**PANORAMA DAS PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS RELACIONADAS A METODOS DE ANÁLISE CICLO DE VIDA PARA MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL****Christian Souza Barboza (*), Douglas Barreto**

* Universidade Federal de São Carlos - UFSCar (eng.christian.barboza@hotmail.com)

RESUMO

A humanidade se desenvolve espacial, social e demograficamente a taxas muito elevadas, com isso, segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) em poucas décadas a capacidade de fornecimento de recursos naturais do meio ambiente será próxima a zero. Neste cenário a busca por materiais e processos construtivos que impactem menos se intensificou e as metodologias que analisam o ciclo de vida de materiais construtivos (ACV's) são cada vez mais estudadas em ambientes acadêmicos. Com o objetivo de se analisar o panorama das publicações acadêmicas acerca das ACV's, o presente trabalho, estruturou-se a partir de uma revisão sistemática da literatura, analisando-se as principais regiões, instituições e agências de fomento que trabalham com a temática. Entre os anos de 2008 a 2018, foi identificado um crescente interesse acadêmico no aprofundamento das análises por meio das ACV's, tal comportamento está em alinhamento com as discussões mundiais acerca do desenvolvimento sustentável e a busca, dentro da engenharia civil por construções mais sustentáveis. No Brasil, verifica-se a mesma tendência mundial, ou seja, um aumento no volume de trabalhos desenvolvidos nesta área, porem com grande variabilidade entre os anos, ainda, a nível nacional, verificou-se a grande vinculação das pesquisas com institutos e instituições públicas.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de ciclo de vida, materiais de construção civil mais sustentáveis, sustentabilidade da construção civil

ABSTRACT

The world population develops spatially, socially and demographically at very high rates, so that according to the United Nations (UN) in a few decades the capacity of supplying natural resources of the environment will be close to zero. In this scenario the search for materials and constructive processes that impact less the environment intensified and the methodologies that analyze the life cycle of constructive materials (LCAs) are increasingly studied in academic environments. With the objective of analyzing the panorama of academic publications about LCAs, the present work was structured from a systematic review of the literature, analyzing the main regions, institutions and development agencies working on the theme. Between 2008 and 2018, a growing academic interest was identified in the deepening of the analyzes through LCAs, such behavior is in line with the world's discussions about sustainable development and the search, within civil engineering for more sustainable constructions. In Brazil, there is the same global trend, that is, an increase in the volume of work developed in this area, but with great variability between the years, yet, at the national level, there was a great linkage of research with institutes and institutions public policies.

KEY WORDS: Life cycle analysis, sustainable building materials, sustainable construction.



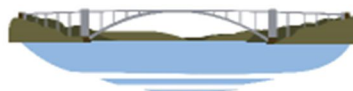
INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) se a humanidade continuar crescendo nos atuais níveis de natalidade e consumo, em 2050 a capacidade de fornecimento de recursos naturais de áreas de extração serão próximos a zero, sendo que, a maior parte da população mundial estará vivendo nas cidades, estas, por consequência, irão se expandir em tamanho e fluxos migratório. Outro fenômeno que ocorrerá durante este processo, é a intensa atividade produtiva, sendo implantadas novas obras de infraestrutura e edificações prediais, superando-se, desta maneira, a biocapacidade ambiental para o fornecimento insumos produtivos (WILKINSON; MANGALAGIU, 2012). Neste cenário, a ONU propõe, a partir da agenda 2030, concebida a partir das discussões de representantes de 150 países (Nova York, Estado Unidos da América – 2015), a adoção de 17 objetivos e 169 metas que descrevem as diretrizes necessárias para o alcance de horizontes mais sustentáveis (NAÇÕES UNIDAS, 2019). Se observa que em todos os objetivos para a dimensão ambiental, e por consequência as demais (em um sistema pluridimensional), estão relacionados diretamente com a construção civil (figura 1).



Figura 1. Resumo dos parâmetros a serem observados para os agregados miúdos de concretos de cimento
Fonte: (NAÇÕES UNIDAS, 2019)

A construção civil está entre os seguimentos industriais que mais impactam ecológica o ambiente, estima-se que de todos os recursos naturais que passaram por algum tipo de beneficiamento, 40% destes são incorporados nas obras de engenharia civil, abarcando, em seu processo produtivo aproximadamente 35% dos principais impactos ambientais discutidos na atualidade, tais como o aquecimento global e a poluição de fontes de água potável (EBERHARDT; BIRGSDÓTTIR; BIRKVED, 2019). A implementação de uma edificação é o resultado final de muitos processos produtivos anteriores, que, por sua vez, também geram significativos impactos individualmente. Enxergar um produto final da construção civil sob a partir dos passivos ambientais gerados é também analisar a antropogenia destes impactos.



Os métodos de análise do ciclo de vida de produtos (ACV's) desenvolvidos na década de 70 e disseminadas na década de 90, surgem como ferramentas para se mensurar, nas diversas fases produtivas e de uso, os impactos ambientais gerados pelos materiais construtivos feitos a partir de elementos retirados da natureza, transformados ou beneficiados e aplicados, no caso da construção civil, em edificações (BUHAMDAN et al., 2019).

Basicamente verifica-se duas vertentes do uso deste método em projetos de engenharia: A análise pautada no elemento construtivo, tais como, concretos, tijolos cerâmicos ou elementos de revestimentos e as que integram níveis mais complexos como a avaliação do desempenho ambiental de um sistema ou processo construtivo; E a abordagem que associa as ACV's na mensuração do desempenho de projetos ante à dimensão ambiental da sustentabilidade, avaliando-se de maneira mais holística toda a cadeia de impactos dos materiais que compõe a edificação em sua fase produtiva, uso e desuso e, ao final, tem-se um desempenho eco ambiental do projeto edificado com um conjunto de materiais avaliados sob esta ótica.

Neste contexto, a adoção de metodologias que avaliem como se dá e qual o impacto dos materiais construtivos ao longo de toda a sua cadeia produtiva é fundamental para que se possam equilibrar as ações humanas e a resiliência do ambiente em que estamos inseridos. Enxergar um determinado produto em todas as suas fases, ou seja, desde a extração da matéria prima, a sua produção, uso e o seu desuso é o objeto das ferramentas de análise de ciclo de vida (ACV) (LIBRELOTTO, 2005), sendo amplamente abordada em ambientes acadêmicos.

OBJETIVOS

O presente trabalho objetiva fazer um panorama ante às publicações científicas acerca do uso de metodologias de análise de ciclo de vida de produtos voltadas aos materiais de construção civil, para tanto, pretende-se estabelecer a evolução do volume de produção científica ao longo do tempo; Identificar os países e centros de pesquisa que mais estudam o tema e os principais agentes financiadores de pesquisas nesta área, nas escalas mundiais e no contexto brasileiro.

METODOLOGIA

O trabalho é estruturado metodologicamente a partir de uma revisão sistemática da literatura, sendo dividido em oito partes específicas (figura 2). Uma revisão sistemática é uma formatação metodológica de pesquisa que se utiliza de outros trabalhos científicos como fonte de dados, estas apresentam estrutura específica que visa responder questões e objetivos estabelecidos pelo pesquisador. Esse tipo de pesquisa possui relevância, pois, possibilitam que se avalie a consistência e generalizações acerca do tema investigado, assim como se estruturam as técnicas de análise empregadas em outras abordagens, reunindo de maneira sistêmica um conjunto grande de dados científicos, estabelecendo orientações para trabalhos futuros (RF; MANCINI MC, 2007).

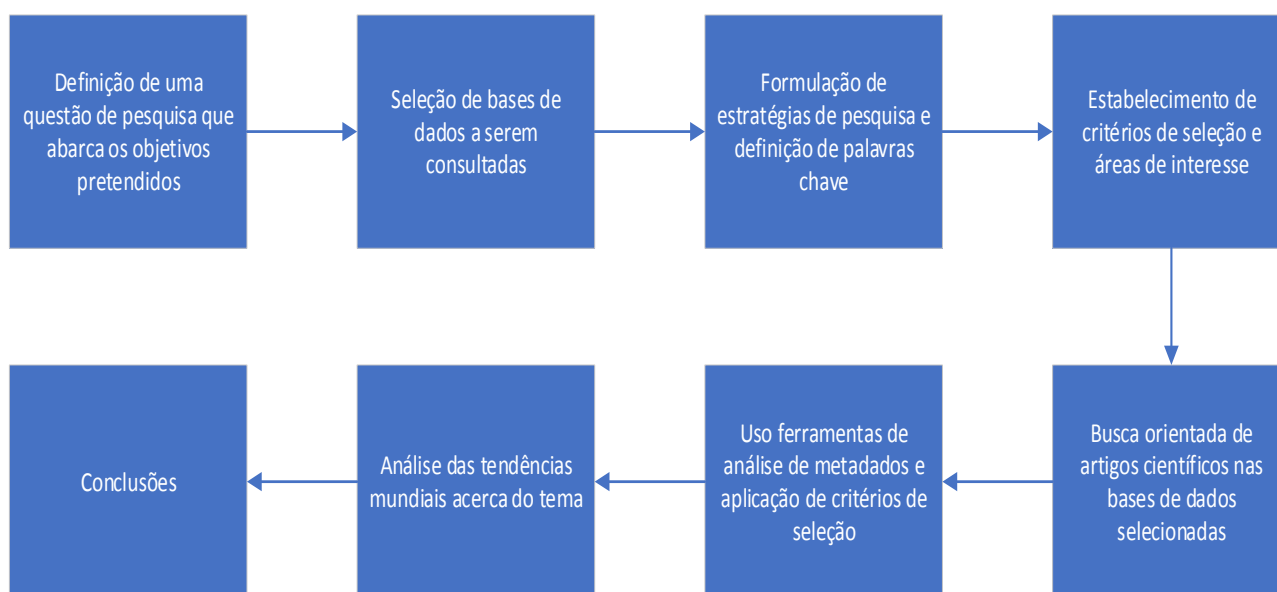


Figura 2. Etapas realizadas na pesquisa

Fonte: Autor



Para se atingir os objetivos preestabelecidos, as etapas foram desenvolvidas, como descrito a segue:

1. A definição da questão de pesquisa se deu a partir dos objetivos principais deste trabalho, sendo definida como: De que forma a metodologia de análise de ciclo de vida é aplicada a materiais de construção civil?
2. A base de dados escolhida para a realização deste estudo foi a Web off Science, que concentra grande quantidade de artigos científicos por meio da indexação de diversos periódicos de grande fator de impacto.
3. As palavras chave, que nortearam a busca por bibliografias na base Web of Science, foram: “Análise do ciclo de vida para materiais construtivo” e “desempenho no ciclo de vida para materiais de construção civil” (“Life cycle analysis for building materials” e “life cycle performance for building materials” respectivamente).
4. Os artigos foram selecionados a partir de um recorte temporal de 10 anos, entre os anos de 2018 e 2008. As áreas de interesse foram fixadas em “tecnologia da construção civil” e “engenharia civil”, (“CONSTRUCTION BUILDING TECHNOLOGY” e “ENGINEERING CIVIL” respectivamente). Foram priorizados artigos que estavam em inglês, os demais foram descartados, sendo que, a grande maioria dos trabalhos estavam em inglês. Apenas as publicações finais em periódicos foram consideradas.
5. Com os termos, recorte temporal e área de interesse definidos, foi feita uma busca orientada na ferramenta de busca e seleção de publicações acadêmicas da base Web of Science.
6. Com um banco de dados relevante, os metadados fornecidos pela base foram carregados no Software disponibilizado pela própria plataforma, para que assim, se pudesse mapear os trabalhos e selecionar os de maior relevância para a análises;
7. Com os resultados obtidos a partir da análise dos metadados de publicações, os artigos selecionados foram analisados, a apenas por seu título e objetivos, sendo verificados os resumos presentes nos mesmos. Gerando-se ao final desta etapa uma lista reduzida de trabalhos;
8. Os artigos foram analisados e categorizados;

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise dos metadados quantitativos acerca das publicações científicas

A análise global dos macros dados referentes às publicações do assunto compõe um conjunto de características que dão ao pesquisador um importante panorama acerca das tendências, em meio acadêmico, das pesquisas da área. Nesta análise se pode mapear os principais polos de pesquisa, os autores com maiores volumes de trabalhos no tema investigado, os países que mais investem em pesquisas, assim como a evolução temporal do interesse acadêmico sobre o tema, a seguir são descritos os aspectos mais relevantes para se montar um panorama das pesquisas sobre a avaliação do ciclo de vida de materiais da construção civil.

Desde o período inicial, compreendido no recorte temporal analisado, observa-se uma tendência de aumento dos trabalhos do volume de publicações sobre o tema (figura 3), sendo que, deste total apenas 2,79% foram artigos do tipo de revisão, 29,05% artigos de procedimentos e 68,16% foram pesquisas diversas, publicados na forma de artigos acadêmicos.

Grande parte dos trabalhos concentram-se em países desenvolvidos com destaque para os Estados Unidos da América e Itália, que apresentam 17,88% e 15,08% dos volumes de publicações mundiais respectivamente, no recorte feito pela presente pesquisa (figura 4). Outro destaque, fora do grupo dos países desenvolvidos é a China, com 13,41% do volume de artigos científicos publicados sobre o tema, tal característica não é exclusiva da investigação do ciclo de vida de produtos da construção civil, o país destaca-se, de maneira geral, no volume de produção e investimentos em pesquisa e inovação.

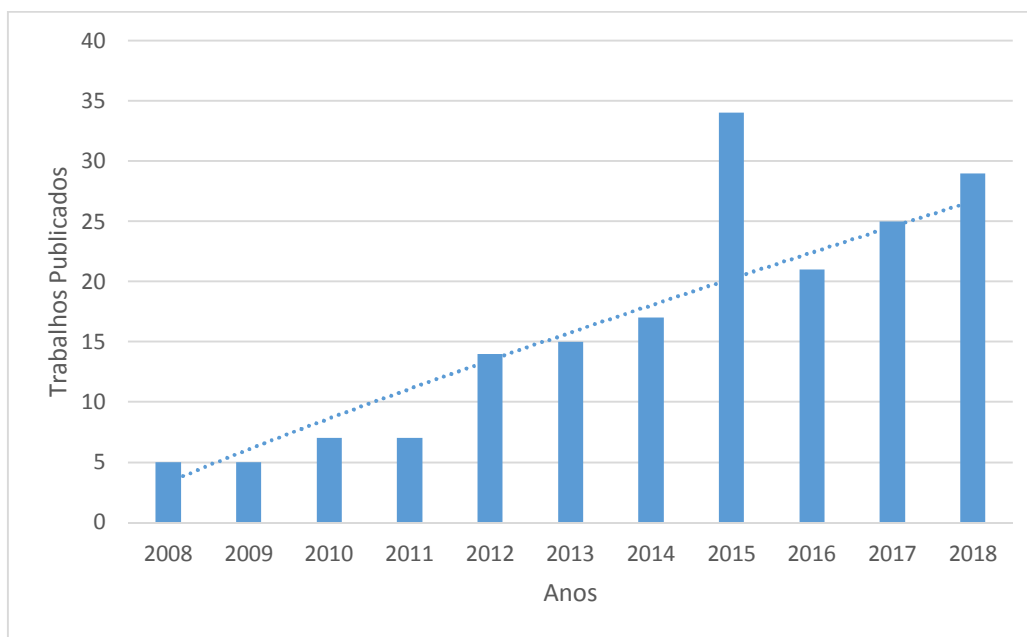
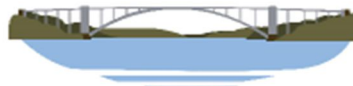


Figura 3. Evolução do volume de publicações ao longo do período de análise
Fonte: Autor

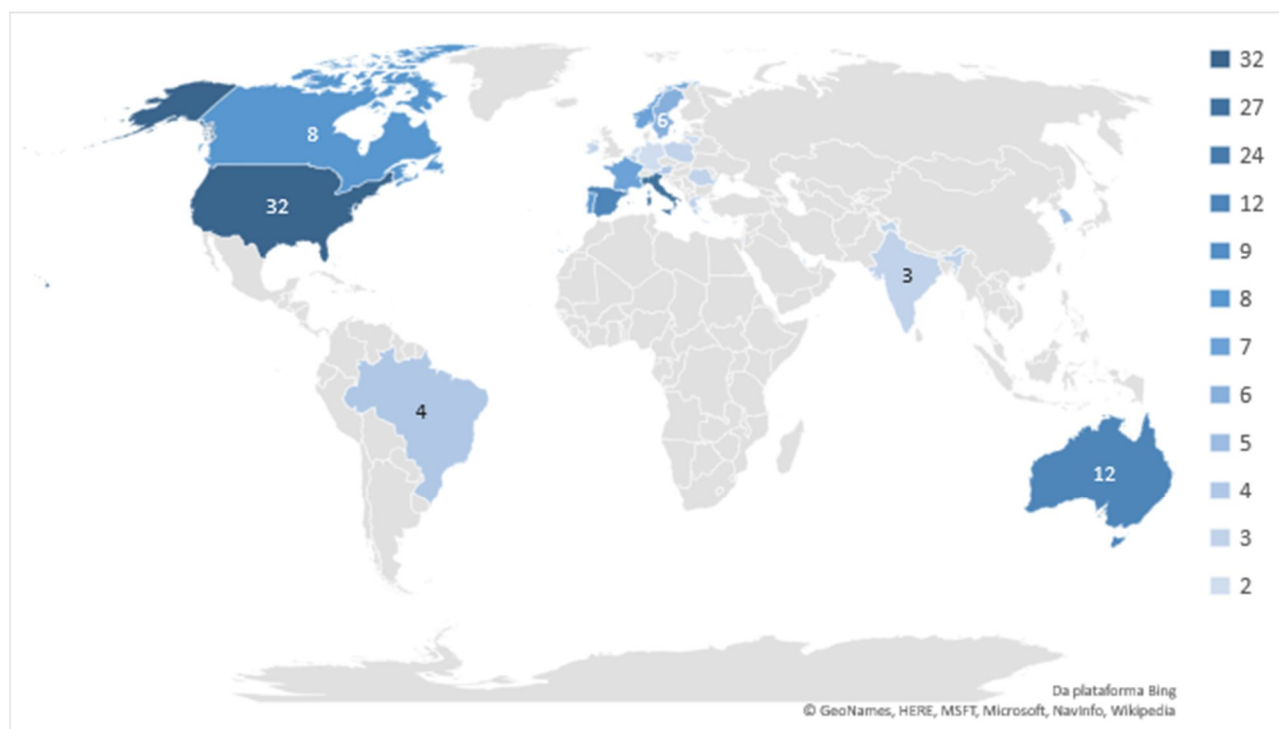


Figura 4. Distribuição mundial das publicações sobre a análise do ciclo de vida de materiais de construção civil
Fonte: Autor

Uma outra característica relevante observada está relacionada às áreas de pesquisa que mais estão desenvolvendo trabalhos que abordam os métodos de análise de ciclo de vida, onde, as áreas selecionadas como as de interesse concentram, juntas, 70,66% dos trabalhos.

Os periódicos “Procedia Engineering” e “Energy Procedia” figuram como os que mais veicularam artigos sobre o tema em análise, representado 7,26% do volume de informações disponibilizadas sobre a ACV.



O “Research Council Of Norway”, agência do governo Norueguês, vinculado ao ministério da educação e, também, responsável por fomentar pesquisas naquele país é verificado como o maior agente de investimento de recursos para o desenvolvimento de pesquisas nesta área (figura 5).

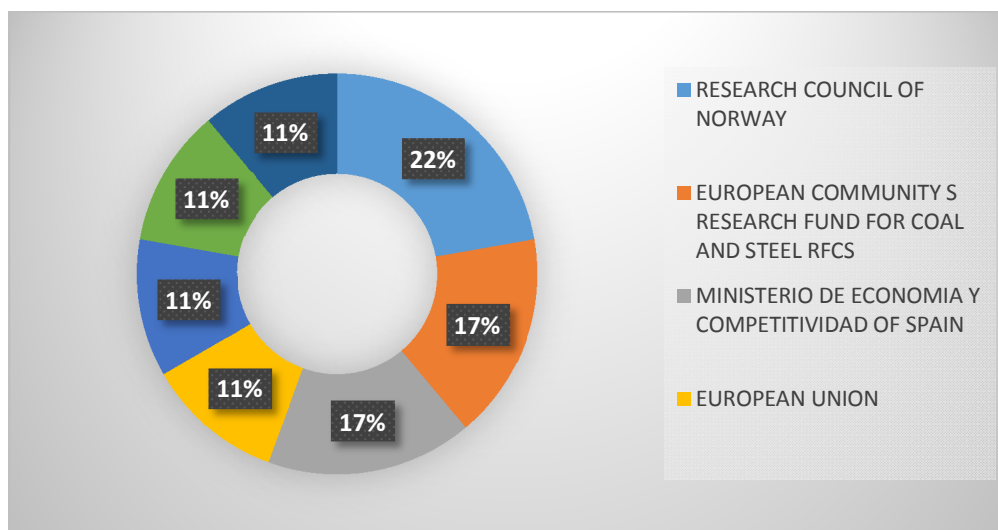


Figura 5. Principais agentes financiadores de pesquisas na área

Fonte: Autor

Trabalhos desenvolvidos no Brasil

O Brasil não figura a lista dos países com maiores publicações de pesquisas acerca da análise do ciclo de vida de materiais de construção civil, representado menos de 2% do volume total de trabalho publicados para o período de análise, em contrapartida, verificou-se que depois de 2010 houve uma tendência de aumento nas pesquisas que tinha como objetivo trabalhar com a presente temática (figura 6).

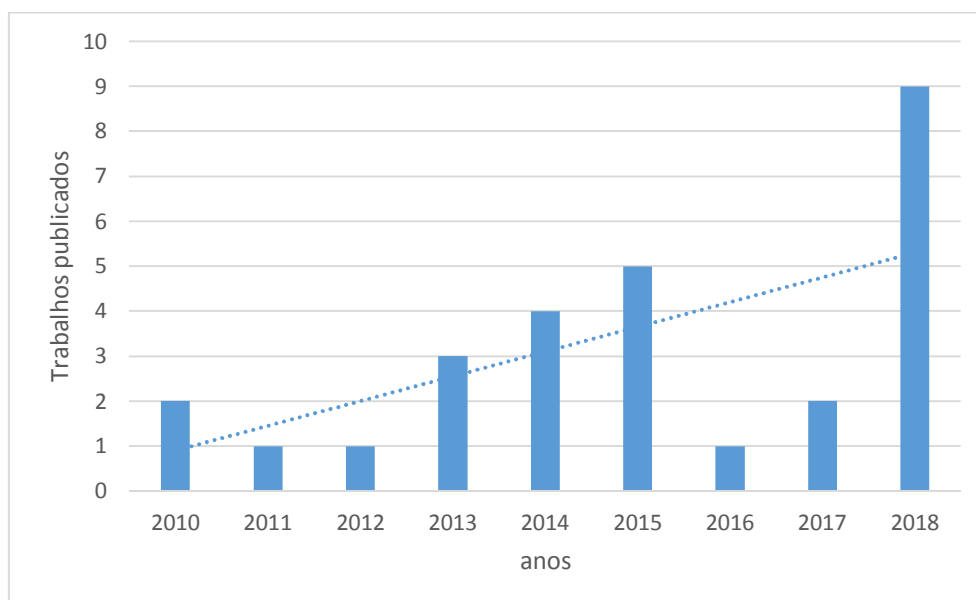
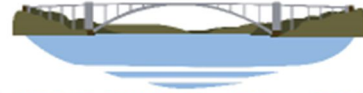


Figura 6. Evolução do volume de publicações ao longo do período de análise no Brasil

Fonte: Autor

O cenário brasileiro apresenta uma evolução diferente da tendência mundial de publicações verificadas, houve, a partir de 2010, um decréscimo no número de trabalhos acadêmicos nesta área, o que se repetiu entre os anos de 2015 e 2016, porém, ao se analisar a tendência geral da evolução do volume de publicações, é percebida uma curva ascendente para o número de pesquisas, com destaque para o ano de 2018, com um grande volume de trabalho publicados.



Ao se analisar os principais centros de pesquisa brasileiros que desenvolvem pesquisas na área da avaliação do ciclo de vida de materiais construtivos, destacam-se a Universidade de São Paulo (USP) com o maior número de trabalhos publicados e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Verificou-se ainda que, todos os centros de pesquisa brasileiros que figuram a lista dos que publicaram trabalhos sobre o tema, todos estão inseridos em universidades públicas (figura 7)

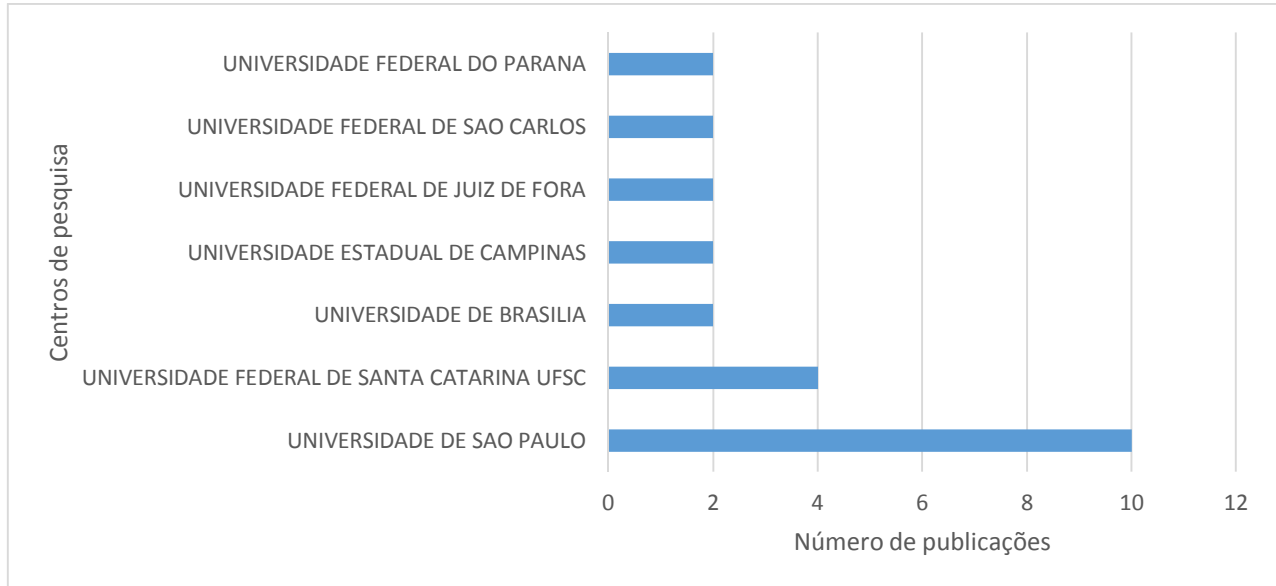


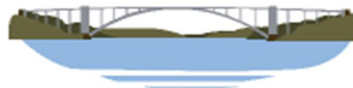
Figura 7. Publicações nos centros brasileiros de pesquisa

Fonte: Autor

Os principais agentes financiadores destas pesquisas são a Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CPNQ) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), sendo que, ainda, as agências estaduais de fomento a pesquisa, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) figuram a lista de principais agentes de fomento à pesquisa desta temática.

Quanto aos periódicos, houve uma paridade entre os cinco mais publicados, como demonstrado na figura 8, ambos periódicos com bons fatores de impacto e veiculação internacional.





CONCLUSÕES

A partir dos dados revisados, se pode ter uma ideia de como se direcionam as pesquisas sobre a utilização do método de análise de ciclo de vida para materiais construtivos. Mundialmente, para o período analisado, verifica-se que há uma tendência crescente do volume de publicações sobre as ACV relacionadas a materiais construtivos. Dentre os países que mais fomentam e pesquisam os impactos dos materiais sobre o ambiente se destacam os mais desenvolvidos, com exceção da China, que também figura dentre os países que mais publicaram trabalhos investigativos sobre o tema.

Verifica-se por meio da presente análise que os parâmetros analisados seguem em alinhamento com as macrodiscussões acerca do desenvolvimento sustentável. Em meio acadêmico, as pesquisas, crescem em volume e em distribuição geográfica os rumos políticos, econômicos e sociais verificados da região aonde são desenvolvidas.

No cenário brasileiro verificou-se que há, a partir de 2016, uma retomada no crescimento do número de publicações científicas relacionadas às ACV's, sendo que, no ano de 2018 houve um grande volume de publicações, seguindo-se a tendência mundial para esse tema. As pesquisas brasileiras possuem grande vinculação ao setor público, tanto em fomento à pesquisa quanto à vinculação de pesquisadores, sendo verificado que todos as organizações que figuram o banco de dados analisado são públicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BUHAMDAN, S. et al. **A multi-criteria lifecycle assessment framework for evaluating building systems design.** Journal of Building Engineering, v. 23, n. May 2018, p. 388–402, 2019.
2. EBERHARDT, L. C. M.; BIRGISDÓTTIR, H.; BIRKVED, M. **Life cycle assessment of a Danish office building designed for disassembly.** Building Research and Information, v. 47, n. 6, p. 666–680, 2019.
3. LIBRELOTTO, L. I. **Modelo para avaliação da sustentabilidade na construção civil nas dimensões econômica, social e ambiental (ESA): aplicação no setor de edificações.** p. 371, 2005.
4. NAÇÕES UNIDAS. ONU Meio Ambiente no Brasil 2017-2018. **Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente**, v. 1, 2019.
5. RF, S.; MANCINI MC, E. Revisão Sistemática. Rev. bras. fisioter, p. 83–89, 2007.
6. WILKINSON, A.; MANGALAGIU, D. **Learning with futures to realise progress towards sustainability: The WBCSD Vision 2050 Initiative.** Futures, v. 44, n. 4, p. 372–384, 2012.