

Economia Circular Aplicada aos Resíduos da Construção Civil: revisão de literatura

Circular Economy Applied to Construction and Demolition Waste: literature review

Beatriz Leão Evangelista de Lara, Mestra, Faculdade de Tecnologia - UNICAMP

beatriz.e.leao@gmail.com

Eloísa Dezen-Kempter, Doutora, Faculdade de Tecnologia - UNICAMP

eloisak@unicamp.br

Carmenlucia Santos G. Penteado, Doutora, Faculdade de Tecnologia - UNICAMP

carmenlucia@ft.unicamp.br

Resumo

O gerenciamento adequado dos resíduos da construção civil (RCC) é um desafio global frente a implantação da economia circular (EC), devido à geração de grandes volumes e à predominante prática de disposição em aterros. Este trabalho tem como objetivo apresentar o estado da arte das pesquisas relacionadas à aplicação da EC na gestão dos RCC, a fim de identificar avanços e lacunas neste campo de estudo. Foi realizada uma revisão de literatura nas bases de dados *Science Direct*, *Web of Science*, *Scopus*, *Scielo* e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, resultando em 58 publicações selecionadas. As publicações foram analisadas quanto ao ano, periódico da publicação, tipo de estudo, localização do primeiro autor, localização do estudo, objetivo, metodologia aplicada e estratégia de EC aplicada. Notou-se um déficit em publicações provenientes do Brasil, logo, pesquisas devem ser conduzidas no país, a fim de disseminar a circularidade dos RCC, considerando o cenário real.

Palavras-chave: Resíduos da Construção Civil; Economia Circular; Revisão de Literatura.

Abstract

Adequate management of construction and demolition waste (CDW) is a global challenge in view of the implementation of the circular economy (EC) due to the large volume generation and disposal in landfills being predominant. This study aims to present the state of the art of studies that apply the concepts of CE to CDW, in order to identify gaps in this field of study. A literature review was carried out in the Science Direct, Web of Science, Scopus, Scielo and Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations databases, resulting in 58 selected publications. The publications were analyzed according to the year, publication periodical, type of study, location of the first author, location of the study, purpose, applied methodology and applied circular economy strategy. There was a deficit in publications coming from Brazil, so research must be conducted in the country, in order to disseminate the circularity of the RCC, considering the real scenario.

Keywords: *Construction and Demolition Waste; Circular Economy; Literature Review.*

1. Introdução

Em consequência das alterações no clima, flora e fauna, decorrentes das atividades antropogênicas, a preocupação com o desenvolvimento sustentável tem crescido significativamente. Os princípios do desenvolvimento sustentável não compreendem apenas o desenvolvimento humano, mas também a sustentação da capacidade dos sistemas naturais para fornecer recursos e serviços socioeconômicos (WANG et al., 2019).

A indústria da construção desempenha forte influência sobre os três aspectos da sustentabilidade (econômica, ambiental e social), afeta diretamente o desenvolvimento econômico e social dos países, fornece oportunidades de emprego e renda e contribui para o produto interno bruto (RUIZ et al., 2020). No entanto, o setor da construção também ocasiona sérios problemas ambientais, dado o elevado consumo de recursos materiais e energéticos nas fases de extração de matérias-primas, construção, uso e fim de vida. Dentre os fatores que mais contribuem na geração de impactos ambientais deste setor, figuram a geração de resíduos da construção civil (RCC), a produção e consumo de materiais de construção (ESTANQUEIRO et al., 2018).

Os RCC são gerados em processos de construção, demolição e renovação de edificações e trabalhos da engenharia civil; são compostos de concretos, argamassas, tijolos, terra escavada, metal, vidro, gesso, madeira, plástico, amianto e diversos polímeros (SILVA et al., 2017). Estes resíduos representam grandes desafios para o setor da construção, devido à geração de grandes volumes e seus impactos ambientais associados, que incluem a degradação do solo, esgotamento de aterro, emissões de carbono e gases de efeito estufa, poluição da água, alto consumo de energia e esgotamento de recursos (DING et al., 2016).

Os RCC constituem o maior fluxo de resíduo em todo o mundo – 30% a 40% do total de resíduos sólidos (JIN et al., 2018). Na Europa, os RCC representaram 36% dos resíduos gerados em 2016 (EUROSTAT, 2019), enquanto nos Estados Unidos essa proporção se aproximou de 67% (USEPA, 2016), e na China, estimou-se uma geração de 2,5 bilhões de toneladas geradas em 2015 (DUAN et al., 2019). No Brasil, segundo a Abrelpe (2019), em 2018 foram coletadas 44×10^6 t de RCC; estas quantidades referem-se aos pequenos geradores, e não consideram as frações dos grandes geradores. Assim, pode-se inferir que a geração no país é muito maior.

Embora exista o interesse em efetuar práticas de recuperação, como a reutilização e a reciclagem, na maioria dos casos o gerenciamento de resíduos é ineficiente, ocasionando grandes volumes de resíduos descartados em aterros ou mesmo dispostos ilegalmente sem medidas de proteção ambiental (RUIZ et al., 2020), e apenas 20% a 30% dos RCC são recuperados globalmente (WORD ECONOMIC FORUM, 2016).

Frente os desafios ambientais oriundos do atual modelo de economia linear - *pegar, consumir, descartar*, o setor da construção precisa internalizar novas estratégias de construção, focadas na problemática dos RCC. Assim, a transição para uma economia circular (EC) é vista como uma alternativa para reduzir os impactos ambientais e contribuir para o crescimento econômico, constituindo um novo sistema que promove a valorização dos materiais ao longo do ciclo de vida e minimiza o desperdício (RUIZ et al., 2020).

A Fundação Ellen MacArthur em 2013, introduziu o conceito de EC como uma economia industrial que é regenerativa ou restaurativa por intenção e design. O termo regenerativo representa que as atividades são baseadas no valor de viver dentro dos limites dos recursos renováveis disponíveis sem causar degradação ambiental (LIEDER e RASHID, 2016). O objetivo geral da EC é alcançar estratégias nacionais para prevenção da disposição

em aterro, suprimento de recursos, redução de gases de efeito estufa e gerenciamento de resíduo, após a circularização de materiais. E tem como princípios básicos os 3R: redução, reuso e reciclagem. Além dos 3R's, deve-se incluir – dependendo do processo, etapas de “repensar” e “redesenhar”, para maximizar a eficiência de recursos (ESA et al., 2017a).

Neste sentido, este artigo tem como objetivo apresentar o estado da arte das pesquisas que aplicam os conceitos da economia circular aos resíduos da construção civil, a fim de identificar avanços e lacunas neste campo de estudo, por meio de uma revisão sistemática da literatura.

2. Procedimentos Metodológicos

A revisão de literatura foi conduzida por meio da metodologia PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), que é muito utilizada para realizar revisões sistemáticas de literatura (MOHER et al., 2009).

A busca foi realizada nas bases de dados *Web of Science*, *Scopus* e *Science direct*, Scielo e BDTD (Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações), utilizando as palavras-chaves presentes na tabela 1. Na base de dados *Science Direct*, a busca foi realizada no item ‘advanced search: Title, abstract or author-specified keywords; na *Web of Science* foi utilizado a busca por tópico; na *Scopus* por ‘Article title, abstract, keyword e na BDTD a busca foi selecionada para ‘todos os campos’. A busca nas bases de dados resultou 58 publicações selecionadas (Figura 1), que foram analisadas quanto ao ano, tipo de estudo, localização do primeiro autor, localização dos autores, localização do estudo, objetivo, metodologia aplicada e estratégia da economia circular aplicada.

Base de dados	String de busca
Science Direct, Web of Science, Scopus	(“construction and demolition waste” OR “construction waste” OR “demolition waste” OR “C&DW” OR “C&DW” or “CDW”) AND (“circular economy”)
BDTD e Scielo	(“resíduo da construção civil” OR “resíduo da construção e demolição” OR “RCC” OR “RCD”) AND (“economia circular”)

Tabela 1: String de busca utilizadas nas bases de dados. Fonte: Elaborado pelos autores.

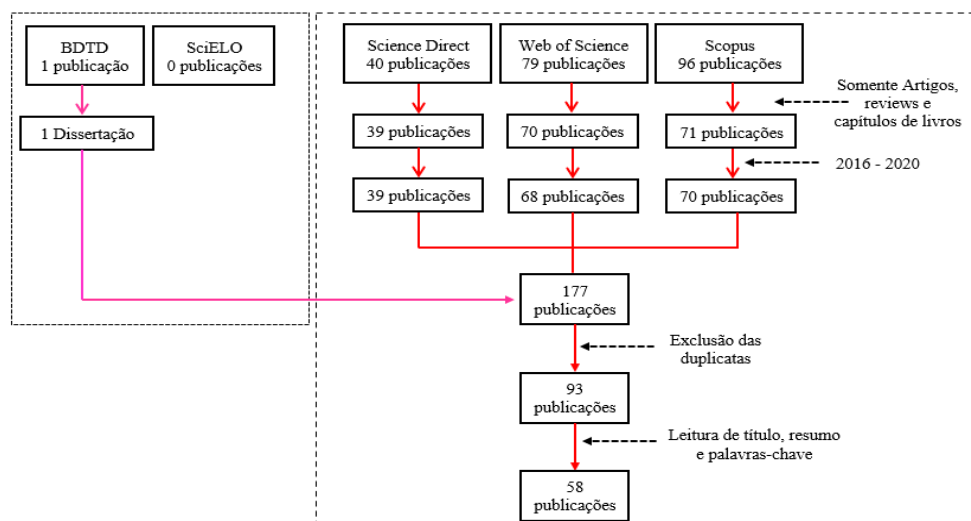


Figura 1: Fluxograma da revisão sistemática de literatura. Fonte: Elaborado pelos autores.

3. Resultados

A análise da revisão de literatura indica atualidade e relevância do tema (Figura 2), e permite visualizar que o tema desta pesquisa foi impulsionado a partir de 2017, visto que o número de publicações passou de 2 em 2016 para 11 em 2017, e para 18 em 2019. Considerando os dados incompletos de 2020 (até maio de 2020), ainda assim o ano de 2019 e 2020 representam 60% das pesquisas; isso sugere um crescente interesse da comunidade científica na adoção da EC no âmbito do gerenciamento de RCC.

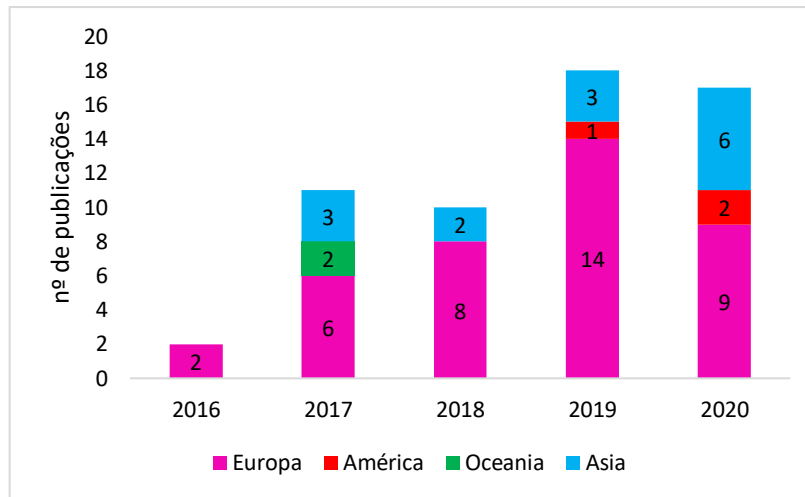


Figura 2: Evolução temporal dos estudos analisados. Fonte: Elaborado pelos autores.

O continente Europeu representa 67% das publicações, lideradas pelo Reino Unido (9), seguido da Espanha (8), Itália (5) e Alemanha (4). Aproximadamente um terço do total de resíduos gerados no continente são provenientes do setor de construção e demolição, onde Reino Unido, França e Alemanha são os principais contribuintes (MIHAI, 2019), e neste sentido, a legislação ambiental tem nos últimos anos enfatizado a importância da preservação dos recursos através de estratégias preventivas e de recuperação de materiais nos ciclos produtivos.

No Reino Unido, para atingir a meta de ‘zero aterro’ para RCC, o setor da construção passou a considerar o ciclo de vida total dos resíduos na fase de projeto, apresentando um plano para a reciclagem dos mesmos; além disso, foram publicados regulamentos específicos para a gestão de RCC e para o processo de reciclagem, a fim de registrar a quantidade e o tipo de resíduo gerado no canteiro de obras. Foi criado também o *Waste Resources Action Program*, que realizou uma série de trabalhos para aumentar a taxa reciclagem e reduzir o envio de RCC para aterro, incluindo o auxílio financeiro às usinas de reciclagem, e a criação de uma taxa com aumento gradual para disposição de RCC em aterro, para impulsionar o desenvolvimento de tecnologias de reciclagem (LEI et al., 2020).

O continente Asiático é representado principalmente pela China (5 publicações) e Hong Kong (3 publicações). Apesar da grande geração de RCC na China (30% a 40% dos fluxos de resíduos totais), menos de 5% dos RCC são reutilizados ou reciclados; essa baixa porcentagem decorre das deficiências nas políticas e métodos de gestão de RCC no país, o que demanda estudos para implementar políticas que priorizem a redução na fonte e a economia circular (HUANG et al., 2018). Do mesmo modo, Bao et al. (2019) destacam que

em 2017 em Hong Kong foram geradas 4207 toneladas de RCC por dia, sendo a disposição em aterro a prática mais comum.

As publicações no continente americano foram representadas pelos Estados Unidos (1) e o Brasil (2). No Brasil, desde 2002 a Resolução CONAMA nº 307 estabelece que os RCC devem ser reciclados na forma agregados para posterior uso em obras de construção ou pavimentação, ou destinados para aterros de resíduos inertes para reservação e uso futuro (BRASIL, 2002). No entanto, de acordo com Nunes e Mahler (2020), apenas 8% dos RCC coletados no Brasil em 2015 foram destinados à reciclagem ou aterro de inertes, e, portanto, os 92% restantes não foram reciclados ou reservados para uso futuro. Além disso os autores destacam alguns fatores que influenciam na viabilidade econômica da reciclagem de RCC no Brasil, como: baixo custo dos agregados naturais e abundância destes recursos, baixa qualidade do material reciclado, inexistência de legislação que incentive o uso de agregado reciclado, elevada carga tributária e desconhecimento do mercado de agregados reciclados.

Munaro *et al.* (2020) afirmam que Brasil e Estados Unidos ainda não têm relevância no meio acadêmico sobre práticas circulares aplicadas aos RCC, e indica que mais estudos científicos precisam ser conduzidos e aplicados nestes países.

Os estudos, quando apresentam a localização do cenário analisado, concentram-se principalmente no continente Europeu (60% da localização dos estudos), seguido do continente Asiático (13 publicações) e América (5 publicações). Esse déficit em estudos que consideram o cenário real do continente americano, em específico o Brasil (apenas 1 estudo), indica a necessidade de mais pesquisas, como mecanismo de disseminar e fomentar a adoção da EC nas atividades da construção civil.

A literatura tem sido dividida em estudo de caso e teórico; os estudos de caso são estudos que analisam cenários reais em uma determinada região, já os teóricos são estudos de revisão sobre determinado assunto. Nas publicações analisadas, 39 foram classificadas como estudos de casos, 17 como teóricos e 2 são capítulos de livros. Os capítulos de livros abordaram uma visão geral sobre os materiais de construção na China e modos de estimular o uso de materiais verdes a partir da Avaliação do Ciclo de Vida (LEI *et al.*, 2020), e os resultados de um estudo realizado com a aplicação dos princípios da economia circular através de todo o processo de regeneração do estoque de construção, destacando os desafios, oportunidades e diversos temas chaves para pesquisas futuras (GIORGI *et al.*, 2020).

Dos estudos de revisão, os principais objetivos foram analisar o potencial de incorporar os conceitos da economia circular para minimizar os RCC e melhorar o gerenciamento dos mesmos (ESA *et al.*, 2017a; SAKAI *et al.*, 2017; GHISELLINI *et al.*, 2018a; MAHPOUR, 2018; JIN *et al.*, 2019; ASLAM *et al.*, 2020), incorporar práticas mais sustentáveis no setor da construção (GHISELLINI *et al.*, 2018b; RUIZ *et al.*, 2020; GALLEGOS-SCHMID *et al.*, 2020; RAKHSHAN *et al.*, 2020), sobre as práticas de design para desconstrução que auxiliam na incorporação da economia circular (AKINADE *et al.*, 2019), sobre agregados reciclados (CHEN *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2019), produção de materiais de construção com menores impactos ambientais (ORSINI e MARRONE, 2019), avaliar a adaptabilidade dos testes não destrutivos para avaliar os RCC (JASKOWSKA-LEMAŃSKA e SAGAN, 2019), analisar como o ambiente construído discute e estuda a economia circular (MUNARO *et al.*, 2020) e sobre os progressos e pesquisas sobre o estoque (como fonte de recursos) do ambiente construído (LANAU *et al.*, 2019). Quanto aos estudos de caso, o quadro 1 apresenta o mapeamento da revisão contemplando o foco principal, as abordagens específicas e os autores.

Foco principal	Abordagem/Materiais	Autores
Materiais	Gesso	JIMÉNEZ-RIVERO et al., 2016; 2017 JIMÉNEZ-RIVERO e NAVARRO, 2017a;2017b
	Madeira	ROSE et al., 2018 RAMÍREZ et al., 2020
	Plástico	LAHTELA et al., 2019
	Aço	RIOS et al., 2019
	Concreto	ZHANG et al., 2020
	Análise de fluxo de material	SCHILLER et al., 2017
RCC	EC aplicado a estratégias de gestão de RCC	ESA et al., 2017b GALVÉZ-MARTOS et al., 2018 HUANG et al., 2018 ZANNI et al., 2018 SANTOS et al., 2019 HOSSAIN e NG, 2019 MIHAI, 2019 BAO e LU, 2019 GHAFAR et al., 2020 NUNES e MAHLER, 2020
	Reciclagem de RCC	CRAMER, 2018 BAO et al., 2019 NOLL et al., 2019 JAIN et al., 2020
	Agregados reciclados de RCC	MIATTO et al., 2017 CUENCA-MOYANO et al., 2019 NUBHOLZ et al. 2019 DROCHYTKA et al. 2020 HAHLADAKIS et al., 2020
	Uso de BIM (Building Information Model) para predição de RCC	AKANBI et al., 2018 AKINADE e OYEDELE, 2019 JAYASINGHE et al., 2020
3R	Mineração Urbana	ORTLEPP et al., 2016 COUDRAY et al., 2017 ORTLEPP et al., 2018 ARORA et al., 2020
Conscientização	Consciência e disposição do setor em aplicar os conceitos da EC	ADAMS et al., 2017 LIU et al., 2017 VOLK et al., 2019

Quadro 1. Mapeamento dos estudos de caso. Fonte: elaborado pelos autores.

Dentre as estratégias de EC (prevenção, redução, reuso e reciclagem), nota-se que a prevenção e a redução são pouco abordadas nos estudos, mesmo que estejam no topo da hierarquia do gerenciamento de resíduos (Figura 3). Segundo Ruiz *et al.* (2019), a maior parte das pesquisas atuais estão focadas em opções de recuperação – após o resíduo ser gerado. Neste sentido, verificou-se nesta pesquisa que o princípio dos 3R foi o mais abordado, e embora o reuso seja mais benéfico do ponto de vista ambiental em relação à reciclagem, esta estratégia ainda é predominante entre os estudos analisados.

Considerando a prevenção, Akinade e Oyedele (2019) desenvolveram uma ferramenta computacional para ser inserida no BIM, a fim de prever os resíduos da construção a partir dos projetos de edificações em etapas de design, aumentando a sustentabilidade da edificação. Já Ghisellini *et al.* (2018b), a partir de uma revisão de literatura, exploraram alternativas de gerenciamento de RCC na China, e identificaram que estratégias de produção mais limpa (P+L) focadas na prevenção de RCC ainda não são totalmente implementadas na indústria da construção, principalmente devido às barreiras econômicas e legislativas.

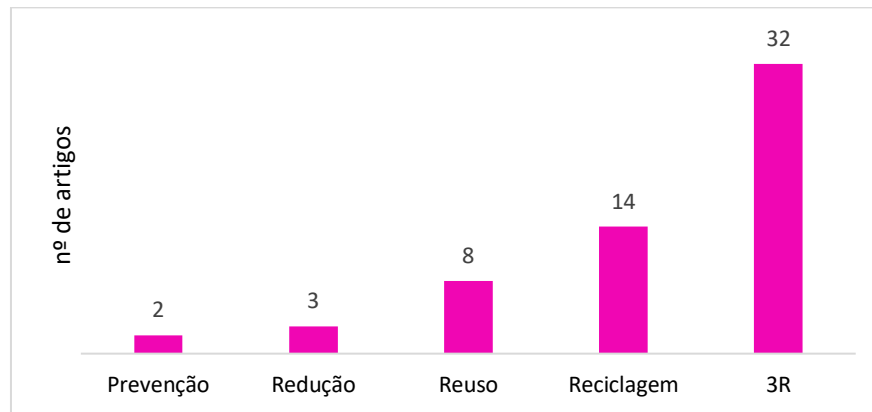


Figura 3: Estratégias da EC aplicadas nos estudos. Fonte: Elaborado pelos autores.

Quanto às estratégias para redução, as etapas de planejamento e design se destacam na minimização de RCC ao longo da cadeia construtiva (ESA et al., 2017a), bem como a escolha de métodos construtivos mais modernos e a seleção apropriada dos materiais (ESA et al., 2017b). Liu *et al.* (2017) analisaram os fatores que influenciam na disposição dos trabalhadores em reduzir a geração de RCC e identificaram que embora eles tenham senso de redução, possuem baixa capacidade no controle dos obstáculos externos, como equipamentos inadequados, cronogramas curtos, pequeno espaço de operação, entre outros, fazendo com que raramente eles implementem práticas de redução.

4. Considerações Finais

A partir da análise do estado da arte sobre estudos de EC aplicados aos RCC, verifica-se que a EC é um tema emergente e de crescente interesse a fim de auxiliar no desenvolvimento sustentável.

O déficit de publicações provenientes do Brasil e que considerem o cenário real brasileiro evidencia uma demanda por estudos neste país. Portanto, sugere-se que estudos futuros se concentrem em aplicar os conceitos da EC aos RCC, considerando cenários reais, a fim de disseminar a circularidade destes materiais.

Embora as estratégias de EC analisadas sejam benéficas, verifica-se uma demanda por estudos que busquem a prevenção dos resíduos em vez da gestão dos resíduos, uma vez que na hierarquia do gerenciamento de resíduos, ela está no topo da tomada de decisões. Vale ressaltar que a prevenção abrange a redução da quantidade e diminuição do grau de toxicidade do resíduo gerado, além da redução dos impactos adversos ao ambiente.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

ABELPRE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018/2019**. Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2019.

ADAMS, K. T.; OSMANI, M.; THORPE, T.; THORNBACK, J. **Circular economy in construction: current awareness, challenges and enablers**. Waste and Resource Management, v. 170, p. 15-24. 2017.

AKANBI, L. A.; OYEDELE, L. O.; AKINADE, O. O.; AJAYI, A. O.; DELGADO, M. D.; BILAL, M.; BELLO, S. A. **Salvaging building materials in a circular economy: A BIM-based whole-life performance estimator**. Resources, Conservation & Recycling, v. 129, p. 175–186. 2018.

AKINADE, O. O.; OYEDELE, L. O. **Integrating construction supply chains within a circular economy: An ANFIS-based waste analytics system (A-WAS)**. Journal of Cleaner Production, v. 229, p. 863-873. 2019a.

ARORA, M.; RASPALL, F.; CHEAD, L.; SILVA, A. **Buildings and the circular economy: Estimating urban mining, recovery and reuse potential of building components**. Resources, Conservation & Recycling, v. 154, p. 104581. 2020.

ASLAM, M. S.; HUANG, B.; CUI, L. **Review of construction and demolition waste management in China and USA**. Journal of Environmental Management, v. 264, 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.

BAO, Z.; LU, W.; CHI, B.; YUAN, H.; HAO, J. **Procurement innovation for a circular economy of construction and demolition waste: Lessons learnt from Suzhou, China**. Waste Management, v. 99, p. 12–21. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução no 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente, Brasília, 17 jul. 2002, Seção 1, p. 95-96.

COUDRAY, C.; AMANT, V.; CANTEGRIT, L.; BOCQ, A. L.; THERY, F.; DENOT, A.; EISENLOHR, L. **Influence of Crushing Conditions on Recycled Concrete Aggregates (RCA) Leaching Behaviour**. Waste Biomass Valor, v. 8, p. 2867–2880. 2017.

CUENCA-MOYANO, G.; MARTÍN-MORALES, M.; BONOLI, A.; VALVERDE-PALACIOS, I. **Environmental assessment of masonry mortars made with natural and recycled aggregates**. The International Journal of Life Cycle Assessment, v. 24, p. 191–210. 2019.

CHEN, W.; JIN, R.; XU, Y.; WANATOWSKI, D.; LI, B.; YAN, L.; PAN, Z.; YANG, Y. **Adopting recycled aggregates as sustainable construction materials: A review of the scientific literature**. Construction and Building Materials, v. 218, p. 483–496. 2019.

CRAMER, J. **Key Drivers for High-Grade Recycling under Constrained Conditions**. Recycling, v. 3, p. 16. 2018.

DING, T.; XIAO, J.; TAM, Y. W. V. **A closed-loop life cycle assessment of recycled aggregate concrete utilization in China**. Waste Management, v. 56, p.367–375. 2016.

DROCHYTA, R.; DUFEK, Z.; MICHALCIKOVA, M.; HODUL, J. **Study of Possibilities of Using Special Types of Building and Demolition Waste in Civil Engineering**. Periodica Polytechnica-Civil Engineering, v. 64, p. 304-314. 2020.

- DUAN, H.; MILLER, R. T.; LIU, G.; TAM, Y. W. V. **Construction debris becomes growing concern of growing cities.** Waste Management, v. 83, p. 1–5. 2019.
- ESA, M. R.; HALOG, A.; RIGAMONTI, L. **Developing strategies for managing construction and demolition wastes in Malaysia based on the concept of circular economy.** Journal of Material Cycles and Waste Management, v. 19, p. 1144–1154. 2017a.
- ESA, M. R.; HALOG, A.; RIGAMONTI, L. **Strategies for minimizing construction and demolition wastes in Malaysia.** Resources, Conservation and Recycling, v. 120, p. 219–229. 2017b.
- ESTANQUEIRO, B.; SILVESTRE, J. D.; DE BRITO, J.; PINHEIRO, M. D. **Environmental life cycle assessment of coarse natural and recycled aggregates for concrete.** European Journal of Environmental and Civil Engineering, v. 24, p. 429–449. 2018.
- EUROSTAT. **Eurostat – Statistics Explained: Waste statistics related to year 2016.** Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics>. Acesso em 17/12/2019.
- GALLEGO-SCHMID, A.; CHEN, H. M.; SHARMINA, M.; MENDOZA, J. M. F. **Links between circular economy and climate change mitigation in the built environment.** Journal of Cleaner Production, v. 260, p. 121115. 2020.
- GÁLVEZ-MARTOS, J. L.; STYLES, D.; SCHOENBERGER, H.; ZESCHMAR-LAHL, B. **Construction and demolition waste best management practice in Europe.** Resources, Conservation & Recycling, v. 136, p. 166–178. 2018.
- 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.
- GHISELLINI, P.; RIPA, M.; ULGIATI, S. **Exploring environmental and economic costs and benefits of a circular economy approach to the construction and demolition sector. A literature review.** Journal of Cleaner Production, v. 178, p. 618–643. 2018a.
- GHISELLINI, P.; LIU, G.; ULGIATI, S. **Evaluating the transition towards cleaner production in the construction and demolition sector of China: A review.** Journal of Cleaner Production, v. 195, p. 418–434. 2018b.
- GIORGI, S.; LAVAGNA, M.; CAMPIOLI, A. **Circular Economy and Regeneration of Building Stock: Policy Improvements, Stakeholder Networking and Life Cycle Tools.** Regeneration of the Built Environment from a Circular Economy Perspective. 2020.
- HAHLADAKIS, J. N.; PURNELL, P.; ALJABRI, H. M. S. J. **Assessing the role and use of recycled aggregates in the sustainable management of construction and demolition waste via a mini-review and a case study.** Waste Management & Research, v. 38, p. 460–471. 2020.
- HOSSAIN, M. U.; NG, S. T. **Influence of waste materials on buildings’ life cycle environmental impacts: Adopting resource recovery principle.** Resources, Conservation & Recycling, v. 142, p. 10–23. 2019.
- 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 & Recycling, v. 129, p. 36–44. 2018.

- JAIN, S.; SINGHAL, S.; PANDEY, S. **Environmental life cycle assessment of construction and demolition waste recycling: A case of urban India.** Resources, Conservation & Recycling, v. 155, p. 104642. 2020.
- JASKOWSKA-LEMAŃSKA, J.; SAGAN, J. **Non-Destructive Testing Methods as a Main Tool Supporting Effective Waste Management in Construction Processes.** Archives of Civil Engineering, v. 65. 2019.
- JAYASINGHE, L. B.; WALDMANN, D. **Development of a BIM-Based Web Tool as a Material and Component Bank for a Sustainable Construction Industry.** Sustainability, v.12, p. 1766. 2020.
- JIMÉNEZ-RIVERO, A. SATHRE, R.; NAVARRO, J. G. **Life cycle energy and material flow implications of gypsumplasterboard recycling in the European Union.** Resources, Conservation and Recycling, v. 108, p. 171–181. 2016.
- JIMÉNEZ-RIVERO, A.; NAVARRO, J. G. **Exploring factors influencing post-consumer gypsum recycling and landfilling in the European Union.** Resources, Conservation and Recycling, v. 116, p. 116–123. 2017a.
- JIMÉNEZ-RIVERO, A.; NAVARRO, J. G. **Best practices for the management of end-of-life gypsum in a circular economy.** Journal of Cleaner Production, v. 167, p. 1335-1344. 2017b.
- JIMÉNEZ-RIVERO, A.; BÁEZ, A. G.; NAVARRO, J. G. **Enhanced On-Site Waste Management of Plasterboard in Construction Works: A Case Study in Spain.** Sustainability, v. 9, p. 450. 2017.
- JIN, R.; GAO, S.; CHESHMEHZANGI, A.; ABOAGYE-NIMO, E. **A holistic review of off-site construction literature published between 2008 and 2018.** Journal of Cleaner Production, v. 202, p. 1202-1219. 2018.
- 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 & Recycling, v. 140, p. 175–188. 2019.
- LAHTELA, V.; HYVÄRINEN, M.; KÄRKI, T. **Composition of Plastic Fractions in Waste Streams: Toward More Efficient Recycling and Utilization.** Polymers, v. 11, p. 69. 2019.
- LANAU, M.; LIU, G.; KRAL, U.; WIEDENHOFER, D.; KEIJZER, E.; YU, C.; WHLERT, C. **Taking Stock of Built Environment Stock Studies: Progress and Prospects.** Environmental Science & Technology, v. 53, p. 8499–8515. 2019.
- LEI, J.; HUANG, B.; HUANG, Y. **Life cycle thinking for sustainable development in the building industry.** Elsevier - Life Cycle Sustainability Assessment for Decision-Making: Chapter 6. 2020.
- LIEDER, M.; RASHID, A. **Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry.** Journal of Cleaner Production, v. 115, p. 36-51. 2016.
- LIU, J. LI, G.; LI, H.; WANG, Z. **Planned Behavior Theory-based Study on the Influencing Factors in Construction Waste Reducing Willingness with Construction Workers as an Example.** Ekoloji, v. 26, p. 13-28. 2017.

- MAHPOUR, A. **Prioritizing barriers to adopt circular economy in construction and demolition waste management.** *Resources, Conservation & Recycling*, v. 134, p. 216–227. 2018.
- MIATTO, A.; SHANDL, H.; WIEDENHOFER, D.; KRAUSMANN, F.; TANIKAWA, H. **Modeling material flows and stocks of the road network in the United States 1905–2015.** *Resources, Conservation & Recycling*, v. 127, p. 168–178. 2017.
- MIHAI, F. C. **Construction and Demolition Waste in Romania: The Route from Illegal Dumping to Building Materials.** *Sustainability*, v. 11, p. 3179. 2019.
- MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D. G. **Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement.** *PLoS Med*, v. 6, p. 1–6, 2009.
- 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, p. 121134. 2020.
- NOLL, D.; WIEDENHOFER, D.; MIATTO, A.; SINGH, S. J. **The expansion of the built environment, waste generation and EU recycling targets on Samothraki, Greece: An island’s dilemma.** *Resources, Conservation & Recycling*, v. 150, p. 104405. 2019.
- NUßHOLZ, J. L. K.; RASMUSSEN, F. N.; MILIOS, L. **Circular building materials: Carbon saving potential and the role of business model innovation and public policy.** *Resources, Conservation & Recycling*, v. 141, p. 308–316. 2019.
- NUNES, K. R. A.; MAHLER, C. F. **Comparison of construction and demolition waste management between Brazil, European Union and USA.** *Waste Management & Research*, v. 38, p. 415–422. 2020.
- ORSINI, F.; MARRONE, P. **Approaches for a low-carbon production of building materials: A review.** *Journal of Cleaner Production*, v. 241, p. 118380. 2019.
- ORTLEPP, R.; GRUHLER, K.; SCHILLER, G. **Material stocks in Germany's non-domestic buildings: a new quantification method.** *Building Research & Information*, v. 44, p. 840–862. 2016.
- ORTLEPP, R.; GRUHLER, K.; SCHILLER, G. **Materials in Germany’s domestic building stock: calculation model and uncertainties.** *Building Research & Information*, v. 46, p. 164–178. 2018.
- RAKSHAN, K.; MOREL, J. C.; ALAKA, H.; CHAREF, R. **Components reuse in the building sector – A systematic review.** *Waste Management & Research*, v. 38, p. 347–370. 2020.
- RAMÍREZ, C. P.; BARRIGUETE, A. V.; MOÑOZ, J. G.; MERINO, M. R.; SERRANO, P. S. **Ecofibers for the Reinforcement of Cement Mortars for Coating Promoting the Circular Economy.** *Sustainability*, v. 12, p. 2835. 2020.
- RIOS, F. C.; GRAU, D.; CHONG, W. K. **Reusing exterior wall framing systems: A cradle-to-cradle comparative life cycle assessment.** *Waste Management*, v. 94, p. 120–135. 2019.
- ROSE, C. M.; BERGSAGEL, D.; DUFRESNE, T.; UNUBREME, E.; LYU, T.; DUFFOUR, P.; STEGEMANN, J. A. **Cross-Laminated Secondary Timber: Experimental Testing**

and Modelling the Effect of Defects and Reduced Feedstock Properties. Sustainability, v. 10, p. 4118. 2018.

RUIZ, L. A. L.; RAMÓN, X. R.; DOMINGO, S. G. **The circular economy in the construction and demolition waste sector – A review and an integrative model approach.** Journal of Cleaner Production, v. 248, p. 119238. 2020.

SAKAI, S.; YANO, J.; HIRAI, Y.; ASARI, M.; YANAGAWA, R.; MATSUDA, T.; YOSHIDA, H.; YAMADA, T.; KAJIWARA, N.; SUZUKI, G.; KUNISUE, T.; TAKAHASHI, S.; TOMODA, K.; WUTTKE, J.; MAHLITZ, P.; ROTTER, V. S.; GROSSO, M.; ASTRUP, T. F.; CLEARY, J.; OH, G.; LIU, L.; LI, J.; MA, H.; CHI, N. K.; MOORE, S. **Waste prevention for sustainable resource and waste management.** Journal of Material Cycles Waste Management, v. 19, p. 1295-1313. 2017.

SANTOS, A. C.; MENDES, P.; RIBAU, M.; TEIXEIRA, R. **Social life cycle analysis as a tool for sustainable management of illegal waste dumping in municipal services.** Journal of Cleaner Production, v. 210, p. 1141-1149. 2019.

SILVA, R. V.; DE BRITO, J.; DHIR, R. K. **Availability and processing of recycled aggregates within the construction and demolition supply chain: A review.** Journal of Cleaner Production, v. 143, p. 598-614. 2017.

SILVA, R. V.; DE BRITO, J.; DHIR, R. K. **Use of recycled aggregates arising from construction and demolition waste in new construction applications.** Journal of Cleaner Production, v. 236, p. 117629. 2019.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Advancing Sustainable Materials Management: 2015 Fact Sheet.** Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-07/documents/2015_smm_msw_factsheet_07242018_fnl_508_002.pdf>. Acesso em 17/12/2019.

VOLK, R.; MULLER, R.; REINHARD J.; SCHULTMANN, F. **An Integrated Material Flows, Stakeholders and Policies Approach to Identify and Exploit Regional Resource Potentials.** Ecological Economics, v. 161, p. 292–320. 2019.

WANG, N.; MA, M.; WU, G.; LIU, Y.; GONG, Z.; CHEN, X. **Conflicts concerning construction projects under the challenge of cleaner production e case study on government funded projects.** Journal of Cleaner Production, v. 225, p. 664-674. 2019.

WORD ECONOMIC FORUM. **Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology.** World Economic Forum, May 2016. Disponível em: <http://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_full_report_.pdf>. Acesso em 06/05/2020.

ZANNI, S.; SIMION, I. M.; GAVRILESCU, M.; BONOLI, A. **Life Cycle Assessment applied to circular designed construction materials.** Procedia CIRP, v. 69, p. 154 – 159. 2018.

ZHANG, C.; HU, M.; YANG, X.; MIRANDA-XICOTENCATL, B.; SPRECHER, B.; MAIO, F. D.; ZHONG, X.; TUKKER, A. **Upgrading construction and demolition waste management from downcycling to recycling in the Netherlands.** Journal of Cleaner Production, v. 266, p. 121718. 2020.