaixáveis, o que condiciona a qualidade total da obra. Como método racionalizado, a modulação pode reduzir custos de construção ao minimizar cortes e tempo de execução, promovendo flexibilidade no projeto sem perder a qualidade da habitação, adequando-se às condições da população destinatária. Portanto, a presente pesquisa tem como objetivo embasar a concepção de um projeto modular de moradias para pessoas em situação de vulnerabilidade por meio da busca sistemática que visa identificar o que tem sido feito com impressão 3D e construção modular.

1. **Procedimentos Metodológicos**

Foi adotado o processo de revisão sistemática com o objetivo de organizar o conjunto de publicações visando responder à questão de pesquisa: O que tem sido feito com coordenação modular aplicada em impressão 3D? Para conduzir essas buscas, foi utilizado o método SSF. Esse método é constituído por quatro fases e oito atividades, de acordo com a Figura 1.

Figura *1*: Fases e atividades do método SSF



Fonte: Ferenhof e Fernandes (2016).

De acordo com Ferenhof e Fernandes (2016), as atividades da fase 1, que se referem ao Protocolo de Pesquisa, são as seguintes:

1. Estratégia de Busca: Envolve um conjunto de procedimentos que definem os mecanismos de pesquisa e a recuperação de informações online. Nesta fase, são estabelecidas algumas delimitações relacionadas à *query* de busca, como o tipo de documento, idioma e período de publicação.
2. Consulta em Bases de Dados: Consiste na parametrização da busca (*query*) e sua execução nas bases de dados previamente selecionadas, conforme a estratégia formulada.
3. Gestão de Documentos: Destina-se à organização das bibliografias utilizando um software organizador de bibliografias e referências. Para as buscas realizadas nesta tese, foram utilizados o software Mendeley®.
4. Padronização e Seleção dos Documentos: Envolve o processo de criação de filtros de seleção. Nesta fase, são lidos os títulos, resumos e palavras-chave de cada artigo, selecionando aqueles que estão alinhados com o tema da busca.
5. Composição do Portfólio de Documentos: Inclui a leitura completa de todos os artigos, realizando uma filtragem adicional para excluir aqueles que não estão aderentes à temática de investigação.

A fase 2, referente à Análise, que marca o início da atividade 6, destina-se à consolidação dos dados. Nesta fase, são combinados alguns dados, como os artigos, os journals e os autores mais citados; o ano com mais publicações sobre o tema; a definição dos constructos, etc. Para a combinação e agrupamento dos dados, foi utilizada uma planilha eletrônica. O objetivo desta fase é interpretar os dados coletados e identificar lacunas de conhecimento.

Na fase 3, referente à Síntese, e atividade 6, as conclusões são sintetizadas em relatórios com o intuito de gerar novos conhecimentos, baseando-se nos resultados apresentados pelas pesquisas anteriores. Nesse processo, algumas informações têm maior destaque, como palavras-chave, ano de publicação, autor(es), journal, tipo de artigo (empírico, teórico, teórico-empírico), referências emergentes (artigos a serem lidos), lacunas de conhecimento, pontos positivos e negativos, e trechos a serem citados.

A fase 4, em que se inicia a atividade 8 é referente à escrita científica, destina-se à consolidação dos resultados e composição da revisão bibliográfica. O resultado desta atividade expôs o estado da arte a respeito do que tem sido feito em coordenação modular aplicada à (3DCP), portanto a análise de dados e o resultado desta etapa será exposto nas seções que seguem.

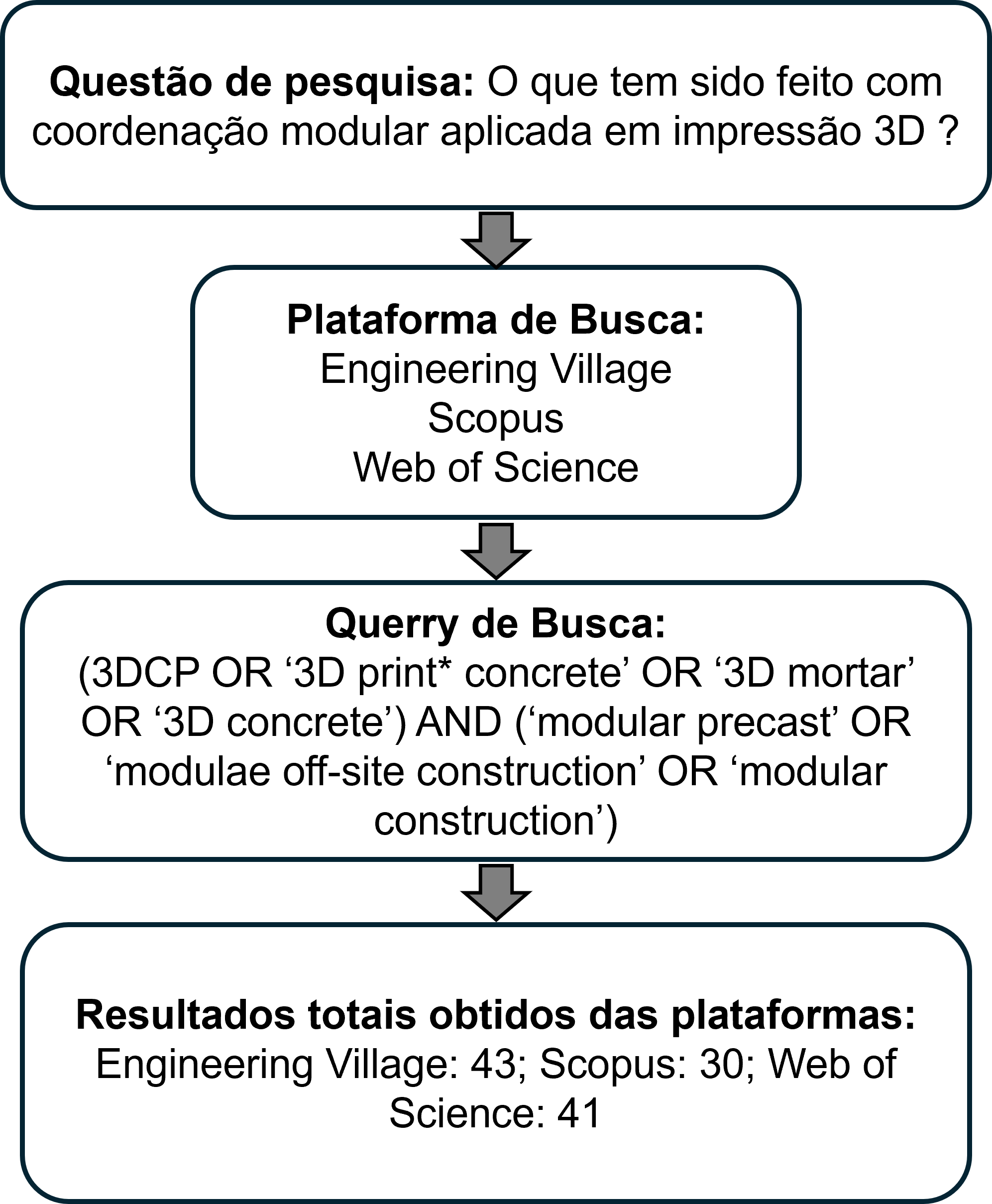
O objetivo da busca sistemática realizada neste estudo foi de entender o estado da arte da coordenação modular aplicada a (3DCP) no mundo, para servir como base para a proposta de solução projetual da tese. Foi possível também aprofundar o conhecimento de conceitos relevantes sobre o tema de pesquisa e entender as melhores práticas, identificar a lacuna do conhecimento e delimitar o tema.

A busca foi realizada no dia 14 de Novembro de 2024, sendo aplicada uma query de busca com os seguintes descritores: (3DCP OR '3d print\* concrete' OR '3d mortar' OR '3d concrete') AND ('modular precast' OR ' modular off-site construction' OR 'modular construction').

A estratégia para localizar e selecionar os estudos potenciais nas bases de dados foi: seleção de artigos que contenham ou no título, ou no resumo, ou nas palavras-chave os termos da *query*; quanto o tipo de documento definido para a busca, têm-se artigo ou artigo de revisão, que sejam revisados por pares; e seleção de artigos nos idiomas inglês, português ou espanhol.

A consulta em bases de dados foi feita no Scopus®, Web of Science® e Engineering Village®. A pesquisa resultou em 144 artigos, antes da eliminação dos duplicados, que foram sistematicamente analisados com leitura de títulos, resumos e palavras-chave. Foram selecionados 12 artigos para a leitura na íntegra, porém 2 desses estavam inacessíveis. O resumo desta etapa está na Figura 2.

*Figura 2: Etapas da busca sistemática*



Fonte: Autoria própria (2025).

De acordo com a atividade 4 da fase 1 da busca sistemática, é necessário estabelecer filtros de seleção para a posterior leitura na íntegra dos artigos. Nesta etapa foi feita a leitura de títulos, resumos e palavras-chave e selecionado para leitura na íntegra os artigos que se encaixavam em pelo menos um dos critérios, Figura 3.

Figura 3: Filtro para leitura de artigos

Interface gráfica do usuário, Aplicativo

Descrição gerada automaticamente

Fonte: Autoria própria (2025).

Após a análise sistemática dos artigos revisados, foram extraídas informações importantes sobre a construção modular em âmbito global. No entanto, observou-se que nenhum dos estudos abordou a fase de projeto e a coordenação modular de um projeto habitacional completo. Essa constatação evidencia uma lacuna de conhecimento existente, indicando a necessidade de pesquisas que explorem esses aspectos.

1. **Resultados e Discussões**

Dos doze artigos selecionados para leitura, 9 estavam de acordo com os critérios pré- estabelecidos para o estudo. Após a leitura, foi possível construir a Quadro 1 com informações relevantes a respeito do foco do estudo de cada artigo, as principais contribuições para a proposta de projeto e a visualização do objeto de estudo de cada um deles.

Quadro 1: Construção modular aplicada à impressão 3D

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Foco do estudo** | **Principais contribuições para a proposta de projeto** | **Objeto de estudo** |
| Tosic et. al (2022) desenvolveram métodos geométricos para modularização. | Design de módulos de casca, definição da seção transversal, identificação dos pontos de fragilidade destes módulos e de pontos de reforço estrutural. | Diagrama  Descrição gerada automaticamente com confiança média |
| Neef et al. (2024) criaram uma geometria de blocos para impressão 3D para garantir que os módulos se conectem sem a necessidade de uma argamassa. | Definição dos pontos de transferência de carga e da melhor geometria de ligação entre os módulos. |  |
| Ivaniuk et al. (2022) desenvolveram módulos e conectores de módulos para estrutura em casca, realizaram ensaios de resistência mecânica e simulação computacional com uso do MATLAB. | Definição de parâmetros de impressão, como área de impressão (1,4 x 1,0) m e altura máxima de 1,2 m. Projeto de conectores metálicos entre os módulos nos pontos de fragilidade (que foi determinado por simulação computacional). |  |
| Alvarado et al. (2022) projetaram uma estrutura modular principal de concreto armado com divisórias feitas de paredes impressas em 3D para obter diferentes organizações habitacionais. | Definição de parâmetros e faixa de volumes em BIM. Programação paramétrica de protótipos de paredes impressas em 3D. Definição de módulos de acordo com o tamanho e quantidade de pavimentos da edificação, por exemplo 1 módulo de até 3 andares e 2 módulos mais circulação central a partir de 4 andares. | Prédio com várias janelas  Descrição gerada automaticamente |
| Haar et al. (2023) encontraram apenas 11 resultados com os seguintes termos de busca: “off-site 3D concrete printing”, “off-site digital fabrication of concrete”, and “off-site additive manufacturing off concrete” | Os autores concluíram que pouca atenção tem sido dada para impressão off-site e que uma atenção maior deve ser dada as conexões entre componentes pré-fabricados porque influenciam muito o desempenho estrutural de edifícios. As conexões devem ser desenvolvidas para aumentar o desempenho estrutural e a velocidade de construção. | Uma imagem contendo relógio, homem  Descrição gerada automaticamente  Uma imagem contendo Ícone  Descrição gerada automaticamente |
| Ivaniuk et al. (2024) estudaram a fabricação de cascas de concreto de paredes finas, que podem cobrir grandes vãos enquanto minimizam o consumo de material. | Definição de parâmetros, seus tamanhos foram limitados a 1,2 m х 0,8 m pelo tamanho das plataformas feitas com base em paletes padrão nas quais deveriam ser produzidas. Os módulos preenchidos também foram limitados por um peso máximo de 50 kg. | Diagrama  Descrição gerada automaticamente |
| Volpe et al. (2021) estudaram um sistema modular de envelopamento com  montagem “a seco” (sem materiais ligantes no encaixe); | Idealização de projeto modular  em que cada elemento executa diferentes funções, como isolação térmica, reforço estrutural e integração com outros elementos construtivos. A proposta consistiu em encaixe espiga, composto por uma saliência em uma extremidade, que adentra em uma cavidade correspondente. | Imagem de vídeo game  Descrição gerada automaticamente com confiança média  Diagrama, Desenho técnico  Descrição gerada automaticamente |
| Yawen et al. (2020) criaram um design a partir de um protótipo de edifício comercial. O foco foi estudar o desempenho térmico. | Design de módulos e sistema de encaixe ao redor de uma estrutura metálica, permitindo o reforço estrutural. | Diagrama, Desenho técnico  Descrição gerada automaticamente |
| Wang *et al*. (2021) condicionaram o projeto de módulos ao encaixe e criaram designs de intertravamento a fim de obter o de maior resistência mecânica. | Resultado de ensaios mecânicos, que determinaram qual o encaixe mais resistente em termos de tração direta e cisalhamento. |  |

Fonte: elaborado pelos autores.

1. **Análises dos Resultados e Discussão**

A análise dos estudos apresentados ofereceu insights importantes para o desenvolvimento de projetos modulares aplicados à impressão 3D, especialmente quando direcionados para habitações emergenciais. Cada contribuição aborda aspectos específicos da modularidade, reforçando a importância de um estudo de projeto integrado.

Tosic et al. (2022) concentram-se na modularização através de métodos geométricos, sugerindo a importância de desenhar módulos que considerem a integridade estrutural e pontos de reforço. Esse aspecto é importante para a aplicação em moradias emergenciais, onde a rapidez e segurança de montagem são principais.

Neef et al. (2024) enfatizam a criação de blocos interconectáveis sem o uso de argamassa. Essa inovação é altamente relevante, pois facilita a montagem rápida e reduz a necessidade de materiais adicionais, acelerando o processo construtivo.

Ivaniuk et al. (2022) e (2024) oferecem contribuições técnicas, como a definição de parâmetros de impressão e o uso de conectores metálicos. A exploração de cascas de concreto para otimizar o material enquanto cobrem grandes vãos é interessante, já que economiza recursos e oferece soluções estruturais eficientes. Em complemento, Alvarado et al. (2022) exploram o uso de estruturas de concreto armado combinadas com divisórias impressas, permitindo flexibilidade na organização espacial. O uso do BIM para definir parâmetros e volumes demonstra a importância de ferramentas digitais na otimização de projetos e podem ser diretrizes para pesquisas futuras.

A pesquisa de Haar et al. (2023) destacam uma lacuna significativa na impressão off-site, especialmente no que diz respeito às conexões entre componentes. Assim como  
Volpe et al. (2021) e Wang et al. (2021) que exploraram um sistemas de montagem “a seco”, focando na funcionalidade múltipla dos módulos e no aprimoramento do design de intertravamento para resistência mecânica. O design de encaixe proposto é ideal para configurações rápidas e seguras, uma característica essencial em contextos emergenciais.

Portanto, a análise dos estudos evidencia o potencial transformador da modularidade na impressão 3D para habitações. A consideração da integridade estrutural e dos métodos interconectáveis aponta para soluções que privilegiam a segurança e a eficiência. As inovações na criação de blocos que dispensam argamassa e o uso estratégico do sistema de cascas de concreto e BIM aprimoram a adaptabilidade e recursos nesse campo em evolução.

Além disso, as pesquisas que abordam a montagem off-site e sistemas de encaixe "a seco" reforçam a importância de um design que priorize a funcionalidade e a resistência, indispensáveis para a implementação rápida e segura em contextos desafiadores. Esses avanços ressaltam a importância do estudo interdisciplinar no desenvolvimento de soluções habitacionais inovadoras e sustentáveis para habitações, sendo aplicáveis em contextos emergenciais.

1. **Considerações Finais**

A busca sistemática permitiu identificar oportunidades e ações que poderão moldar o futuro da construção modular por meio da impressão 3D. Com base na análise da literatura sobre construção off-site e 3DCP, foi possível desenhar um panorama das tendências e práticas emergentes no setor. Ao aliar a construção modular e a 3DCP, identificam-se caminhos promissores para projetar soluções que aumentem a eficiência, a sustentabilidade e a qualidade da indústria da construção.

O estudo revelou barreiras e destacou a necessidade de colaboração entre múltiplas partes áreas de interesse, uma base importante para o desenvolvimento e implementação bem-sucedidos de sistemas 3DCP fora do local. Esse processo de busca não apenas preencheu lacunas de conhecimento entre construção off-site e 3DCP, mas também guiou ações práticas para avançar no uso da tecnologia. Conforme a experiência com 3DCP evolui, futuras pesquisas poderão validar e aprimorar ainda mais as estratégias delineadas, construindo o caminho para inovações em habitações adequadas e acessíveis globalmente.

**Agradecimentos**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de

Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), para a qual se direciona nossos agradecimentos.

**Referências**

BESTER, F.; VAN DEN HEEVER, M.; KRUGER, J.; VAN ZIJL, G. Reinforcing digitally fabricated concrete: a systems approach review. Additive Manufacturing, v. 37, 2021. DOI: 10.1016/j.addma.2020.101737.  
  
BOS, F. P. et al. The realities of additively manufactured concrete structures in practice. Cement and Concrete Research, Oxford, v. 156, p. 6, 2022, ISSN 0008-8846, https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2022.106746.  
  
BUSWELL, R. A.; LEAL DE SILVA, W. R.; JONES, S. Z.; DIRRENBERGER, J. 3D printing using concrete extrusion: a roadmap for research. Cement and Concrete Research, v. 112, p. 37-49, Oct. 2018. DOI: 10.1016/J.CEMCONRES.2018.05.006.  
  
FLATT, R. J.; WANGLER, T. On sustainability and digital fabrication with concrete. Cement and Concrete Research, v. 158, p. 106837, Aug. 2022. DOI: 10.1016/J.CEMCONRES.2022.106837.  
  
HAAR, Bjorn Ter; KRUGER, Jacques; ZIJL, Gideon Van. Off-site construction with 3D concrete printing. Automation in Construction, Oxford, v. 152, 2023, ISSN 0926-5805, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104906.  
  
ICON. Let’s Build The Future Together. Disponível em: https://iconbuild.com/how-it-works. Acesso em: 10 fev. 2025.  
  
JI, G.; DING, T.; XIAO, J.; DU, S.; LI, J.; DUAN, Z. A 3D Printed Ready-Mixed Concrete Power Distribution Substation: Materials and Construction Technology. Materials 2019, 12, 1540. https://doi.org/10.3390/ma12091540.  
  
LIU, Dawei; ZHANG, Zhigang; ZHANG, Xiaoyue; CHEN, Zhaohui. 3D printing concrete structures: State of the art, challenges, and opportunities. Construction and Building Materials. Volume 405, 2023, 133364, ISSN 0950-0618. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133364.  
  
PANDA, B.; PAUL, S. Chandra; TAN, M. Jen. Anisotropic mechanical performance of 3D printed fiber reinforced sustainable construction material. Materials Letters, v. 209, p. 146-149, Dec. 2017. DOI: 10.1016/J.MATLET.2017.07.123.  
  
VANTYGHEM, G.; DE CORTE, W.; SHAKOUR, E.; AMIR, O. 3D printing of a post-tensioned concrete girder designed by topology optimization. Automation in Construction, v. 112, Apr. 2020. DOI: 10.1016/J.AUTCON.2020.103084.