BIM como fomento para uma economia circular na construção civil: *insights* da literatura internacional

BIM fostering circular economy in construction: insights from international literature

Ingrid Tainã Macário Santana
Universidade Federal da Bahia | Salvador | Brasil | ingridmacario30@gmail.com
Matheus Serra da Hora Araújo
Universidade Federal da Bahia | Salvador | Brasil | mtserra10@gmail.com
Elaine Pinto Varela Alberte
Universidade Federal da Bahia | Salvador | Brasil | elaine.varela@ufba.br
Reymard Savio Sampaio de Melo
Universidade Federal da Bahia | Salvador | Brasil | reymard.savio@ufba.br

Resumo

A Modelagem da Informação da Construção (BIM) pode facilitar a transição do setor da construção civil brasileira para um modelo de Economia Circular (EC). Os autores selecionaram 125 artigos sobre BIM e EC publicados em periódicos internacionais entre 2009 e 2019 e agruparam em sete categorias. Em seguida, o VOSviewer foi utilizado para analisar cinco aspectos da produção científica. As categorias que tiveram o maior número de artigos publicados foram: "Análise do ciclo de vida" e "Projeto para Desmontagem". Por outro lado, as categorias "Consumo de Energia" e "Edifícios como Banco de Materiais" não estão recebendo muita atenção dos pesquisadores.

Palavras-chave: Modelagem da informação da construção. Economia de circuito fechado. Mapeamento sistemático da literatura. Análise bibliométrica. Análise cientométrica.

Abstract

Building Information Modeling (BIM) can facilitate the transition of the Brazilian construction sector to a Circular Economy (CE) model. The authors selected 125 articles on BIM and CE published in international journals between 2009 and 2019 and grouped them into seven categories. Then, VOSviewer was used to analyze five aspects of scientific production. The categories with the highest number of articles published were: "Life Cycle Assessment" and "Design for Disassembly." On the other hand, the categories "Energy Consumption" and "Buildings as Material Banks" are not receiving much attention from researchers.

Keywords: Building information modeling. Closed-loop economy. Systematic mapping study. Bibliometric analysis. Scientometric analysis.

INTRODUÇÃO

A Economia Circular (EC) é um paradigma que está ganhando impulso e promete superar a contradição entre prosperidade econômica e ambiental. Há muitas escolas

Como citar:
SANTANA , I. T. M.; ARAÚJO , M. S. da H. .; ALBERTE , E. P. V.; MELO, R. S. S. de . BIM como fomento para uma economia circular na construção civil: insights da literatura internacional. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2021, Uberlândia. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1-15. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/595. Acesso em: 3 ago. 2021.

de pensamento diferentes sobre EC [1]. Entretanto, os princípios básicos compartilhados residem na melhor gestão dos recursos. A pesquisa de EC no ambiente construído pode ser agrupada em seis dimensões que visam alcançar edifícios circulares (governamental, econômica, ambiental, comportamental, social e tecnológica). O termo 'edifício circular' é usado para definir um edifício projetado, planejado, construído, operado, mantido e desconstruído em uma maneira consistente com os princípios de EC [2].

Embora 20 práticas de EC em todas as fases do ciclo de vida de um edifício tenham sido identificadas [3], atualmente não há um mapeamento sistemático da literatura, visando categorizar estudos primários de BIM sob a perspectiva da EC. Este artigo preenche esta lacuna e usa o *VOSviewer* para analisar cinco aspectos da produção científica sobre BIM e EC. O mapeamento fornece aos pesquisadores brasileiros uma melhor compreensão do estado atual da pesquisa internacional de BIM sob a perspectiva da EC e propõe insights a partir da literatura.

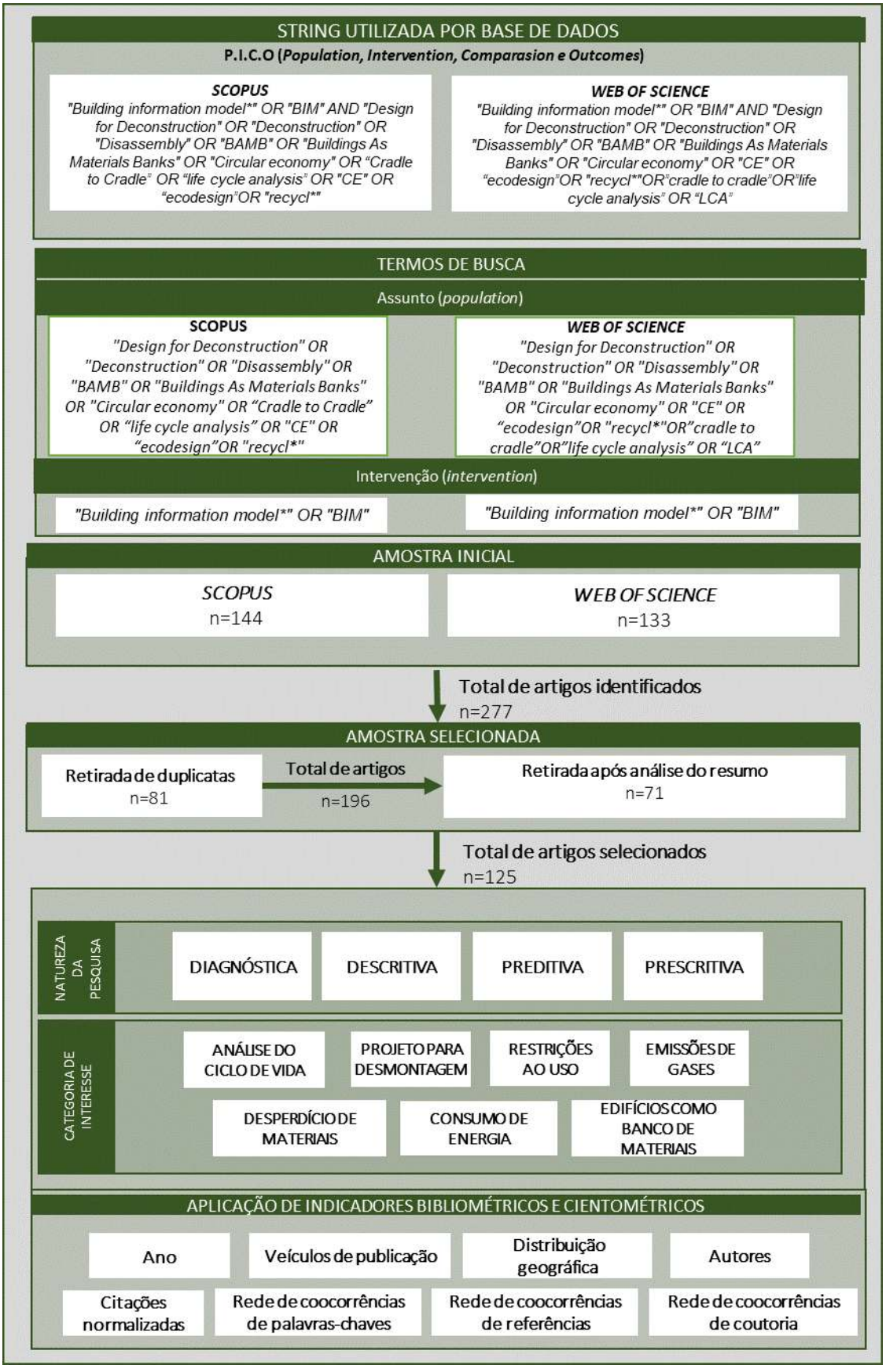
MÉTODO DE PESQUISA

Mapeamentos sistemáticos da literatura (MSLs) ou estudos de escopo são projetados para permitir uma visão geral de uma área de pesquisa. Além disso, um MSL permite a identificação de grupos de evidências e desertos de evidências para direcionar o foco de futuras revisões sistemáticas e identificar áreas para a realização de mais estudos primários [4]. Este MSL segue as diretrizes propostas por [4][5][6]. A figura 1 ilustra o protocolo utilizado.

Para apoio à formulação da *string* de busca, foi adotada a adaptação de [6] do método PICO (*Population, Intervention, Comparasion e Outcomes*) [7], em que os termos inseridos em comparação (*comparasion*) e o resultado (*outcomes*) não foram utilizados. A busca por publicações foi realizada nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus* e limitou-se a artigos de periódicos publicados em inglês.

Após retirada das publicações duplicadas, foi identificada uma amostra inicial de 196 artigos. A partir da leitura do título e dos resumos, obteve-se uma amostra final de 125 artigos. Os artigos selecionados foram agrupados em categorias segundo temática abordada e natureza de pesquisa, e indicadores bibliométricos e cientométricos (número de publicações por ano, veículos de publicação, distribuição geográfica, autores, quantidade de citações normalizadas e co-ocorrências de termos em palavras-chave, referências e coautoria).

Figura 1: Protocolo do mapeamento sistemático da literatura



Fonte: os autores.

RESULTADOS

MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA

Foi feita a proposição de sete categorias temáticas a partir das 125 publicações selecionadas, conforme o enfoque e abordagem dado ao tema:

- Análise do ciclo de vida (ACV): Artigos sobre o uso de BIM para apoiar a análise do ciclo de vida relacionado a durabilidade e formas de uso, reuso e descarte de materiais.
- Projeto para Desmontagem (PD): Artigos sobre a análise de um sistema de desmontagem, desconstrução e designs objetivando uma avaliação de desempenho de fim de vida desde a etapa de projeto, com o auxílio da tecnologia BIM.
- Restrições de uso (RU): Artigos sobre dificuldades, entraves e possíveis soluções para implantar a metodologia BIM na EC.
- Emissão de gases (EG): Artigos sobre a utilização da EC unida ao BIM para otimização da cadeia de valor, objetivando um impacto climático mínimo.
- Desperdício de materiais (DM): Artigos sobre a utilização da circularidade junto ao BIM como minimizadores do desperdício de materiais, visando um fechamento de ciclo mais sustentável e econômico.
- Consumo de energia (CE): Artigos sobre métodos e ferramentas utilizadas para otimizar e reduzir o consumo de energia por meio do BIM.
- Edifícios como banco de materiais (BM): Artigos sobre a política de agregar valor aos materiais de construção através da criação e aprimoramento de edifícios como banco de materiais, assim estimulando a reutilização e minimizando a geração de resíduos.

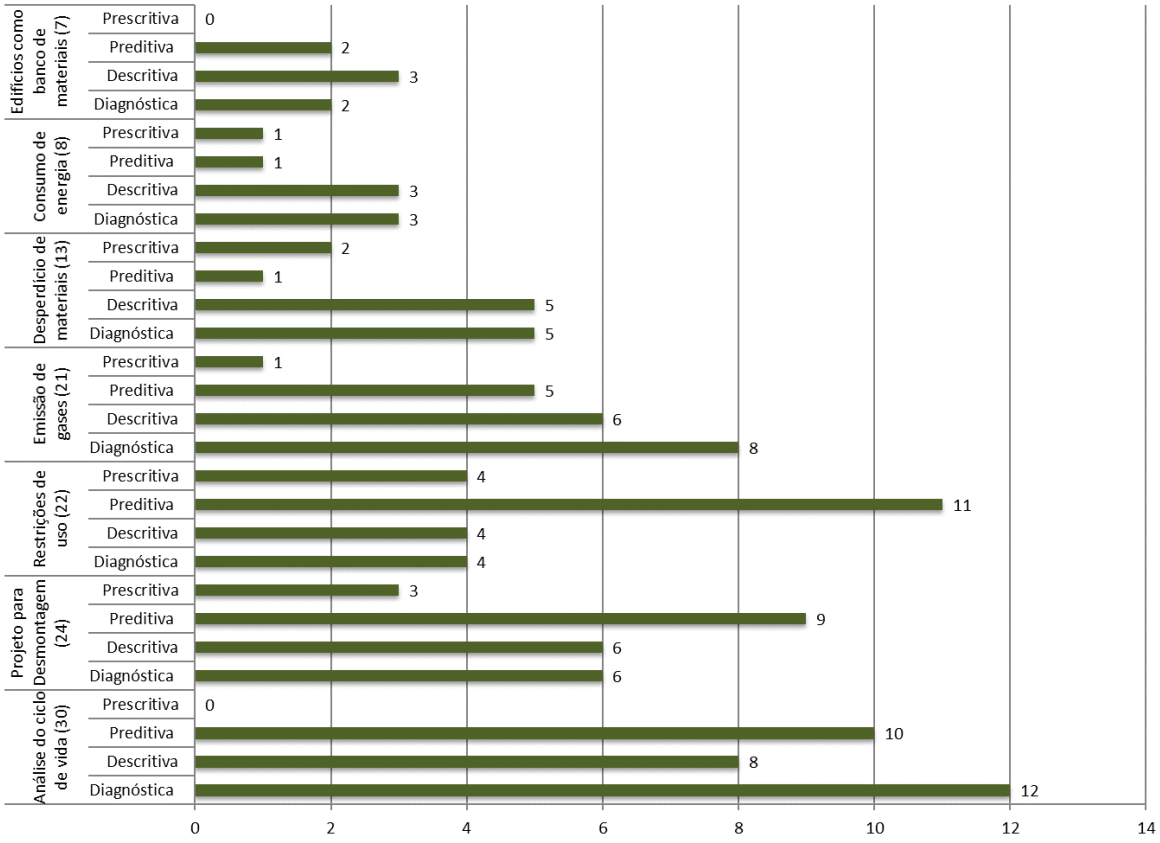
Os artigos também foram categorizados de acordo com natureza de pesquisa prescritiva, descritiva, preditiva ou diagnóstica. A análise prescritiva investiga o que deve ocorrer e, é usada para otimizar o desempenho do sistema; a análise preditiva determina que dados são preditivos do resultado que se deseja prever; a pesquisa descritiva objetiva conhecer e interpretar a realidade sem nela interferir para modificá-la; enquanto a análise diagnóstica permite compreender e interpretar as condições gerais de infraestrutura e processo e busca as possíveis explicações para a situação dos serviços analisados, configurando-se em uma análise situacional [8].

As categorias preditiva e diagnóstica foram as que obtiveram maior número de artigos publicados, ambas com 39, sucedidas por descritiva e prescritiva com 36 publicações e 11 publicações, respectivamente. Esse resultado deve-se a necessidade crescente de assimilar os impactos da aplicabilidade da metodologia BIM junto a EC, analisando propostas e projetos que auxiliem a implementação de maneira eficaz, abordando os efeitos gerados e visando o melhoramento a partir do que já existe na literatura.

Estudos com foco no uso de BIM para ACV tendem a diagnosticar o processo (40% do total) ou serem preditivas, ou seja, prever fenômenos (cerca de 33% do total). Não se identificaram pesquisas prescritivas nesta área.

Foram identificadas apenas 11 publicações prescritivas, sendo a maior parte (cerca de 67% deste total) sobre PD e RU. De qualquer modo, a maior parte das pesquisas sobre PD e RU tem caráter preditivo, ainda que tenha sido possível observar pesquisas diagnósticas e descritivas. Pesquisa diagnosticas e descritivas se destacam em publicações sobre EG, DM, CE e BM, indicando que tais assuntos ainda carecem evoluir para estudos prescritivos.

Figura 2: Publicações por tema de interesse e natureza de pesquisa

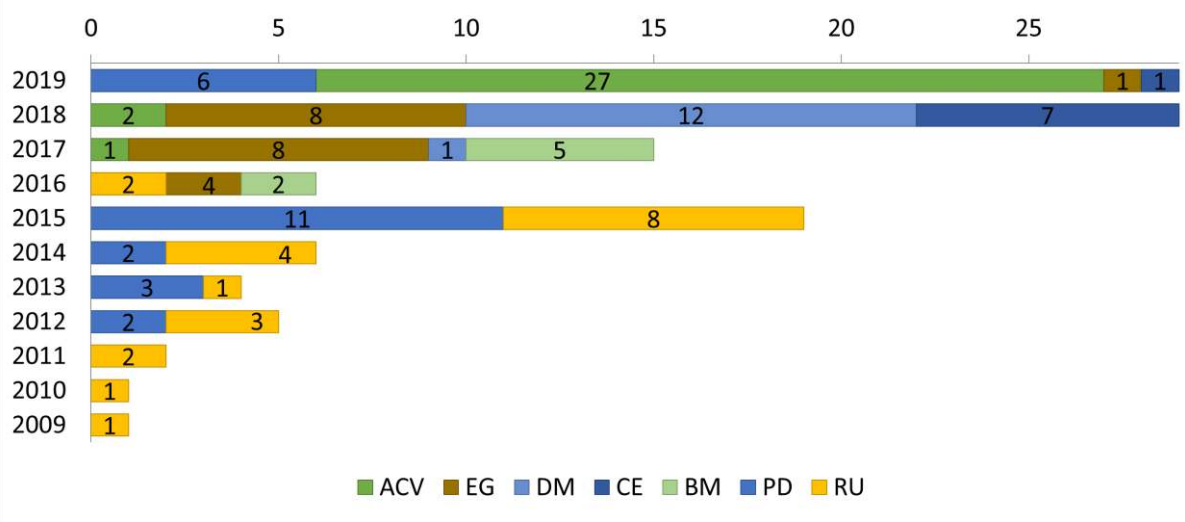


Fonte: os autores.

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

A Figura 3 apresenta a distribuição de publicações durante o intervalo entre 2009 e 2019, por categoria e ano. No ano de 2009, foi publicado 1 artigo, sobre RU. Entretanto, cinco anos após, em 2014, ocorreram 6 publicações, com 4 artigos sobre RU e 2 na área de PD. Observa-se um crescimento significativo de publicações no ano de 2015 em relação aos anos anteriores, com a publicação de 11 artigos na área de PD e 8 artigos sobre RU. No ano de 2019, dez anos após, ocorreram 35 publicações, com 27 artigos em ACV, 6 artigos em PD, 1 artigo em EG e 1 em CE. Dessa forma, há uma ratificação do crescimento tanto de publicações, quanto das áreas de interesses acerca da utilização da metodologia BIM para fomento da circularidade. Ademais, observa-se crescimento recente em publicações com interesse em maior aproveitamento dos materiais (DM) e sobre o uso do BIM para projetos de edifícios como banco de materiais (BM).

Figura 3: Artigos por categoria e ano



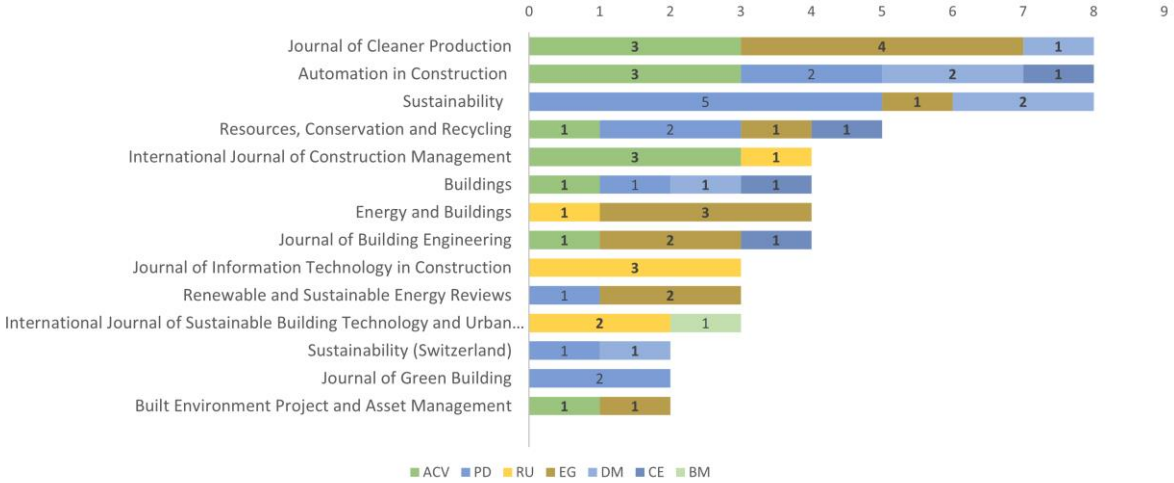
Fonte: os autores.

A Figura 4 apresenta os artigos por veículos de publicação. Somente os veículos com mais de uma publicação foram incluídos nesta análise. O *Journal of Cleaner Production* se destaca com a publicação de artigos em temáticas diversas: quatro artigos sobre EG, três sobre ACV, um sobre DM, um sobre CE, e um sobre PD. Em seguida, destaca-se *Automation in Construction* com três artigos sobre ACV, dois sobre DM, dois publicados sobre PD e um publicado sobre CE. Por fim, também com oito documentos publicados, está o *Sustainability* com cinco publicações sobre PD, duas publicações sobre DM e uma publicação sobre EG.

Quanto à distribuição geográfica das publicações, a Figura 5 traz em maior destaque aqueles países com o maior número de publicações: Estados Unidos com 20 artigos e Austrália e China com 10 artigos cada.

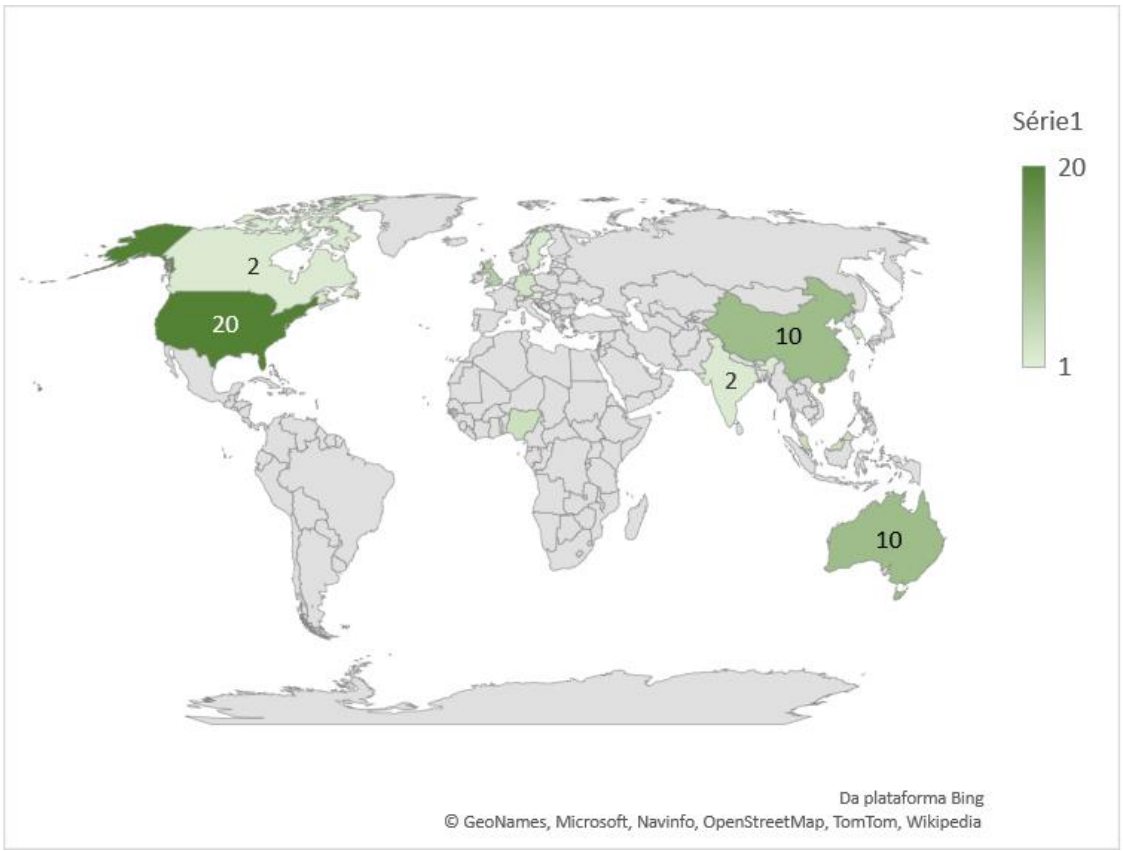
A figura 6 ilustra os autores com o maior número de publicações. Os autores que tiveram apenas uma publicação não foram incluídos nesta análise. “Oyedele L. O.” é um autor que se destaca com artigos em distintas categorias (quatro publicações sobre PD, três sobre DM e um sobre ACV). Em seguida, identifica-se “Akinade, O. O.” com quatro publicações sobre PD e três sobre DM, e “Bilal M.”, com quatro publicações em PD e duas em DM. Cabendo aqui observar que tais autores compartem publicações, como posteriormente será notado na figura 10.

Figura 4: Artigos por veículos de publicação e categorias



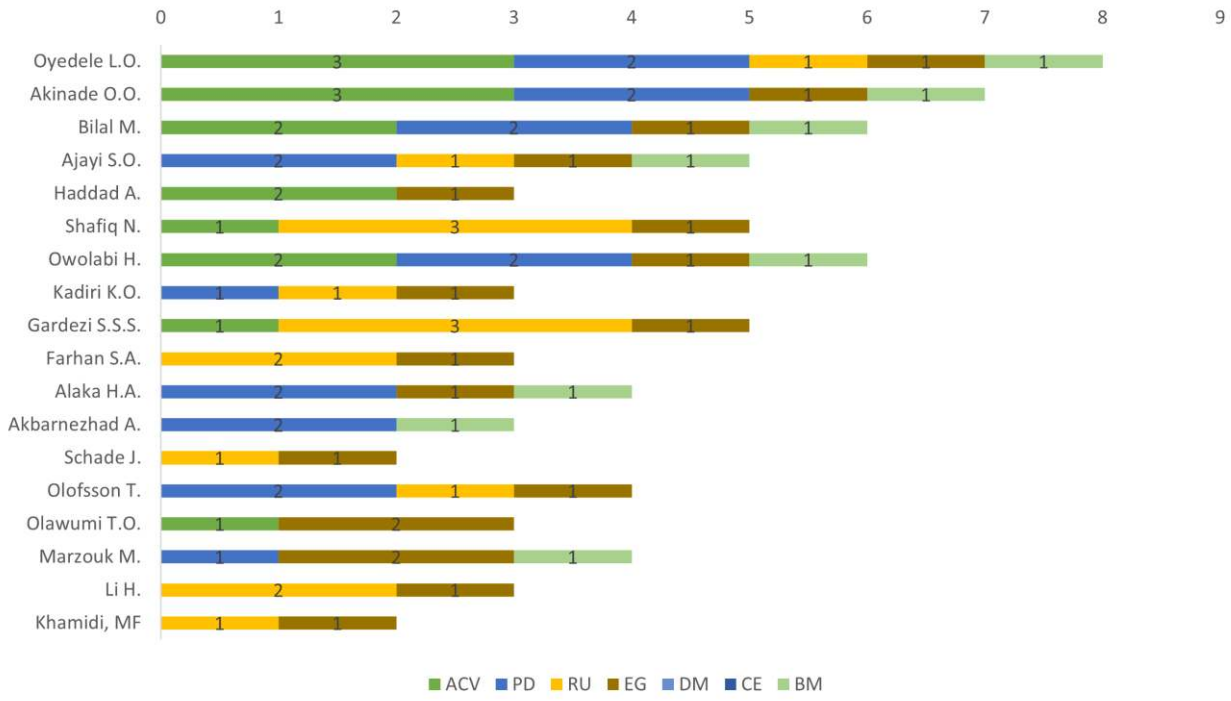
Fonte: os autores.

Figura 5: Artigos por distribuição geográfica



Fonte: os autores.

Figura 6: Autores com maiores números de publicações em periódicos



Fonte: os autores.

ANÁLISE CIENTOMÉTRICA

As categorias temáticas são analisadas a partir de quatro métricas relacionadas a citação na Tabela 1. Duas métricas relacionadas a citações normalizadas foram usadas para prevenir o impacto de percepção equivocada de que publicações anteriores ganham mais tempo para receber citações do que as publicações mais recentes [9]. As citações normalizadas (CN) em questão indicam a influência de dada fonte na publicação de resultados de pesquisa relacionados à metodologia BIM e a circularidade.

As médias das citações normalizadas (MCN) são calculadas de acordo com o número total de citações das publicações pelo somatório das médias das citações publicadas no mesmo ano para o grupo de referência, sendo 1 o valor de referência para os estudos que conseguem atingir a quantidade esperada de citações, com base no seu ano de publicação [9][10]. Neste estudo, a categoria de interesse das publicações forma o grupo de referência empregado na análise.

Diferentemente da CN que mede a influência de uma determinada fonte sem considerar o número de publicações de uma mesma fonte, a MCN é o indicador da influência média na perspectiva da publicação individual. Descrições mais aprofundadas acerca da execução de normalização em uma amostra estabelecida da literatura são apresentadas por Waltman, van Eck, van Leeuwen et al [10].

Os parâmetros aplicados foram o ano médio de publicação e o número de artigos, que são associados aos grupos de referência (categoria de interesse da publicação), bem como a média de citações, as citações normalizadas e a média das citações normalizadas, que são relativos às métricas das citações adquiridas através do *Journal Citation Reports* (JCR).

As categorias que exprimem as maiores quantidades de citações normalizadas são ACV, RU e PD, respectivamente. Contudo, essas três categorias não são as que possuem maiores MCNs. Apesar do grande número de publicações, essas categorias são pouco citadas nos artigos, não obtendo um grande impacto no estado do conhecimento. A categoria que mais se destaca é a CE, com MCN de 1,55 e sete publicações sobre uso do BIM para análise do consumo de energia em edificações.

Tabela 1: Análise de citações por categoria de interesse

Categorias	Ano médio de publicação	Publicações (und)	CitPXM (PlumX Metrics)			
			Citações (und)	Méd. das Cit.	CN	MCN
Consumo de energia (CE)	2018	7	120	17	10,84	1,55
Edifícios como Banco de Materiais (BM)	2017	6	87	15	8,71	1,45
Análise do ciclo de vida (ACV)	2019	28	165	6	30,00	1,07
Restrições de uso (RU)	2014	22	415	19	23,57	1,07
Emissão de Gases (EG)	2017	20	203	10	19,38	0,97
Projeto para Desmontagem (PD)	2015	23	315	14	20,20	0,88
Desperdício de materiais (DM)	2018	13	96	7	8,10	0,62

Fonte: os autores.

A Tabela 2 mostra as CNs dos autores de maiores MCN. De um total de 527 autores distribuídos entre as 125 publicações selecionadas, são destacados 20 autores. Os autores que obtiveram maiores MCN foram “Azab, S.”, “Jagruthi, K.” e “AbouHamad, M.”. Tais autores se destacam por publicações categorizadas em ACV. Todavia, observa-se que eles não são os que possuem as maiores CNs, expressando que embora sejam muito relevantes, possuem um número de publicação inferior, quando comparados com o restante do grupo.

Tabela 2: Citações normalizadas por autores destacados

Autores	Ano Médio de Publicação	Publicações (und)	CitPXM (PlumX Metrics)			
			Citações (und)	Méd. das Cit.	CN	MCN
Azab, S	2017	1	0	0	7,28	7,28
Jagruthi, K	2016	1	2	2	7,28	7,28
AbouHamad, M	2019	1	0	0	7,28	7,28
van Bueren, E	2017	1	0	0	7,23	7,23
van Reijn, B	2019	1	0	0	7,23	7,23
Kovacic, I	2014	1	17	17	6,19	6,19
Kamaruzzaman, AB	2019	2	0	0	11,96	5,98
Lu, YJ	2016	5	4	1	29,91	5,98
Jin, RY	2019	3	0	0	15,98	5,33
Jausovec, M	2015	2	0	0	10,27	5,14
Khoshand, A	2013	1	29	29	5,14	5,14
Zoghi, M	2017	6	3	1	30,82	5,14
Clevenger, C	2015	1	1	1	4,18	4,18
Liu, S	2016	4	3	1	16,74	4,18
Valdes-Vasquez, R	2018	1	0	0	4,18	4,18
Rechberger, H	2017	1	0	0	3,80	3,80
Sibenik, G	2015	1	0	0	3,80	3,80
Szönyi, L	2017	1	0	0	3,70	3,70
Kim, T	2017	1	1	1	3,43	3,43
Lewis, AM	2016	1	1	1	3,43	3,43

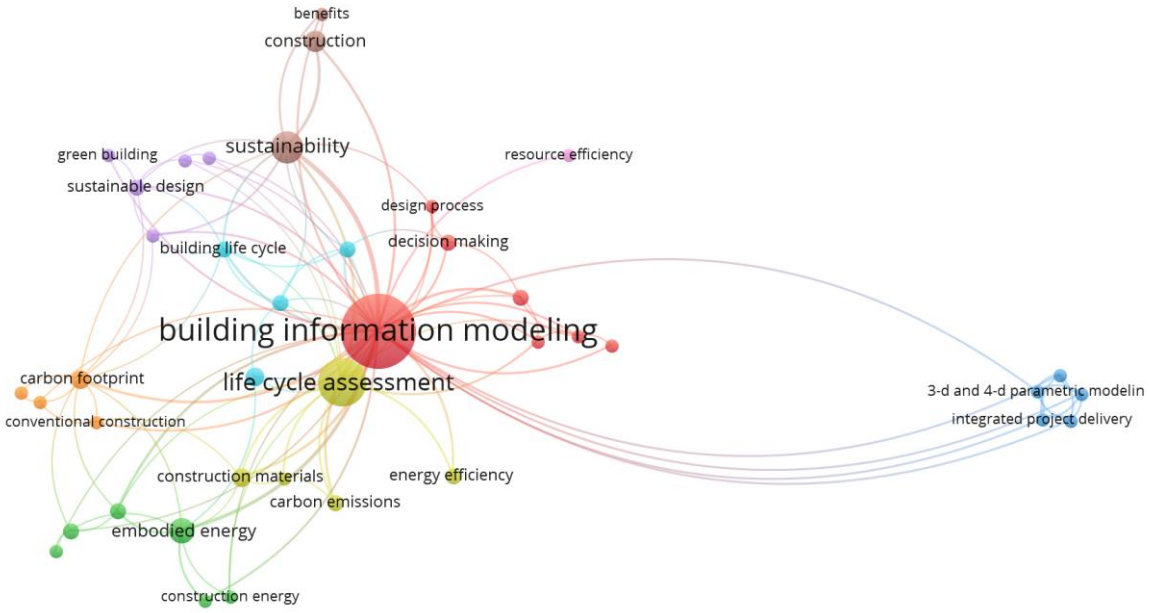
Fonte: autores.

As figuras 7 a 11 estruturam análises de rede efetuadas através do instrumento mineração de texto do VOSviewer. Os círculos exibidos nestas figuras têm suas distancias representadas por uma ligação baseadas no *total link strength* (TLS), correspondente à interação entre os nós e a quantidade de conexões.

A Figura 7 apresenta a rede de co-ocorrência de palavras-chave das publicações selecionadas. A rede escolhida para análise apresenta termos que foram identificados em, pelo menos, dois artigos (duas ocorrências). De um total de 413 termos inicialmente identificados, e procedendo-se a exclusão dos sinônimos, identificou-se uma amostra de 41 palavras-chave (9,93% do total inicial). Como alguns nós não apresentaram conexão com nenhum outro, a rede apresentada na figura 7 mostra uma amostragem final de 39 termos.

Os três termos que obtiveram maiores ocorrências foram*: "building information modeling", "life cycle assessment" e "sustainability"*. *"Building information modeling"* se destaca naturalmente pelo fato de ser o tópico central do assunto de pesquisa. *"Life cycle assesstment"* remete ao assunto em que há a maior quantidade de artigos publicados, ressaltando o interesse específico no meio acadêmico sobre pesquisas que abordem sobre a durabilidade, reuso e formas de descarte de materiais.

Figura 7: Rede de co-ocorrência de palavras-chave



Fonte: os autores

A Figura 8 apresenta a rede de cocitação das referências das publicações selecionadas. Considerando uma amostragem inicial de 3320 artigos citados, a rede escolhida para análise apresenta citações que foram identificadas em, pelo menos, dois artigos, propiciando uma amostra final com 29 citações. Deste total, apenas dez apresentaram conexão, e são exibidos na figura. O estudo desenvolvido por Bilal [11] se destaca com três ocorrências, sendo uma das pesquisas mais citadas dentre o total de 125 publicações selecionadas. O estudo propõe uma estrutura de uso do BIM, observando a relação de entregas para stakeholders do setor, além de identificar e implantar modelos de conhecimento visual. Embora destacado em citações, o estudo não integra a amostra de artigos selecionados, uma vez que trata somente da metodologia BIM, sem citar diretamente seu uso para fomento da EC. Seu destaque em pesquisas sobre o assunto, contudo, deve-se ao fato da importância do papel dos *stakeholders* num contexto de circularidade econômica.

A Figura 10 apresenta a rede de coautoria nas publicações selecionadas. A rede escolhida para análise não considerou limitação na quantidade mínima de ocorrência, visando englobar a maior quantidade possível de pesquisadores. Contudo, houve somente 13 autores conectados, sendo o maior conjunto detectado pelo VOSviewer de conexões. Os autores identificados com maior quantidade de publicações da amostra selecionada (“Oyedele, L.”, “Akinade, O.” e “Bilal, M.”) não foram evidenciados nesta rede, uma vez que ela é composta pela maior rede de conexão e os autores que mais publicaram possuem uma rede, à parte, de conexões próprias.

A Figura 9 apresenta a rede de cocitação de autores nas publicações selecionadas. Considerando uma amostragem inicial de 6267 pesquisadores citados, a rede

escolhida para análise apresenta citações que foram identificadas em, pelo menos, 12 artigos. Do total identificado, apenas 19 apresentaram conexão, e são exibidos na figura.

"Azhar, S." é o primeiro autor mais citado com 25 ocorrências e um TLS de 152, enquanto "Wang, X." é o segundo mais citado com 23 citações e um TLS de 257. Por fim, "Zhang, X." é o terceiro mais citado com 20 citações e um TLS de 282. Isso evidencia que, apesar de mais citado, "Azhar, S." não possui maior força total de link quando comparado a outros autores.

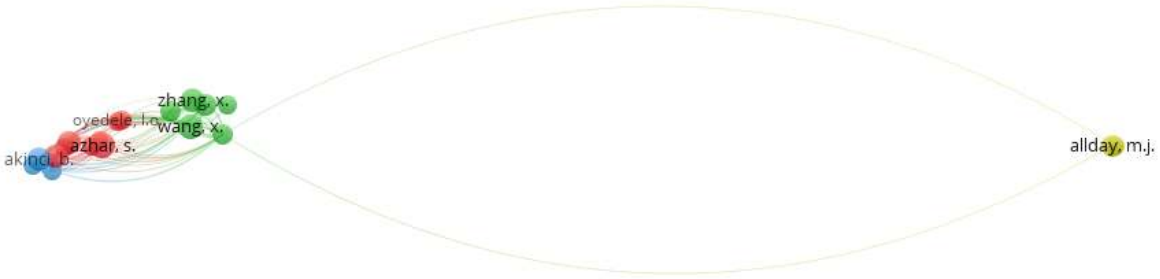
A Figura 11 apresenta a rede de coautoria entre os pesquisadores de maior contribuição nas publicações selecionadas. É possível notar que, apesar de não estar na maior rede de conexão, os três pesquisadores que tiveram maiores contribuições estão presentes na mesma rede de conexão, ressaltando que suas publicações ocorreram de forma conjunta.

Figura 8: Rede de cocitação das referências



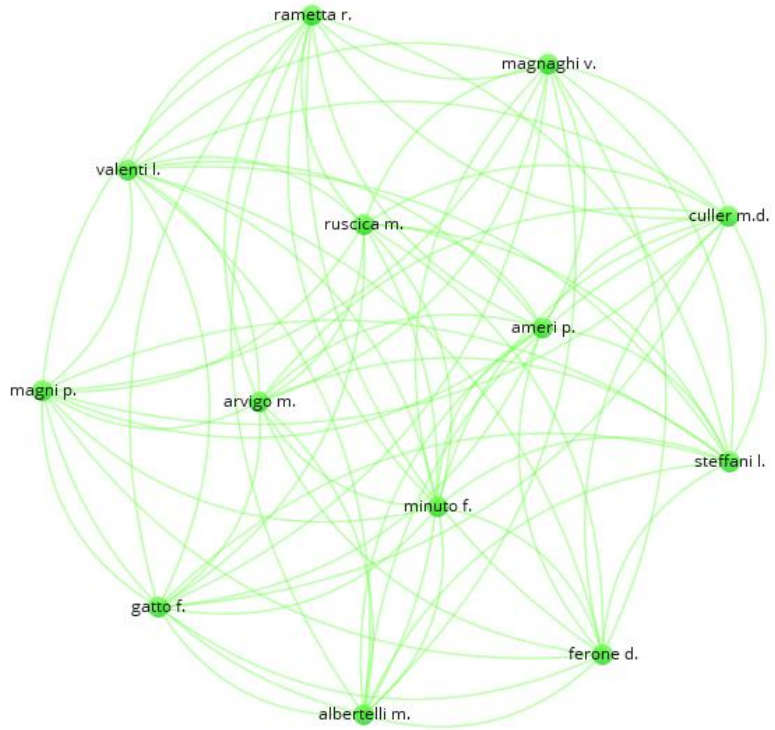
Fonte: os autores.

Figura 9: Rede de cocitação dos autores



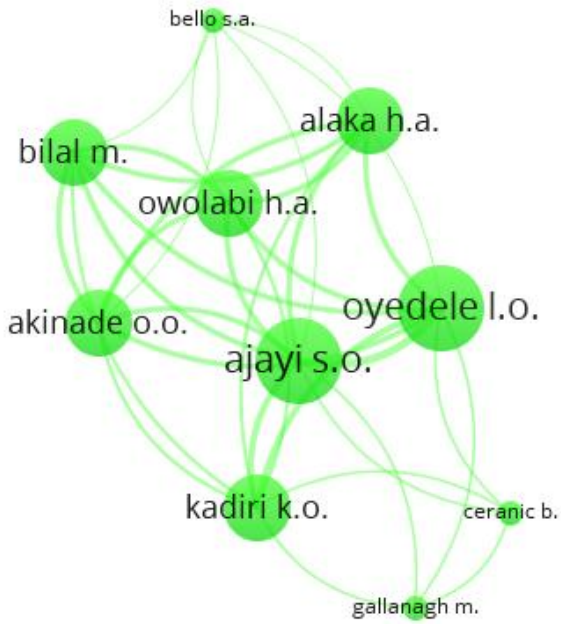
Fonte: os autores.

Figura 10: Rede de coautoria



Fonte: os autores.

Figura 11: Rede de coautoria entre os pesquisadores de maior contribuição



Fonte: os autores.

CONCLUSÃO

Este estudo contribui para o corpo de conhecimento fornecendo uma visão geral de pesquisas de BIM sob a perspectiva da EC na mais recente década. Metodologicamente, este trabalho demonstrou como uma área de pesquisa com vasta literatura poderia ser revisada de forma mais eficaz, estendendo a análise bibliométrica para uma análise cientométrica.

Evidencia-se uma quantidade destacada de artigos sobre ACV e DM, o que demonstra um interesse atual em tais áreas. CE por sua vez, se destaca como a categoria com maior média de citações normalizadas, seguida da categoria BM. Identifica-se uma tendência recente, em especial por estudos sobre ACV, que, em conjunto com estudos sobre PD, BM e CE, mostram contextos aplicados de uso da metodologia BIM para fomento da EC. Nota-se que, ao decorrer do tempo, RU deixou de ser a categoria com maiores publicações, apesar de ter sido a precursora sobre o tema e se destacar em estudos preditivos. Há necessidade de maiores estudos nas categorias BM e EG, em especial; e, de modo geral, para estudos prescritivos. Na análise das citações normalizadas, destacam-se os estudos de "Jagruthi, K" (2016), "Azab, S" (2017) e "AbouHamad, M" (2019). Estes estudos pertencem a categoria ACV e tem MCN de 7,28. Além disso, através do VOSviewer, foi possível determinar que *"building information modeling"* é o termo de maior ocorrência, sucedido por *"life cycle assessment" e "sustainability"*, respectivamente.

Como em qualquer estudo, existem limitações para este artigo. Em primeiro lugar, a amostra de estudos primários pode não ser representativa. A amostra final pode não incluir artigos seminais que tratam de BIM e EC e pode excluir os estudos primários em outros idiomas. Em segundo lugar, o MS foi limitado a artigos que tinham as palavras-chave da *string* de busca. Certamente, existem artigos que discutem os tópicos investigado, mas que não possuem essas palavras-chave.

Pesquisas futuras baseadas em revisão poderiam estender o estudo atual incluindo outras tecnologias emergentes que podem fomentar a EC na construção e outros tipos de publicação como anais de conferências, dissertação e teses.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa PIBIC concedida à primeira autora.

REFERÊNCIAS

[1] ELLEN MACARTHUR FONDATION. **Circular Economy - School of Thought**, 2017. Disponível em: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept/schools-of-thought . Acesso em: 28 fevereiro 2021.

[2] POMPONI, F.; MONCASTER, A.; Circular economy for the built environment: A research framework. **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 710-718, 2016. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.055

[3] BENACHIO, G.L.; FREITAS, M.C.D.; TAVARES, S.F., Circular economy in the construction industry: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v.260, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121046

[4] KITCHENHAM, B. A. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. Version 2.3, EBSE Technical Report, Keele University and University of Durham, UK, 2007.

[5] KONDA, B.M.; MANDAVA K. K. **A systematic mapping study on software reuse**. MS thesis: Blekinge Institute of Technology, Sweden, 85p, 2010.

[6] AGOSTINHO, H. L.; GRANJA, A. Comparação de Modelos Contratuais na Construção Civil: Um Mapeamento Sistemático de Literatura. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

[7] PAI, M.; MCCULLOCH, M.; GORMAN, J. D.; PAI, N.; ENANORIA, W.; KENNEDY, G.; THARYAN, P.; COLFORD JR, J. M. Systematic reviews and meta-analyses: an illustrated, step-by-step guide. **National Medical Journal Of India**, v. 17, n. 2, p. 86-95, 2004.

[8] WANG, Y.; HAN, J.H.; BEYNON-DAVIES, P. Understanding blockchain technology for future supply chains: a systematic literature review and research agenda. **Supply Chain Management**, v. 24 No. 1, p. 62-84, 2019. DOI: https://doi.org/10.1108/SCM-03-2018-0148

[9] WANG, L.; HUANG, M.; ZHANG, X.; JIN, R.; YANG, T. Review of BIM Adoption in the Higher Education of AEC Disciplines. **Journal of Civil Engineering Education**, v. 146, n.3, p. 1-6, 2020. DOI: https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.2643-9115.0000018

[10] WALTMAN, L., van ECK, N.J., van LEEUWEN, T.N. et al. Towards a new crown indicator: an empirical analysis. **Scientometrics**, v. 87, p.467–481, 2011. DOI: https://doi.org/10.1007/s11192-011-0354-5

[11] SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders, **Automation in Construction**, v.18, n. 3, p. 357-375, 2009. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003