

CONCEITOS PARA REDUÇÃO DE SUBPRODUTOS SEM VALOR AGREGADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ECONOMIA CIRCULAR, *DESIGN FOR DECONSTRUCTION* E PRÉ-FABRICADOS

Drielly Pena Cesar (UNIARA) driellypena@gmail.com
José Camilo Barbosa (UNIARA) camilobarbosa@hotmail.com
José Luís Garcia Hermosilla (UNIARA) jlghermosilla@hotmail.com

Resumo

O setor da construção civil apresenta impactos significativos sobre o meio ambiente por gerar subprodutos sem valor agregado durante o ciclo vida, encontrados na construção e demolição (CD). Por isso, a adoção de conceitos e práticas como a Economia Circular (EC), uso de pré-fabricados assim como o *Design for Deconstruction* (DfD), são apresentados como métodos para reduzir esses subprodutos. Objetivo dessa pesquisa foi realizar uma revisão bibliográfica de forma exploratória na base de dados *Science Direct*, com a combinação das palavras-chaves e o uso do *software Vosviewer*, a fim de estabelecer a relação entre elas sobre a geração de excedentes sem valor agregado, denominados em muitos estudos de resíduos ou desperdícios. Conclui-se com o estudo que o conceito de economia circular apresenta maior ascensão nos últimos anos, contudo a integração dos três conceitos não está consolidada nas pesquisas.

Palavras-Chaves: Economia circular; Resíduos de construção e demolição; *Design for deconstruction*; Pré-fabricados; Desperdício.

1. Introdução

A indústria da construção civil é um dos setores da economia que exerce grande impacto sobre o meio ambiente, devido ao uso excessivo de recursos naturais. Além disso, consolida-se como uma grande geradora de resíduos durante todo o ciclo de vida, incorporando as atividades de construção e demolição (CD) (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2019). Segundo a Ellen MacArthur Foundation (2019) cerca de 40% dos resíduos sólidos urbanos são provenientes das atividades de construção e demolição (CD), além disso, o consumo de materiais devido ao aumento da urbanização passará, de forma estimada, de 40 bilhões de toneladas em 2010 para 90 bilhões de toneladas em 2050. De acordo com a *International Energy Agency*, em 2018, a construção civil foi responsável pelo consumo de cerca de 36% do uso do energia final, além de uma porcentagem expressiva de 39%, relacionada a emissão de dióxido de carbono (sendo que 11% desse valor refere-se a produção de materiais e produtos

como cimento, vidro e aço) (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2019; ZANNI *et al.*, 2018)

Por isso, a importância do trabalho em saber o que está sendo estudado sobre economia circular, *design for deconstruction* e pré-fabricados, além da integração entre os três, no âmbito da construção civil para reduzir os subprodutos sem valor agregados. Assim, este trabalho tem como objetivo principal fazer uma revisão da literatura de maneira exploratória, por meio de artigos de pesquisa e revisão de artigos na base de dados *Science Direct* de 2014 a 2020, realizado em quatro etapas para identificar a relação entre os conceitos Economia circular, *Design for Deconstruction* e uso de Pré-fabricados para redução de excedentes sem valor agregado na construção civil, denominados em muitos estudos de resíduos/desperdícios.

2. Revisão da Literatura

2.1. Economia Circular

Com objetivo de reduzir os desperdícios pela reestruturação, de maneira equilibrada, do uso da matéria-prima para o consumo e seu respectivo descarte, a economia circular (EC) baseia-se no método dos 3R (redução, reutilização e reciclagem). Ao contrário da economia linear, a EC tende a usar os produtos considerados sem valor agregado como insumos para realimentar o ciclo de vida da construção, ou seja, apresenta-se como um fluxo em um ciclo fechado (BAO; LU, 2020; HUANG *et al.*, 2018; LÓPEZ *et al.*, 2020).

O estudo feito por Ghaffar *et al.*, (2020), com *stakeholders* do setor de Resíduos de Construção e Demolição (CDW) do Reino Unido constatou que o método dos 3R, aderido pela CE, apresenta como principais gargalos para reciclagem/reutilização: (i) a logística ; (ii) o custo; e (iii) a regulação do tempo. Outros autores ainda acrescentam problemas como: (i) a falta de transparência e eficiência das políticas da CD; (ii) *designs* inapropriados ou pouco otimizados; (ii) as mudanças de última hora no projeto; (iii) a falta de planejamento e controle da qualidade; (iv) o desperdício de matéria-prima; (v) a baixa adesão de pré-fabricados; (vi) as investigações detalhadas das propriedades do material (principalmente relacionadas às capacidades estruturais, que necessitam de testes de desempenho, podendo aumentar o custo do produto); (vii) o elevado custo em relação à triagem dos materiais e reprocessamento; (viii) e a falta de

incentivo do mercado (AJAYI *et al.*, 2017; HUANG *et al.*, 2018; MAHPOUR, 2018; MUNARO *et al.*, 2020).

Por outro lado, a aderência da EC na indústria da construção civil pode ser uma solução para uma importante lacuna que envolve questões ambientais como a emissão de gases de efeito estufa, o consumo de energia e recursos naturais, a poluição, a degradação do solo e o aumento de aterros sanitários que, de acordo com Aslam *et al.*, (2020) ocorre devido ao crescimento da urbanização e de sua respectiva geração de resíduos tanto de construção como de demolição. Assim, as práticas EC, deveriam ser empregadas desde a concepção do projeto até sua execução, englobando a gestão dos resíduos e, até mesmo, o *design* (BAO; LU, 2020; JIN *et al.*, 2019; LÓPEZ *et al.*, 2020).

2.2. Design

De acordo com López *et al.*, (2020), o design de projetos para construção necessita de estratégias qualificadas que atendam a EC e apresenta três métodos principais que devem ser adotados: (i) o projeto para prevenção de resíduos; (ii) o projeto para desmontagem e desconstrução (DfD); e (iii) a utilização de elementos pré-fabricados.

O conceito de DfD propicia um movimento cíclico durante as fases da construção, mediante a reciclagem de materiais, a reutilização de elementos e, até mesmo, o reaproveitamento total da construção com conexões entre os elementos, englobando assim o projeto para prevenção de resíduos (JAILLON; POON, 2014). Apesar da barreira cultural pautada na preferência por construções dispendiosas, que visam uma vida útil maior, o DfD apresenta-se como uma nova perspectiva às mudanças futuras e que podem ser incorporadas na construção (AKANBI *et al.*, 2019). Assim, para aumentar a eficiência do DfD, principalmente quanto à parte da desmontagem, torna-se necessária a sincronia de tecnologias como o BIM (*Building Information Modeling*), um software capaz de armazenar todos os detalhes da construção (IACOVIDOU *et al.*, 2018; JIN *et al.*, 2019; LI *et al.*, 2020).

2.3. Pré-fabricados

Akinade *et al.*, (2017) afirmam que a aplicabilidade de componente pré-fabricados em substituição aos processos tradicionais de construção, assegura uma padronização, evitando modificações improvisadas nos espaços construtivos. Um estudo feito por Hao *et al.*, (2020),

na China, aponta que a utilização da pré-fabricação no ambiente da construção civil pode reduzir em aproximadamente 15% as emissões de carbono durante o estágio de materialização.

3. Metodologia

Este trabalho caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de caráter exploratório, que tem como objetivo pesquisar trabalhos publicados sobre a temática dos subprodutos sem valor agregado gerados na construção civil, relacionados com os conceitos de economia circular, *design for deconstruction* e o uso de pré-fabricados. A busca foi realizada na base de dados Science Direct incluindo artigos nacionais e internacionais dos últimos 7 anos.

Entende-se por pesquisa bibliográfica um método para levantamento de materiais com uma cobertura ampla do assunto a ser pesquisado. A pesquisa exploratória garante diversos ângulos sobre o estudo, além de possuir planejamento flexível e dessa forma torna-se uma ferramenta para o desenvolvimento da revisão bibliográfica (GIL, 2008).

A pesquisa foi dividida em quatro etapas:

- a) Etapa 1: busca realizada a partir da base de dados Science Direct combinadas com operador booleano AND. Desta forma foram pesquisados: “*Circular Economy*” (EC) and “*Construction and demolition waste*” (CDW) and “*Design for deconstruction*” (DfD) and “*Prefabricated*” (PF), sem obter resultados;
- b) Etapa 2: Foi realizada uma nova pesquisa no mesmo banco de dados, porém combinando as palavras em pares e filtrando artigos de revisão e artigos de pesquisas de 2014 a 2020. Desta forma foram encontrados 71 resultados de acordo com agrupamento dois a dois. Desses, apenas, os que apresentavam relação direta com a construção e métodos para minimizar os resíduos foram selecionados, excluindo os artigos duplicados e os demais que não apresentavam as características de inclusão. Finalmente, foram obtidos e analisados integralmente 18 artigos;
- c) Etapa 3: Combinou-se os conceitos “*Circular Economy*” (EC), “*Design for deconstruction*” (DfD) e o método “*Prefabricated*” (PF) com as palavras “*Waste*” (W) e “*Construction*” (C) conectados com operador booleano AND, para uma nova busca no banco de dados da *Science Direct*. Desta vez, foram filtrados apenas artigos de revisão e artigos de pesquisas entre os anos de 2014 a 2020;
- d) Etapa 4: Por fim, os resultados foram analisados por meio do *software VosViewer* (uma ferramenta para elaboração de redes bibliométricas), a fim de analisar as palavras-chaves

mais utilizadas nos títulos e resumos das buscas, com base na rede de ocorrência que agrupa os termos em cluster, que relaciona as palavras de acordo com a área (VAN ECK; WALTMAN, 2013).

4. Resultados

Diante das buscas realizadas no banco de dados *Science Direct* constatamos uma variação significativa de resultados, a depender da associação das palavras-chaves. A palavra chave “*Circular Economy*” apresentou predominância na pesquisa de acordo com a Tabela 1 dos primeiros resultados das buscas.

Tabela 1 - Combinação de palavras-chave

Combinação	Artigos de revisão	Percentual	Artigos de pesquisa	Percentual
(EC) and (CDW)	07	9,86%	26	36,62%
(EC) and (DfD)	00	0,0%	01	1,41%
(EC) and (PF)	01	1,41%	03	4,22%
(CDW) and (DfD)	02	2,82%	08	11,27%
(CDW) and (PF)	02	2,82%	05	7,04%
(DfD) and (PF)	03	4,22%	13	18,31%

Fonte: próprios autores

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1 fica evidente que a associação da “*Circular Economy*” com a “*Construction and demolition waste*” resultaram em números superiores de artigos de revisão e de pesquisa, em relação às outras combinações, confirmando assim as preferências dos pesquisadores em relação ao tema. Dentre os 71 artigos encontrados foram filtrados e aplicados os critérios de exclusão significantes ao estudo resultando em 18 artigos.

Mediante uma análise temporal, quantitativa dos estudos e suas respectivas origens, nota-se que tanto na Europa quanto na China, as pesquisas para redução de resíduos apresentam maior índice, além disso, as publicações sobre EC e métodos para redução e gestão de resíduos aumentaram nos últimos 3 anos revelando que assunto apresenta aumento sobre a relevância exploratória (MUNARO *et al.*, 2020). Além disso, a adoção dos conceitos do *Design for Deconstruction* e o método de pré-fabricados podem ser englobados no EC para torná-lo mais eficazes. Outra constatação, consiste em um maior número de publicações, com datas mais recentes, no periódico *Journal of Cleaner Production* conforme o Quadro 1.

Quadro 1- Artigos inclusos na pesquisa

Título	Autor(es)	Periódico	Ano de publicação	Índices de citação	Palavras-chaves
Pathways to circular construction: An integrated management of construction and demolition waste for resource recovery	Seyed, H. G.; Matthew, B.; Nuhu, B.	Journal of Cleaner Production	2020	14	Circular construction; Construction and demolition waste; Re-use; Recycle; Resource recovery
The circular economy in the construction and demolition waste sector – A review and an integrative model approach.	Luis, A. L. R.; Xavier, R. R.; Santiago, G. D.	Journal of Cleaner Production	2020	8	Construction and demolition waste; Material recovery; Waste management; Circular economy
Towards circular and more sustainable buildings: A systematic literature review on the circular economy in the built environment	Mayara, R. M.; Sergio, F. T.; Luís, B.	Journal of Cleaner Production	2020	2	Circular economy; Construction; Built environment; Systematic literature review.
Research trend of the application of information technologies in construction and demolition waste management	Clyde, Z. L.; Yiyu, Z.; Bing, X.; Bo, Y.; Vivian, W.Y.T.; Zhe, C.; Yingyi, Y.	Journal of Cleaner Production	2020	1	Construction and demolition waste; Information management; Literature review
Disassembly and deconstruction analytics system (D-DAS) for construction in a circular economy	Lukman, A. A.; Lukumon, O. O.; Kamil, O.; Muhammad B.; Olugbenga O. A.; Anuoluwapo, O. A.; Juan, M. D. D.; Hakeem, A. O.	Journal of Cleaner Production	2019	12	Disassembly and deconstruction analytics (D-DAS); Building information modelling (BIM); End-of-Life; Circular economy; Design for deconstruction; Design for disassembly
Evaluating the transition towards cleaner production in the construction and demolition sector of China: A review	Patrizia, G.; Xi J; Gengyuan, L.; Sergio U.	Journal of Cleaner Production	2018	37	Construction and demolition wastes; Cleaner production; Circular economy; Sustainable construction
Título	Autor(es)	Periódico	Ano de publicação	Índices de citação	Palavras-chaves

Science mapping approach to assisting the review of construction and demolition waste management research published between 2009 and 2018	Ruoyu, J.; Hongping, Y.; Qian, C.	Resources, Conservation and Recycling	2019	47	Construction and demolition waste; Sustainable development; Science mapping; Waste management; Scientometric analysis; Literature review
Construction and demolition waste best management practice in Europe	Gálvez-Martos, J. L.; Styles, D.; Schoenberger, H.; Zeschmar-Lahl, B.	Resources, Conservation and Recycling	2018	108	Construction and demolition waste; Circular economy; Recycling; Re-use; Best practices; Environmental management; Waste management; Waste logistics; Recycled aggregates; Plasterboard
Construction and demolition waste management in China through the 3R principle	Huang, B.; Wang, X.; Kua, H.; Geng, Y.; Bleischwit, R.; Ren, J.	Resources, Conservation and Recycling	2018	108	Construction and demolition waste; China; Management; Circular economy
Prioritizing barriers to adopt circular economy in construction and demolition waste management	Amirreza, M.	Resources, Conservation and Recycling	2018	41	Potential barrier; Circular economy; C&D waste management; Prioritization; Fuzzy TOPSIS
Waste minimisation through deconstruction: A BIM based Deconstructability Assessment Score (BIM-DAS)	Olugbenga, O. A.; Lukumon O. O.; Muhamma, B. O.; Saheed, O. A.; Hakeem, A. O.; Hafiz, A. A.; Sururah, A. R. B.	Resources, Conservation and Recycling	2015	73	Building information modelling; Building deconstruction; Design for deconstruction; Demolition waste minimization; Design performance assessment; Scoring scheme
Developing efficient circularity for construction and demolition waste management in fast emerging economies: Lessons learned from Shenzhen, China	Zhikang, B; Weisheng L.	Science of The Total Environment	2020	5	Construction and demolition waste; Waste management; Circular economy; Emerging economies; Shenzhen; China
Título	Autor(es)	Periódico	Ano de publicação	Índices de citação	Palavras-chaves

Carbon emission reduction in prefabrication construction during materialization stage: A BIM-based life-cycle assessment approach	Hao, J. L.; Cheng, B.; Lu, W.; Xu, J.; Wang, J.; Bu, W.; Guo, Z.	Science of The Total Environment	2020	3	Carbon emissions; Prefabrication; Materialization stage; BIM; Life cycle assessment
Review of construction and demolition waste management in China and USA	Aslam, M.S.; Huang, B.; Cui L.	Journal of Environmental Management	2020	2	Construction and demolition waste management; Urbanization; Circular economy; Policies
The use of smart technologies in enabling construction components reuse: A viable method or a problem creating solution?	Iacovidou, E.; Purnell, P.; Lim, M. K.	Journal of Environmental Management	2018	19	Construction and demolition waste (CDW); Structural components; RFID; Reuse; Information flow; Lifecycle valuation
Attributes of design for construction waste minimization: A case study of waste-to-energy project	Ajayi, S. O.; Oyedele, L. O.; Bilal, M.; Akinade, O. O.; Alaka, H. A.; Owolabi, H. A.; Kadiri, K. O.	Renewable and Sustainable Energy Reviews	2017	22	Design out waste; Design documents; Deconstruction; Buildability; Construction waste; Waste-to-Energy
Design for Deconstruction (DfD): Critical success factors for diverting end-of-life waste from landfills	Akinade, O.O.; Oyedele, L. O.; Ajayi, S. O.; Bilal, M.; Alaka, H. A.; Owolabi, H. A.; Bello, S. A.; Jaiyeoba, B. E.; Kadiri, K.	Waste Management	2017	41	Building deconstruction; Design for deconstruction; End-of-life material recovery; Sustainable construction; Material reuse; Critical success factors
Life cycle design and prefabrication in buildings: A review and case studies in Hong Kong	Jaillon, L.; Poon, C. S.	Automation in Construction	2014	91	Design for deconstruction; High-rise buildings; Hong Kong; Life cycle design; Prefabrication

Fonte: próprios autores

A terceira etapa, também corroborou o fato de que o termo “*Circular Economy*” apresenta-se como foco nas pesquisas, categorizando 74,2% dos resultados, como mostra a Tabela 2.

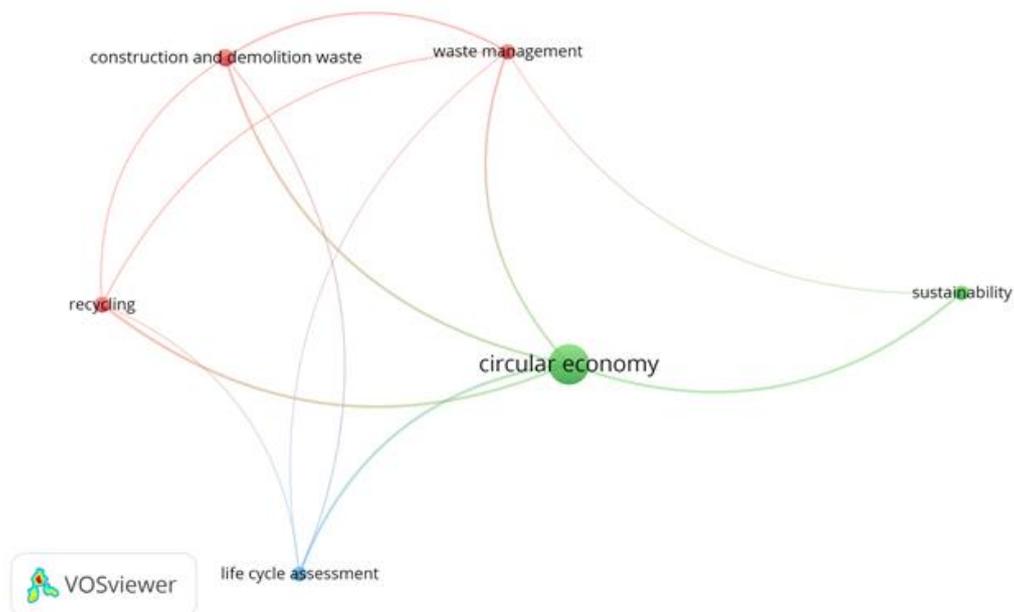
Tabela 2 - Combinação de palavras-chave

Combinação	Artigos de revisão	Percentual	Artigos de pesquisa	Percentual
(EC) and (W) and (C)	26	13,68%	115	60,53%
(DfD) and (W) and (C)	00	0,0%	07	3,69%
(PF) and (W) and (C)	05	2,63%	37	19,47%

Fonte: próprios autores

Com base nos artigos encontrados na terceira etapa, foram montadas redes bibliométricas no *VosViewer*, para analisar as relações entre as palavras-chaves (VAN ECK; WALTMAN, 2013). A primeira combinação “*Circular Economy*” (EC), “*Waste*” (W) e “*Construction*” (C) resultou em 527 palavras-chaves e após serem agrupadas formou-se três clusters, separados por cores distintas, de acordo com a Figura 1. Os *clusters* foram agrupados da seguinte forma: o primeiro, conectando resíduos de construção e demolição (com 14 ocorrências), reciclagem (12) e gestão de resíduos (11); o segundo, relacionando economia circular (74) e sustentabilidade (10); e o terceiro, avaliação do ciclo de vida (10).

Figura 1 - Rede de combinação: “*Circular Economy*” (EC), “*Waste*” (W) e “*Construction*” (C)

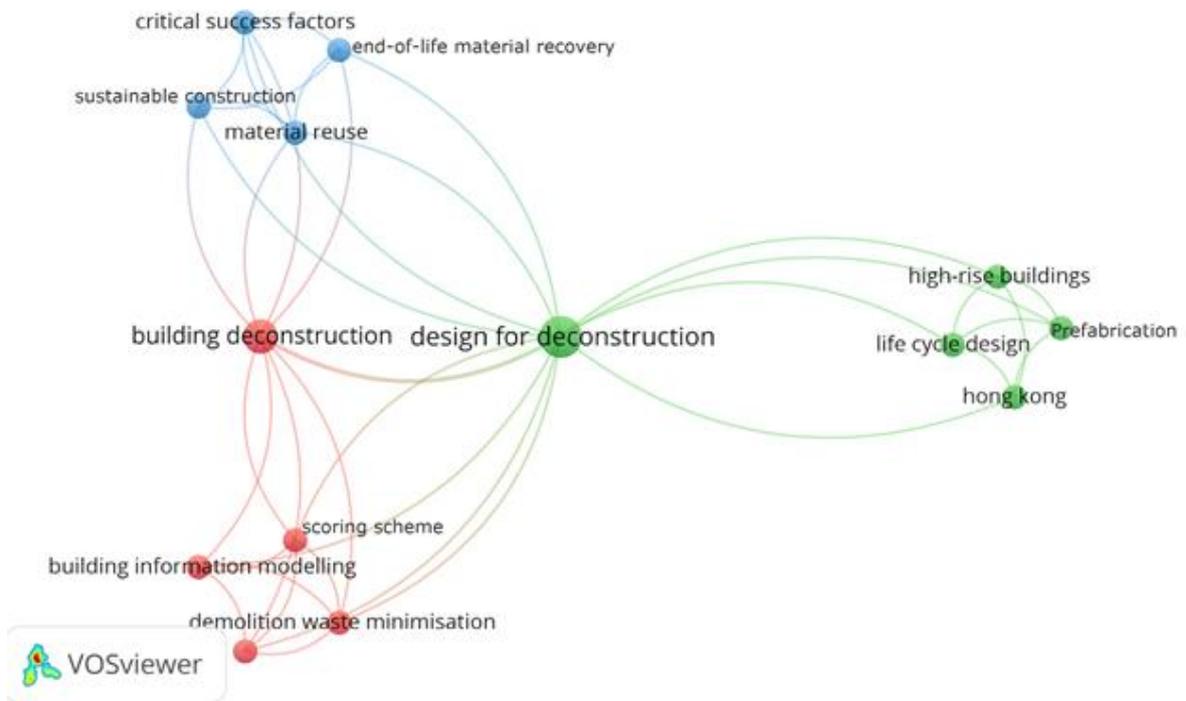


Fonte: Elaborado pelos autores com auxílio do *Vosviewer*

De acordo com a Figura 1 a interligação entre os clusters está evidenciada, principalmente em relação ao primeiro com a palavra-chave “*Circular Economy*” (EC).

A segunda combinação entre “*Design for deconstruction*” (DfD), “*Waste*” (W) e “*Construction*” (C) resultou em 36 palavras-chaves, o número mínimo de ocorrências foi determinado pelo próprio programa, pois a amostra era pequena, assim foram obtidos três *clusters*, separados por cores distintas, demonstrado na Figura 2. O primeiro contendo: construção desconstrução (2), modelo de informação de construção (1), minimização de resíduos de demolição (1), avaliação de desempenho de projeto (1), esquema de pontuação (1); o segundo: projeto para desconstrução (3), edifícios de arranha-céus (1), Hong Kong (1), projeto do ciclo de vida(1), pré-fabricado (1); já o terceiro: fatores de sucesso críticos (1), recuperação material do fim da vida (1), reutilização material (1), construção utilizável (1).

Figura 2 - Combinação entre “*Design for deconstruction*” (DfD), “*Waste*” (W) e “*Construction*” (C)

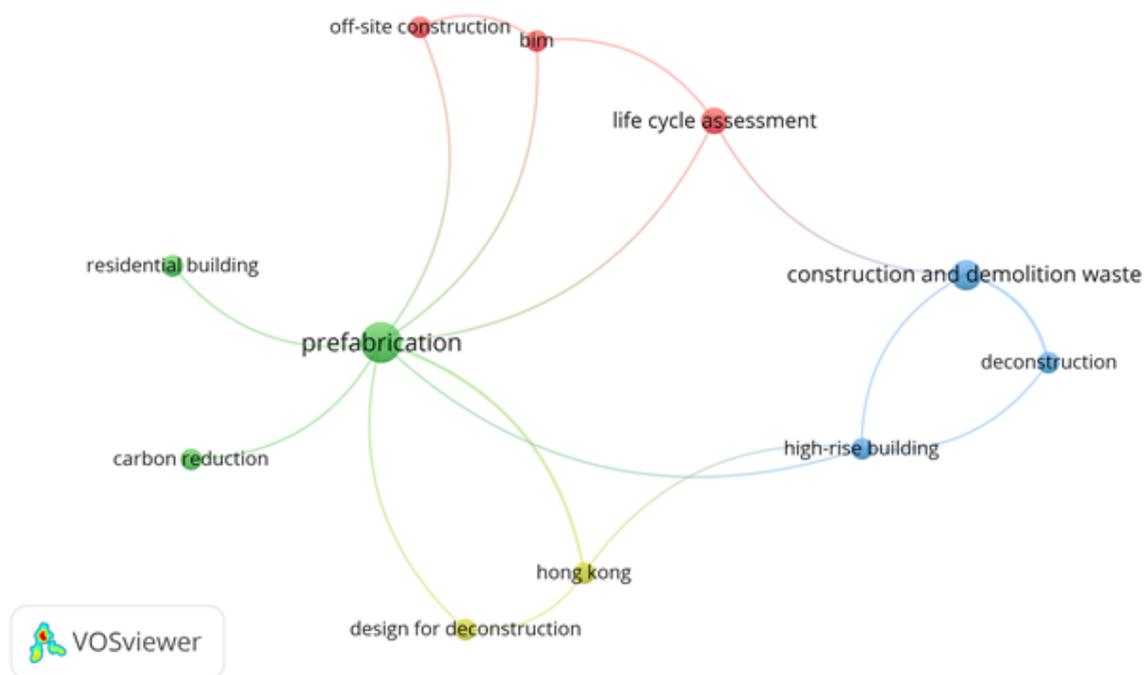


Fonte: Elaborado pelos autores com auxílio do *Vosviewer*

A Figura 2 apresenta os clusters melhor subdivido, relacionando no segundo *cluster* os conceitos de projeto para desconstrução com o uso de pré-fabricado.

A terceira e última combinação foi entre as palavras “*Prefabricated*” (PF), “*Waste*” (W) e “*Construction*” (C) resultando em 188 palavras-chaves que, após serem agrupadas, formou quatro *clusters*, conforme a Figura 3. Aqui, também, os *clusters* foram separados por cores distintas sendo: no primeiro as palavras *BIM* (com 2 ocorrências), avaliação do ciclo de vida (3), construção fora do local (2); no segundo redução de carbono (2), pré-fabricados (7) construção residencial (2); no terceiro resíduos de construção e demolição (4), desconstrução (2), edifício alto (2); no quarto design para desconstrução (2) e Hong Kong (2).

Figura 3 - Combinação entre as palavras “*Prefabricated*” (PF), “*Waste*” (W) e “*Construction*” (C)



Fonte: Elaborado pelos autores com auxílio do *Vosviewer*

Já a Figura 3 o conceito de desconstrução aparece em dois clusters distintos, confirmando a tendência de ligação entre o uso de pré-fabricados com o conceito DfD. Além de relacionar CDW com avaliação do ciclo de vida e desconstrução.

5. Conclusão

A análise feita a partir dos periódicos selecionados na base de dados *Science Direct*, mostrou que a palavra-chave “*Circular Economy*”, conforme todas as combinações realizadas nas buscas, apresentou-se com maior ocorrência. Entretanto, sua associação com o conceito *Design for deconstruction* e o método para uso de pré-fabricados mostrou-se ínfima, quando comparada, por exemplo, com os termos gestão de resíduos e resíduos de construção de demolição. Porém, por meio da análise das palavras-chaves com o *software Vosviewer* a relação entre *Design for deconstruction* e o método para uso de pré-fabricados excluindo-se o termo economia circular apresenta-se com mais frequência. Pode-se notar na Figura 2 que essa combinação se apresenta, inclusive, até nos mesmos *clusters*, além disso com a busca da palavras-chave “*Prefabricated*”, “*Waste*” e “*Construction*” a desconstrução apareceu em dois clusters conforme ilustrado na Figura 3.

Além disso, foi possível verificar com os 18 artigos selecionados que, como era esperado, os artigos mais citados não são os mais recentes e o periódico *Journal of Cleaner Production*

apresenta mais artigos na área investigada. Ademais a China, assim como a Europa, foi apontada em vários estudos de gestão de resíduos com economia circular.

Assim, conclui-se com a pesquisa que existe uma ascensão nos estudos com relação ao tema, além disso tanto o *Design for deconstruction* como o método para uso de pré-fabricados são ferramentas que apresentam bastante potencial para que os princípios do EC sejam cumpridos em função de diminuir os subprodutos sem valor agregado na construção civil, contudo faz-se necessário um maior aprofundamento nos estudos relacionando esses três campos.

REFERÊNCIAS

- AJAYI, S. O.; OYEDELE, L. O.; AKINADE, O. O.; BILAL, M.; ALAKA, H. A.; OWOLABI, H. A.; KADIRI, K. O. Attributes of design for construction waste minimization: A case study of waste-to-energy project. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 73, n. January, p. 1333–1341, 2017.
- AKANBI, L. A.; OYEDELE, L. O.; OMOTESO, K.; BILAL, M.; AKINADE, O. O.; AJAYI, A. O.; DAVILA DELGADO, J. M.; OWOLABI, H. A. Disassembly and deconstruction analytics system (D-DAS) for construction in a circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 223, p. 386–396, 2019.
- AKINADE, O. O.; OYEDELE, L. O.; AJAYI, S. O.; BILAL, M.; ALAKA, H. A.; OWOLABI, H. A.; BELLO, S. A.; JAIYEGBA, B. E.; KADIRI, K. O. Design for Deconstruction (DfD): Critical success factors for diverting end-of-life waste from landfills. **Waste Management**, v. 60, p. 3–13, 2017.
- ASLAM, M. S.; HUANG, B.; CUI, L. Review of construction and demolition waste management in China and USA. **Journal of Environmental Management**, v. 264, n. March, p. 110445, 2020.
- BAO, Z.; LU, W. Developing efficient circularity for construction and demolition waste management in fast emerging economies: Lessons learned from Shenzhen, China. **Science of the Total Environment**, v. 724, p. 138264, 2020.
- ELLEN MACARTHUR, F. Completando a figura: Como a economia circular ajuda a enfrentar as mudanças climáticas. p. 1–62, 2019. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>>. Acesso 10 set. 2020.
- GHAFFAR, S. H.; BURMAN, M.; BRAIMAH, N. Pathways to circular construction: An integrated management of construction and demolition waste for resource recovery. **Journal of Cleaner Production**, v. 244, p. 118710, 2020.
- GIL, A. C. **Delineamento da Pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Ed. ATLAS, 2008. v. 264
- HAO, J. L.; CHENG, B.; LU, W.; XU, J.; WANG, J.; BU, W.; GUO, Z. Carbon emission reduction in prefabrication construction during materialization stage: A BIM-based life-cycle assessment approach. **Science of the Total Environment**, v. 723, p. 137870, 2020.
- HUANG, B.; WANG, X.; KUA, H.; GENG, Y.; BLEISCHWITZ, R.; REN, J. Construction and demolition waste management in China through the 3R principle. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 129, n. April 2017, p. 36–44, 2018.

- IACOVIDOU, E.; PURNELL, P.; LIM, M. K. The use of smart technologies in enabling construction components reuse: A viable method or a problem creating solution? **Journal of Environmental Management**, v. 216, p. 214–223, 2018.
- IEA. **GlobalABC Roadmap for Buildings and Construction 2020-2050: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector**. Disponível em:< <https://www.iea.org/reports/globalabc-roadmap-for-buildings-and-construction-2020-2050>>. Acesso em: 10 jul. 2020.
- JAILLON, L.; POON, C. S. Life cycle design and prefabrication in buildings: A review and case studies in Hong Kong. **Automation in Construction**, v. 39, p. 195–202, 2014.
- JIN, R.; YUAN, H.; CHEN, Q. Science mapping approach to assisting the review of construction and demolition waste management research published between 2009 and 2018. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 140, n. September 2018, p. 175–188, 2019.
- LI, S.; FANG, Y.; WU, X. A systematic review of lean construction in Mainland China. **Journal of Cleaner Production**, v. 257, 2020.
- LÓPEZ RUIZ, L. A.; ROCA RAMÓN, X.; GASSÓ DOMINGO, S. The circular economy in the construction and demolition waste sector – A review and an integrative model approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 248, 2020.
- MAHPOUR, A. Prioritizing barriers to adopt circular economy in construction and demolition waste management. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 134, n. December 2017, p. 216–227, 2018.
- MUNARO, M. R.; TAVARES, S. F.; BRAGANÇA, L. Towards circular and more sustainable buildings: A systematic literature review on the circular economy in the built environment. **Journal of Cleaner Production**, v. 260, 2020.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector. 2019 Global Status report**. [S. l.: s. n.]. *E-book*. Disponível em:< [https://www.worldgbc.org/sites/default/files/UNEP_188_GABC_en_\(web\).pdf](https://www.worldgbc.org/sites/default/files/UNEP_188_GABC_en_(web).pdf)>. Acesso 15 set. 2020.
- VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Manual. **Leiden: Univeriteit Leiden**, n. April, 2013. Disponível em:<http://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.1.pdf>. Acesso 20 set. 2020.
- ZANNI, S.; SIMION, I. M.; GAVRILESCU, M.; BONOLI, A. Life Cycle Assessment Applied to Circular Designed Construction Materials. **Procedia CIRP**, v. 69, n. May 2018, p. 154–159, 2018.