

Aplicação do Eco-Design na construção civil: uma revisão do cenário das publicações baseado em palavras-chave

Application of Eco-Design in construction: a review of the keyword-based publishing scenario

Eduarda Dutra de Souza, mestranda em engenharia de produção, PPGEP-UFSC.

eduardadutradesouza@gmail.com

Gabriela Hammes, mestranda em engenharia de produção, PPGEP-UFSC.

gabihammes15@gmail.com

Carlos Manuel Taboada Rodriguez, Prof. Doutor em engenharia de produção, PPGEP-UFSC.

carlos.taboada@ufsc.br

Resumo

A busca pela redução dos impactos ambientais é a grande tarefa dos projetos realizados no mundo atual. O Eco-design é uma forma de trazer essa preocupação na concepção de cada projeto de produto e serviço, como na construção civil. Essa área da engenharia é responsável por uma grande parcela das emissões globais de gases do efeito estufa e de utilizações de materiais primas como madeira, cimento e ferro. Devido a isso, este presente artigo procura investigar na literatura científica o cenário de publicações e estudos sobre o tema eco-design e sua aplicação na construção civil. Por fim, indicou-se exemplos de aplicações desta elaboração de projeto de edificações.

Palavras-chave: Eco-design, Construção civil, Impactos ambientais.

Abstract

The quest for reducing environmental impacts is the great task of the projects carried out in today's world. Eco-design is a way of bringing this concern into the design of each product and service project, such as in construction. This engineering area is responsible for a large share of global greenhouse gas emissions and uses of raw materials such as wood, cement, and iron. Due to this, this article seeks to investigate in the scientific literature the scenario of publications and studies on the theme eco-design and its application in civil construction. Finally, examples of applications of this elaboration of building design were indicated.

Keywords: Eco-design, Construction, Environmental Impacts.

1. Introdução

A construção de edifícios é um dos maiores consumidores finais de recursos ambientais, bem como um dos maiores emissores de gases de efeito estufa e outras poluições (LIU; LIN, 2016). A busca por essa redução das emissões é um dos objetivos políticos mais urgentes para o crescimento econômico sustentável (LEONCINI; MONTRESOR; RENTOCCHINI, 2016) devido a isso, a construção civil permanece em foco na literatura científica e apresenta um grande número de reivindicações pelos clientes para construção de projetos mais verdes (MOHAMMADI; BIRGONUL; TALAT, 2016).

O setor de construção possui um grande potencial para reduzir o consumo global de energia por meio de projetos mais sustentáveis (MONHAMMADI; BIRGONUL, 2016) como a prática e uso de eco design. A utilização do eco design na elaboração do projeto de uma rodovia, por exemplo, demonstra um papel vital na obtenção da efetiva redução da pegada de carbono (MAO et. Al., 2017).

Por isso, a busca pelo cuidado ambiental na fase de elaboração do projeto de qualquer construção auxilia para essa redução de emissões e menor utilização de energia. Afinal, os edifícios eficientes nos termos de energia devem, na sua concepção, pensar na minimização do aquecimento, no resfriamento e na iluminação (PEUPORTIER; THIERS; GUIAVARCH, 2013), o que diminui o seu impacto ambiental.

Devido a isso, está presente pesquisa vem buscar entender o cenário das publicações a respeito do eco design na área de construção civil com base em palavras-chave pré-determinadas. A pesquisa está dividida em seis etapas: Introdução, Revisão de Literatura, Método, Análises, Discussões e Conclusão.

2. Revisão da literatura

O eco-design, também conhecido como design verde ou ambiental, refere-se à identificação dos aspectos ambientais que compõem um produto ao longo do ciclo de vida do mesmo e a integração desses requisitos com o desenvolvimento do produto (ZAILANI; ELTAYED; HSU; TAN; 2012). Choi e Hwang (2015) complementam com uma integração sistemática dos aspectos ecológicos no design do produto, conservando todos os requisitos de segurança e funcionalidade para os consumidores.

Turkker e Eder (2001), por sua vez, afirmam que o eco-design é uma incorporação de fatores ambientais na concepção e desenvolvimento de produtos. Pigasso, Rozenfeld e McAloone (2013) acrescentam que é uma abordagem proativa de gerenciamento ambiental que une as questões ambientais no desenvolvimento de produtos e processos relacionados.

O principal objetivo da utilização dessa prática verde proativa, conforme Zailani *et al.* (2012), é a minimização do impacto ambiental de um produto ao longo de todo o seu ciclo, isto é, desde a compra de materiais até a fabricação, o uso e a sua disposição final, sem comprometer outros critérios considerados essenciais como função e custo. A Figura 1 apresenta na pratica como esse objetivo é transcrito em atividades propriamente ditas dessa

prática verde como: aquisição de materiais, o processo de manufatura, distribuição do produto, preocupação com utilização, reciclagem e disposição final desta mercadoria.

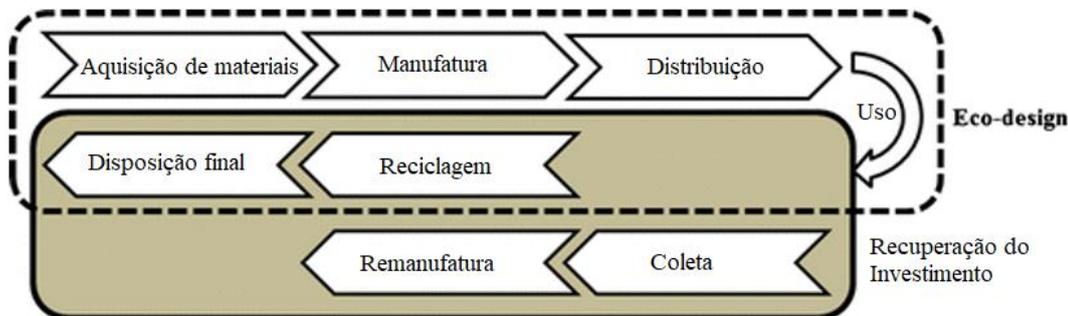


Figura 1 - Fluxo de atividades do Eco-Design. Fonte: Adaptado de Hwang e Choi (2015).

Percebe-se na Figura 1 que o eco-design engloba as atividades que impactam na aquisição de materiais, manufatura, distribuição, utilização e destinação final. Siferd e Zsidisin (2001) adicionam que o eco-design deve incorporar ideias que buscam facilitar: a desmontagem dos seus componentes; o descarte sem efeito negativo ao meio ambiente; a distribuição e retorno; e eliminar os processos nocivos na fabricação e a utilização de materiais perigosos, assim contribuindo para uma maior durabilidade, confiabilidade e sucesso para o cliente. No Quadro 1, apresenta-se outras atividades básicas que o eco-design busca em sua aplicação.

Atividade	Autor
Design para redução ou eliminação de materiais ambientalmente perigosos, como chumbo, mercúrio, cromo e cádmio.	Zsidisin e Siferd, 2001
Design para reutilização, o que facilita a reutilização de um produto ou parte dele, sem tratamento ou tratamento mínimo do produto usado.	Sarkis, 1998
Design para reciclagem, o que facilita a desmontagem do produto residual, a separação de peças de acordo com o material e o reprocessamento do material.	Lin <i>et al.</i> , 2001
Design para remanufatura ou reparação, retrabalho e atividades de remodelação que tentam devolver o produto a uma condição nova ou melhor do que nova.	Beamon, 1999
Design para eficiência de recursos, que reduz o consumo de materiais e energia durante o uso do produto, além da promoção do uso de recursos renováveis e energia.	APO, 2004

Quadro 1 - Tipos de atividades do Design. Fonte: Adaptado Zailani, Eltayeb, Hsu e Tan (2012, p. 723).

O eco-design busca ainda aproveitar materiais renováveis e recicláveis na sua fase de aquisição, ao consumir menos energia e água na sua produção, usar menos embalagens nos estágios de distribuição e reduzir as emissões de efeito estufa durante a sua utilização (CHOI; HWANG; 2015). Essa prática consegue essa minimização de desperdício e o melhoramento da eficiência do uso de recursos através de modificações no tamanho do produto, vida útil, reciclabilidade e nas características de uso (GOTTBERG *et al.*;2006).

Além disso, o eco-design se interliga com outras áreas da organização. Uma delas é a seleção de fornecedores para compras de materiais verdes, segundo Bovea e Gallardo (2006), há uma relação importante no sentido de que o eco-design incorpora requisitos para seleção de materiais com intuito de reduzir os encargos ambientais dos produtos.

3. Método

A presente pesquisa iniciou-se com a busca sobre o tema de forma ampla para aprofundamento do assunto. A plataforma *Scopus* foi utilizada por possuir maior número de retorno sobre o assunto e utilizou-se as seguintes palavras chaves para a busca: “*eco-design*” OR “*green design*” OR “*ecologic design*”. Restringiu-se a pesquisa por tipo de publicação e considerando apenas artigos na língua inglesa. O software *VOSviewer*® foi utilizado para a análise dos resultados.

Posterior, elaborou-se uma pesquisa sobre a junção do termo com a construção civil, foco do presente artigo. Utilizou-se as palavras-chaves *eco-design*, *ecodesign* e *construction* na base de dados *Scopus*, devido esta base apresentar o maior número de resultados, totalizando 126 artigos em língua inglesa. A Figura 2 apresenta o passo-a-passo do tratamento destes documentos.



Figura 2 – Etapas da pesquisa. Fonte: Elaborado pelos autores.

A seleção de portfólio consiste no embasamento para fundamentar os resultados, discussões e revisão da literatura. Esse grupo de artigos englobam os provenientes da base de dados após a seleção por meio de leitura de título, resumo e na íntegra, de cada documento e a busca complementar de artigos mencionados nessa seleção.

4. Análises

A análise dos resultados obtidos nas buscas é apresentada em duas partes. Inicialmente apenas os resultados a respeito do *eco-design* são abordados. Em seguida são analisados os resultados para o *eco-design* na construção civil.

4.1 Eco-design

Na investigação do campo de pesquisa sobre *eco-design* levantou-se todas as publicações sobre esse tema na plataforma de dados *Scopus* que apresentou melhor retorno, totalizando 822 artigos. O software *VOSviewer*® forneceu análises sobre esse tema ao longo do tempo. A pesquisa apresentou, como um dos resultados, a densidade de utilização das palavras-chaves ao longo dos anos conforme apresentada na Figura 3.

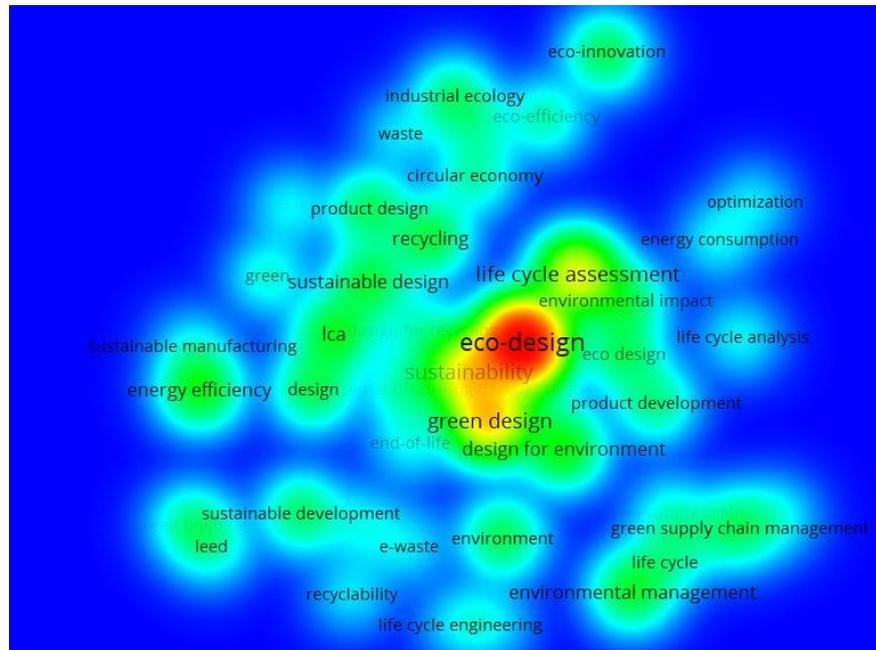


Figura 3 - Densidade das áreas de publicações. Fonte: Elaborado pelos autores.

A palavra-chave mais utilizada pelos autores nas pesquisas sobre o tema é “eco-design” seguido pelo “*life cycle assessment*”, “*sustainability*” e “*green design*”. Identifica-se como mais utilizados as cores seguindo um degrade do vermelho, laranja, amarelo, verde e, por fim, o azul. A segunda análise, demonstrada na Figura 4, apresentou a evolução do uso dessas palavras ao longo dos anos, no período anterior a 2008 até publicações de 20 de junho de 2017.

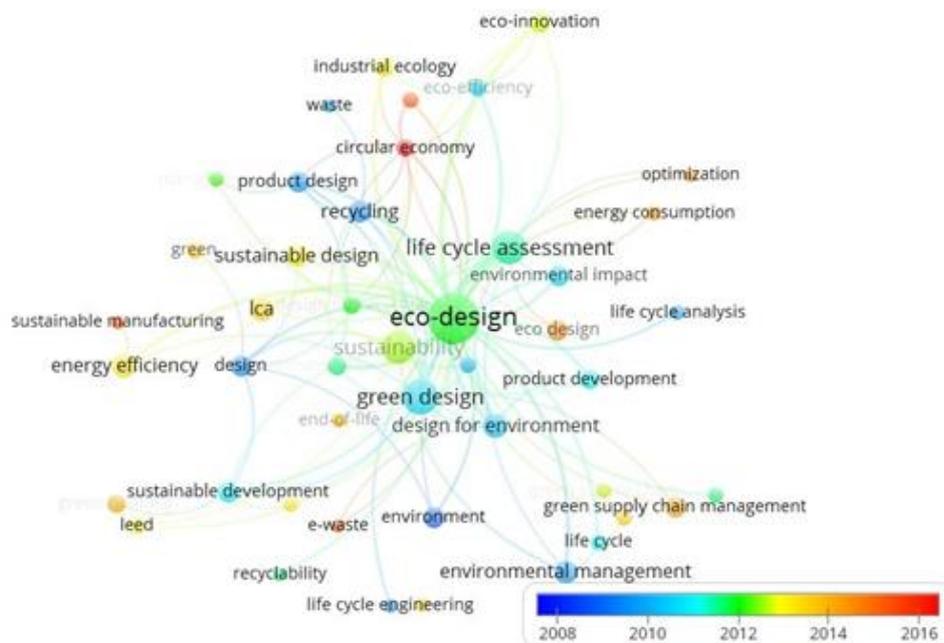


Figura 4 - Evolução das palavras-chaves. Fonte: Elaborado pelos autores.

Nos anos anteriores a 2008 até meados de 2009 as palavras chaves mais utilizadas eram ligadas ao meio ambiente e o design do produto. Já em 2010 começou a surgir os termos como design verde, eco eficiência, desenvolvimento verde e ciclo de vida. No ano de 2012 surgiram publicações mais voltadas ao design da reciclagem, a sustentabilidade e a utilização do “Eco-Design” propriamente dito.

Posterior esse ano, destaca-se o surgimento da indústria voltado para ecologia, eco inovação e eficiência energética. O ano de 2017, apresentou um total de 48 artigos, os quais utilizaram três principais palavras-chaves: “Eco-Design” com incidência de 16 publicações, sustentabilidade com 7 e economia circular com 5. Elaborou-se ainda, na Figura 5, uma análise de clusters de ligação das áreas de todos os anos.

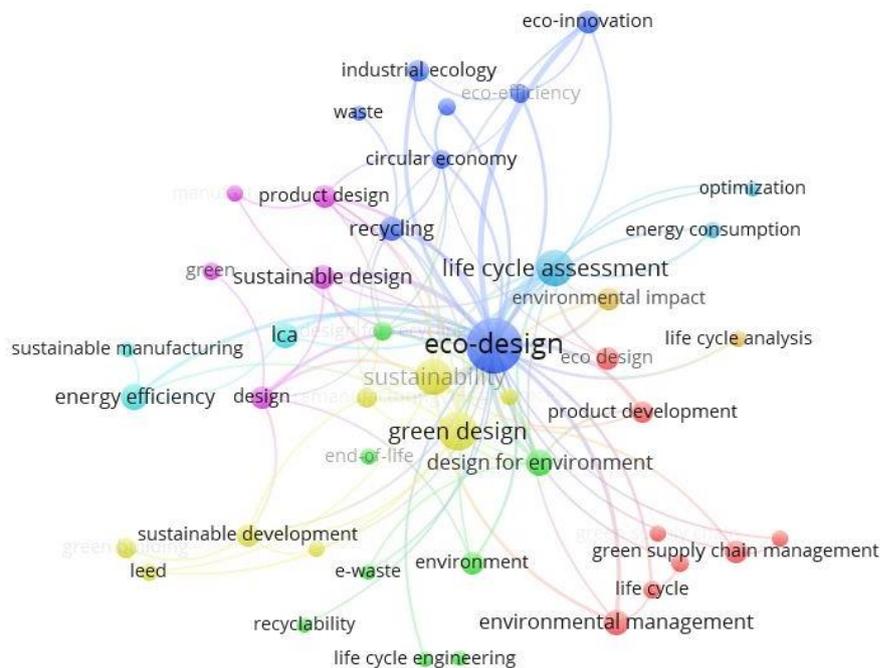


Figura 1 - Ligação das palavras-chaves. Fonte: Elaborado pelos autores.

Observa-se que existem 6 principais grupos de pesquisa sobre o assunto. O primeiro grupo, destacado na coloração azul, trabalha nas áreas de inovação, indústria ecológica, ciclo de vida, economia circular e reciclagem. O grupo de cor azul clara trabalha em uma linha parecida e interligada com os pesquisadores da linha azul escuro, porém seu foco é mais na manufatura, consumo de energia e otimização. Os pesquisadores representados pela cor verde trabalham a engenharia da economia circular, meio ambiente, fim do ciclo de vida e o design voltado ao meio ambiente.

A cor vermelha apresentou pesquisas ligadas ao desenvolvimento do produto, cadeia de suprimentos verde, ciclo de vida e gerenciamento do lado ambiental. O grupo de coloração roxa pesquisa sobre as áreas de produção do design, design verde e sustentável. Por fim, o último grupo de pesquisa é constituído pela cor amarela, que trabalha com o desenvolvimento sustentável e a sustentabilidade em si.

Elaborou-se uma análise geral do número de publicações por autores, *Journal*, país e a evolução do número de publicações até o ano de 2016, conforme Figura 6. Ressalta-se que

foram seleccionados os autores que possuem mais de 5 publicações na área e os países e *Journals* com mais de 10 publicações.

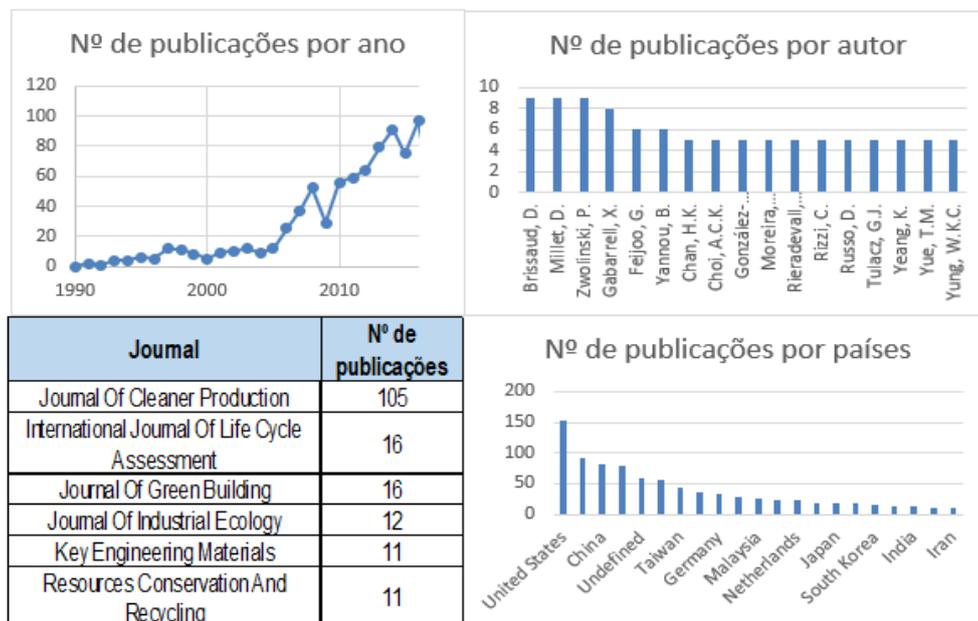


Figura 2 - Resumo das análises. Fonte: Elaborado pelos autores.

A evolução do número de publicações ao longo dos anos apresentou uma queda por volta de 2009 e uma crescente logo em seguida, onde os Estados Unidos da América se destacam como o país com maior número de publicações sobre eco-design. Nota-se, também, que os autores não apresentam grande dispersões, entretanto, nas publicações em revista possui uma diferença significativa do primeiro jornal (*Journal of Cleaner Production*) para o segundo (*International Journal of Life Cycle Assessment*) e o terceiro (*Journal of Green Building*).

4.2 Eco-design na construção civil

As análises sobre eco-design na construção civil, apresentaram um cenário de publicações científico com o primeiro artigo de 1996, que aborda a concepção ecológica para a construção indiana. Entretanto, esse assunto recebeu destaque posterior ao ano de 2013, onde 2016 e 2017 possuem maior número de artigos publicados, conforme a Figura 7.

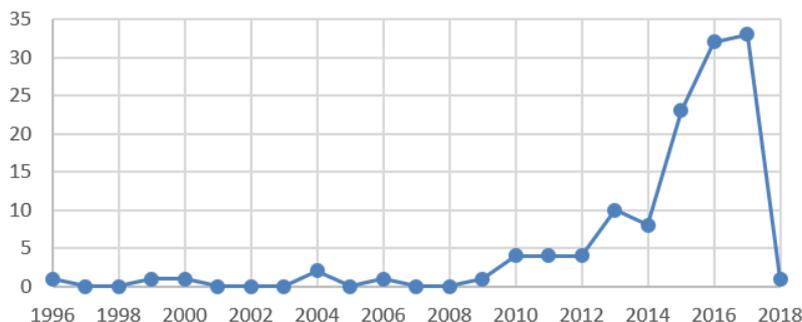


Figura 7 – Publicações por ano. Fonte: Elaborado pelos autores.

As publicações concentram-se nos Estados Unidos da América (EUA) com 17%, seguido por e Itália, Espanha e França com 9%. A densidade de publicações por país, apresentado na Figura 8, apresenta Itália e EUA como os países que concentram maior número de publicações. A Figura 8 ainda apresenta os *clusters* de publicações, isto é, países que possuem a mesmas linhas de pesquisas dentro da área de estudo. O grupo 1 é composto pelos países Asiáticos, Austrália e Reino Unido, já no grupo 2 encontra-se a Itália, EUA e Alemanha.

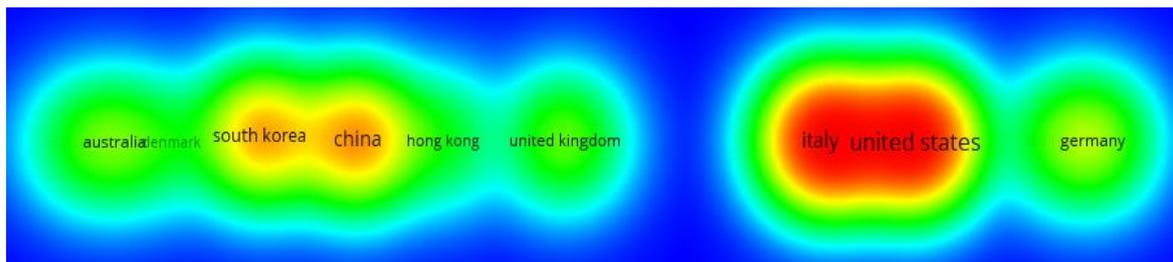


Figura 8 – Publicações por países. Fonte: Elaborado pelos autores.

O Brasil, por sua vez, conta com 3% dos documentos publicados, com um documento produzido em 2004, dois em 2010, um em 2013 e um em 2017. Este último, aborda a avaliação de impactos ambientais na construção civil, na fase de concepção de prédios.

Além disso, elaborou-se uma análise sobre as palavras-chaves utilizadas pelos autores desses 126 artigos, com o intuito de analisar o que se vem estudando ao longo dos anos. Além disso, é possível identificar tendências de pesquisa pela frequência da utilização dos *keywords*. Essa análise é apresentada na Figura 9.

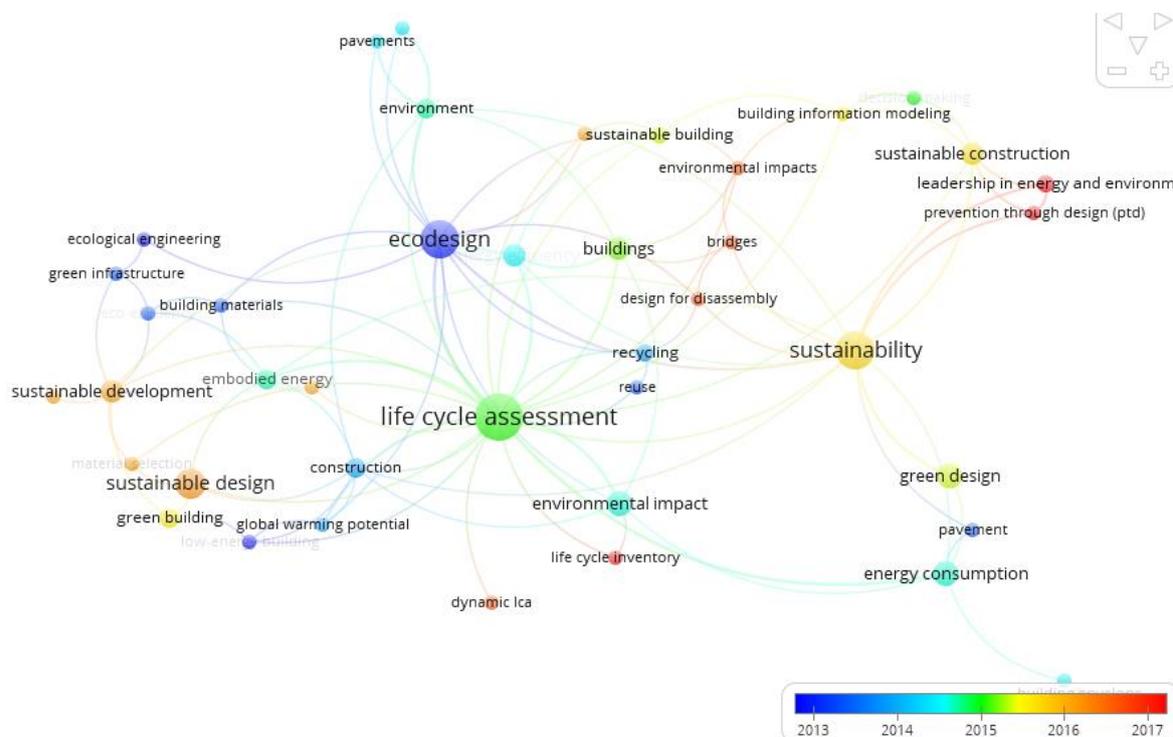


Figura 9 – Análise das palavras-chave. Fonte: Elaborado pelos autores.

Percebe-se que os estudos na área iniciaram com a busca por uma infraestrutura verde, eco-design, reutilização e reciclagem, isto é, preocupações com os materiais utilizados na construção para diminuir o aquecimento global. As pesquisas a partir de 2014, começaram a caminhar para pavimento, consumo de energia e os impactos ambientais até que por volta de 2015 a avaliação do ciclo de vida dominou o cenário de publicação. No ano de 2016, apareceu uma frequência da utilização das palavras-chave voltadas para energia e sustentabilidade, chegando em 2017 com inventário do ciclo de vida, a volta dos cuidados com impacto ambiental e prevenção por meio do design. A Figura 10 analisa as palavras-chave dos documentos brasileiros.

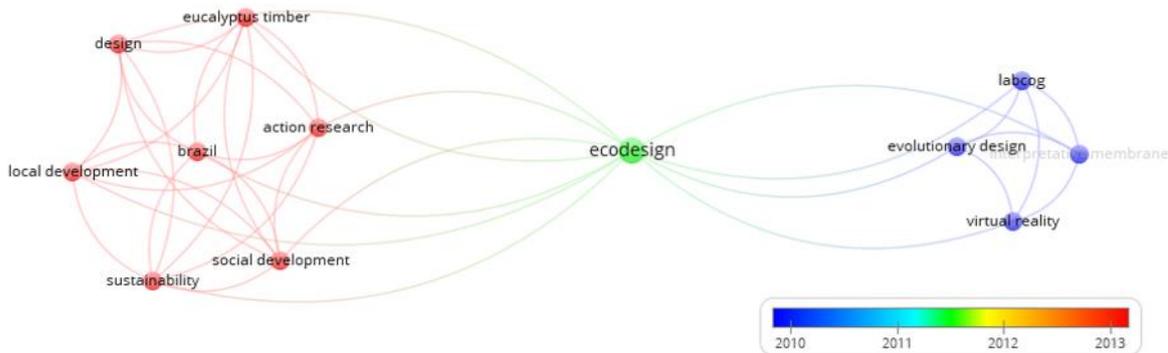


Figura 10 – Análise das palavras-chave nas publicações brasileiras. Fonte: Elaborado pelos autores.

Analisando apenas os artigos brasileiros, iniciou-se os estudos com evolução do design e realidade virtual, seguindo para uso do eco-design para atualmente abordar a sustentabilidade, a área social e o local de desenvolvimento.

5. Discussões

Esta sessão aborda exemplos de utilização do eco-design na construção civil, com o objetivo de apresentar a importância de um bom design no projeto de execução e construção das edificações para conseguir reduzir os impactos ambientais. Isto é, o eco-design serve como guia para a empresa ser eco-eficiente nas operações do dia-a-dia, tanto na construção de um edifício quanto na utilização de equipamentos.

O eco-design pode estar presente na elaboração do projeto do edifício, na compra de materiais, na execução da obra e no descarte de matérias. O projeto deve ser executando com um pensamento eco, ou seja, buscando aproveitar ao máximo o terreno onde será realizada a obra e os recursos naturais presentes nele. A edificação deve ser projetada de forma que aproveite ao máximo a iluminação natural e evite o aquecimento do seu interior, para diminuir o consumo de energia e dar maior conforto aos seus usuários. Também é na fase de projeto que se determina que matérias serão utilizados, priorizando-se os materiais provenientes da reciclagem, reutilização e remanufatura, e matérias projetados segundo os princípios do eco-design.

Rezende, Brito e Freitas (2017) destacam o bambu e o tijolo ecológico como materiais alternativos, renováveis, de baixo custo e menos poluentes. Segundo os autores, o bambu apresenta propriedades excelentes e utiliza pouca energia para transformá-lo em elementos estruturais de cobertura como estruturas espaciais, treliças planas em tubos para condução

de água e elementos de reforço de concreto, substituindo o aço. Além disso, atua como filtro de ar absorvendo CO₂ e produzindo oxigênio. O tijolo ecológico (Solo-Cimento BTC) é composto por areia argilosa, água e um pouco de cimento. Não é necessário passar pela queima, o que diminui o seu impacto ambiental (REZENDE, BRITO & FREITAS, 2017).

Outro material alternativo, proveniente da reciclagem, é a utilização de garrafas PET para a construção de casas. Galli et al. (2012) demonstram que esse tipo de construção, além de ser sustentável, é mais barato comparado com a utilização do tijolo convencional. O sistema construtivo desta técnica é simples: os tijolos são substituídos por garrafas PET preenchidas com areia e/ou resíduos da construção, colocados lado a lado em uma forma de madeira e os espaços são preenchidos por argamassa. As arestas da forma possuem barras de ferro para auxiliar na resistência. Silva (2012) desenvolveu tijolos prensados que tem como matéria prima cinzas de carvão e iodo, resíduo produzido nas estações de tratamento de esgoto no Brasil. Esta técnica também elimina a queima e reduz o consumo de cimento e de recursos naturais.

Trein e Santos (2016), apontam a área de construção civil como um consumidor de madeira, mas que aos poucos encaminha-se para sua substituição por meio de resinas e aditivos especiais conhecidos como MDF (*Medium Density Fiberboard*). No entanto, devido à sua formulação química, o processo de fabricação do MDF possui como resíduo a serragem produzida pelo seu corte para a indústria moveleira que é classificado como Classe I de resíduos - perigosos pela ABNT NBR 10004: 2004 (TREIN; SANTOS, 2016).

As construções ainda podem apresentar detalhes na sua estrutura pensados no processo de confecção do projeto, como os telhados verdes. Esse tipo de telhado aplica a vegetação sobre a cobertura de uma edificação, com o devido cuidado quanto a impermeabilização e drenagem. Os telhados verdes têm o intuito de proporcionar uma melhora nas condições de conforto em termos acústicos, paisagístico e de redução da poluição nos centros urbanos (LIMA; BARROCA; OLIVEIRA, 2009), além da melhora do conforto térmico, economia de energia, aumento da umidade do ar e a melhoria estética arquitetônica da construção (PEREIRA et al., 2015).

Durante a execução da obra deve-se priorizar a diminuição do consumo de energia e de recursos naturais e a utilização de fontes de energia renováveis. O layout da obra deve ser projetado atendendo estas especificações e deve prever um local para o descarte correto dos materiais, reciclando e reutilizando o máximo possível. As edificações de apoio, como o refeitório, vestiário e escritório da obra, devem ser construídas de forma que possam ser desmontados e seus materiais reutilizados após a entrega da obra.

6. Conclusão

A construção civil é um setor de grande expressividade no Brasil e responsável por uma parcela considerável na geração de resíduos e na utilização de recursos naturais. É necessário que se adotem medidas para reverter essa situação. Uma possível medida é o eco-design, que busca a integração de aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento de produtos.

O eco-design começou a ganhar publicações no meio acadêmico nos anos 90 e tem maior número de pesquisas nos EUA. O eco-design ganhou destaque dentro da construção civil nos últimos anos com estudos envolvendo os cuidados com o impacto ambiental e prevenção por meio do design.

O presente artigo mostrou o cenário de publicações envolvendo o eco-design e esta prática dentro da construção civil. Trouxe, ainda, alguns exemplos de práticas do eco-design aplicadas a construção civil durante o projeto e execução das obras. Estas práticas estão dentro dos três pilares da sustentabilidade pois, além de se preocupar com a questão ambiental, traz redução de custos devido a reutilização e reciclagem de materiais e a diminuição do consumo de recursos naturais na dimensão econômica. Na dimensão social estão a satisfação dos clientes e da sociedade.

Referências

- BOVEA, M. D.; GALLARDO, A. The influence of impact assessment methods on materials selection for eco-design. **Materials & Design**, v. 27, n. 3, p. 209-215, 2006.
- CHOI, Donghyun; HWANG, Taewon. The impact of green supply chain management practices on firm performance: the role of collaborative capability. **Operations Management Research**, v. 8, n. 3-4, p. 69-83, 2015.
- ELTAYEB, Tarig Khidir; ZAILANI, Suhaiza; FILHO, Walter Leal. Green business among certified companies in Malaysia towards environmental sustainability: benchmarking on the drivers, initiatives and outcomes. **International Journal of Environmental Technology and Management**, v. 12, n. 1, p. 95-125, 2009.
- GALLI, Bárbara et al. Uso de garrafas de poli-tereftalato de etileno – PET como insumo alternativo na construção de edificações residenciais. **Revista de Arquitetura da Imed**, v. 1, n. 2, p.174-181, 2012.
- GOTTBERG, Annika et al. Producer responsibility, waste minimisation and the WEEE Directive: Case studies in eco-design from the European lighting sector. **Science of the total environment**, v. 359, n. 1, p. 38-56, 2006.
- HANIM MOHAMAD ZAILANI, Suhaiza et al. The impact of external institutional drivers and internal strategy on environmental performance. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 32, n. 6, p. 721-745, 2012
- LEONCINI, Riccardo; MONTRESOR, Sandro; RENTOCCHINI, Francesco. CO 2-reducing innovations and outsourcing: Evidence from photovoltaics and green construction in North-East Italy. **Research Policy**, v. 45, n. 8, p. 1649-1659, 2016.
- LIMA, I. G.; BARROCA, B. B.; OLIVEIRA, P. S. Influência do telhado ecológico com plantas verdes no conforto ambiental. VI EPCC, CESUMAR. Maringá, 2009
- LIU, Hongxun; LIN, Boqiang. Ecological indicators for green building construction. **Ecological Indicators**, v. 67, p. 68-77, 2016.
- MAO, Ruichang et al. Quantification of carbon footprint of urban roads via life cycle assessment: Case study of a megacity-Shenzhen, China. **Journal of Cleaner Production**, v. 166, p. 40-48, 2017.

MOHAMMADI, Sahra; BIRGONUL, M. Talat. Preventing claims in green construction projects through investigating the components of contractual and legal risks. **Journal of Cleaner Production**, v. 139, p. 1078-1084, 2016.

PEREIRA, Priscila Gislei Grigoletto et al. Análise financeira e ambiental para a instalação de telhado verde no ambiente construído a partir do projeto casa pet. **Cidades Verdes**, Si, v. 03, n. 04, p.70-84, 2015.

PEUPOORTIER, Bruno; THIERS, Stéphane; GUIAVARCH, Alain. Eco-design of buildings using thermal simulation and life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 39, p. 73-78, 2013.

PIGOSSO, Daniela CA; ROZENFELD, Henrique; MCALOONE, Tim C. Ecodesign maturity model: a management framework to support ecodesign implementation into manufacturing companies. **Journal of Cleaner Production**, v. 59, p. 160-173, 2013.

REZENDE, Greyce Bernardes de Mello; BRITO, Adam Luiz Claudino de; FREITAS, Lucia Santana de. A prática do ecodesign na construção civil e a busca pelo direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. **Holos**, [s.l.], v. 4, p.266-281, 19 set. 2017. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN).

SILVA, M. V. **Desenvolvimento de tijolos com incorporação de cinzas de carvão e lodo provenientes de estação de tratamento de água**. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

TREIN, Fabiano André; DOS SANTOS, Aguinaldo. Material compósito de resíduos de MDF e MDP estruturados em matriz de PVC para produtos alinhados pelo eco-design. **Anais do 5º Simpósio Brasileiro de Design Sustentável**, v. 2, n. 5, 2016.

TUKKER, Arnold et al. Eco-design: the state of implementation in Europe—conclusions of a state of the art study for IPTS. **The Journal of Sustainable Product Design**, v. 1, n. 3, p. 147-161, 2001