

Análise bibliométrica e sistêmica sobre métodos de identificação de oportunidades de reuso de resíduos sólidos

Bibliometric and systemic analysis on methods to identify solid waste reuse opportunities

RESUMO

As legislações na área de resíduos tornam-se cada dia mais rigorosas visto os impactos que o lixo vem produzindo no planeta. A reciclagem é a prática mais comum para redução de resíduos, entretanto um ponto não muito explorado é o reuso, que se apresenta hierarquicamente antes no princípio dos 3Rs. Motivado por uma pesquisa que visa levantar os métodos de reuso de produtos existentes, esse artigo apresenta uma revisão da literatura sobre o assunto. A metodologia *Proknow-C* foi utilizada para realizar a pesquisa, onde ao final foram separados 19 artigos para análise bibliométrica e sistêmica. A partir da leitura dos artigos foi encontrado apenas um método de reuso de produtos (SMIROSG), as demais técnicas encontradas analisam, organizam e ajudam na tomada de decisões em relação a praticas de reuso pré-determinadas (ACV, Simbiose industrial, Logística reversa, DEMATEL, AHP, FEHP, *Multiattribute Utility Function*, LINMAP). Ao final são apresentados objetivos de pesquisa futuras baseados nos métodos SMIROSG e *Product DNA*.

PALAVRAS-CHAVE: Reuso. Reutilização. Métodos. Resíduos

ABSTRACT

THE WASTE LEGISLATIONS ARE BECOMING MORE AND MORE SEVERE CONSIDERING THE IMPACTS THAT GARBAGE HAS BEEN PRODUCING ON THE PLANET. RECYCLING IS THE MOST COMMON PRACTICE FOR WASTE REDUCTION, BUT A POINT NOT MUCH EXPLORED IS THE REUSE, WHICH SHOWS UP HIERARCHICALLY BEFORE RECYCLING ON THE 3RS RULE. MOTIVATED BY RESEARCH THAT AIMS TO SEARCH THE EXISTING METHODS OF REUSE PRODUCTS, THIS ARTICLE PRESENTS A REVIEW OF THE LITERATURE ON THIS SUBJECT. THE PROKNOW-C METHODOLOGY WAS USED TO GUIDE THE RESEARCH, IN THE END, 19 ARTICLES WERE SEPARATED FOR BIBLIOMETRIC AND SYSTEMIC ANALYSIS. BY READING THE ARTICLES, ONLY ONE METHOD ON PRODUCT REUSE WAS FOUND (SMIROSG), THE OTHER TECHNIQUES FOUND ANALYZE, ORGANIZE AND HELP TO MAKE DECISIONS RELATED TO PRE-DETERMINED REUSE PRACTICES (ACV, INDUSTRIAL SYMBIOSIS, REVERSE LOGISTICS, DEMATEL, AHP, FEHP, MULTIATTRIBUTE UTILITY FUNCTION, LINMAP). AT THE END ARE PRESENTED OBJECTIVES FOR FUTURE RESEARCH BASED ON THE SMIROSG AND PRODUCT DNA METHODS.

KEYWORDS: Reuse. Methods. Waste.

Isabelly Behlau Spindola
isabellyspindola@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil
Marco Aurélio de Carvalho
marcoarelio@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

As legislações na área de resíduos tornam-se cada dia mais rigorosas visto os impactos que o lixo vem produzindo no planeta. No Brasil a lei 12.305 (Brasil, 2010) prevê que é dever de cada indústria a elaboração de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos. A reciclagem é a prática mais comum para redução de resíduos, entretanto um ponto não muito explorado é o reuso, que se apresenta hierarquicamente antes no princípio dos 3Rs, já que reutilizar consome menos energia do que reciclar (SOARES, 1998). Muitas vezes, ocorrem equívocos quanto ao uso dos termos reuso e reciclagem. Nesse trabalho é utilizada a definição da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010): reuso é o aproveitamento de resíduos sólidos sem sua transformação física, biológica ou físico-química e reciclagem envolve a modificação das propriedades físicas, biológicas ou físico-químicas do resíduo.

Há vários exemplos de aplicação da estratégia de reuso ou reutilização. Entre eles, encontram-se a produção de joias a partir de componentes elétricos e eletrônicos, fabricação de sacolas a partir de materiais recicláveis (ORDONEZ, 2012), reforço do solo com uso de camadas de pneus (BELABDELOUAHAB, 2014), substituição parcial do cimento por resíduos industriais (RANA, 2015) e a reutilização de *smartphones* como parquímetros (ZINK, 2014). Quase todos os exemplos são produto de brainstorming, ou seja, foram procuradas técnicas para reutilizar um material em específico, não foi seguido nem proposto um método para resíduos de forma abrangente. Visto a necessidade da realização de práticas de reuso, tanto para o cumprimento das legislações, quanto para a manutenção da sustentabilidade na sociedade, esse trabalho tem o objetivo de levantar os métodos de reuso, assim como exemplos de aplicações dos mesmos, a partir de uma revisão da literatura. Além disso, são feitas uma análise bibliométrica e uma análise sistêmica para analisar o estado da arte do assunto.

METODOLOGIA

O método utilizado para a pesquisa foi o *Proknow-C* (DOS SANTOS, 2017), constituído de quatro etapas: seleção de um portfólio bibliográfico; análise bibliométrica do portfólio bibliográfico; análise sistêmica do portfólio bibliográfico e elaboração dos objetivos de pesquisa.

A pesquisa bibliométrica foi realizada através da identificação de trabalhos publicados em inglês nas áreas de engenharia e ciência ambiental nas bases de dados *Scopus*, *Web of Science* e *Science Direct*. Não foi delimitado um período de tempo, pois o objetivo era analisar todos os artigos já publicados sobre o assunto. Títulos, palavras-chave e resumos foram examinados. Foram utilizadas quatro combinações de palavras-chave, seguindo a lógica booleana: (*identifying OR creating*) AND *reuse* AND (*opportunities*), (*creative AND reuse*) OR *repurposing*) AND (*solid AND waste*) AND *method*, (*waste AND (reuse OR repurposing)* AND (*technology AND push*)) e (*systematic AND reuse AND waste AND NOT water*).

A ferramenta *Mendeley Desktop* foi usada para reunir e organizar os artigos encontrados. Depois de eliminar os trabalhos repetidos, foi feita a leitura dos títulos, para selecionar os que eram mais compatíveis com o assunto da pesquisa.

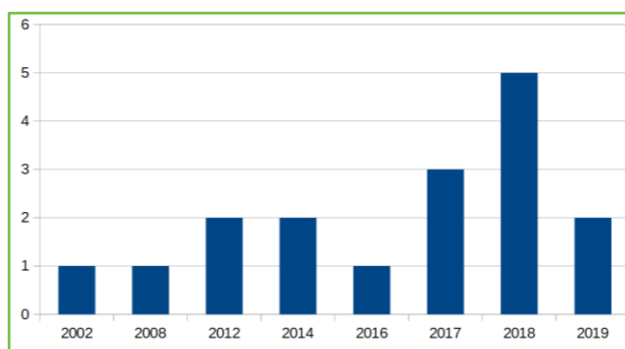
O número de citações de cada artigo foi consultado no Google Acadêmico, mas, nenhum trabalho foi descartado devido ao baixo número de citações. Ao final, depois de analisados os artigos integralmente, foram separados 19 trabalhos que se mostraram mais relevantes.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Embora a pesquisa tenha sido feita para todos os anos em que há registros de publicações nas bases de dados, foram encontrados artigos apenas entre 2002 e 2019. Pode-se observar um aumento das publicações a partir de 2017 (Figura 1). Há ainda um pequeno número de artigos no ano de 2019, pois a pesquisa foi feita até maio desse ano.

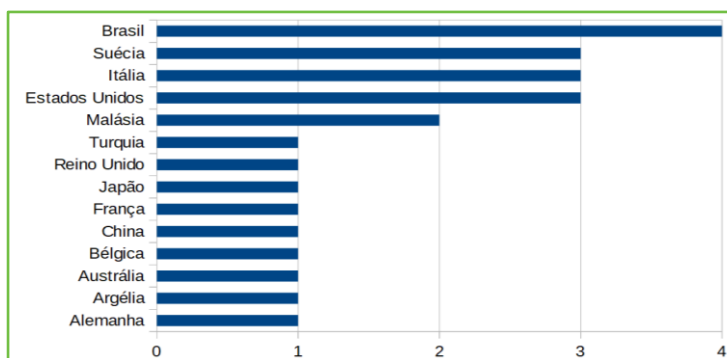
Figura 1 – Número de publicações por ano



Fonte: Autoria própria (2019).

Foi analisada também a nacionalidade das pesquisas a partir da origem dos autores. Como um trabalho pode ter mais de um autor com nacionalidades diferentes, alguns artigos apresentaram mais de um país de origem. Na Figura 3, é mostrada a distribuição das publicações entre os 14 países de origem dos artigos.

Figura 2 – Número de publicações por países



Fonte: Autoria própria (2019).

Em relação à autoria, os trabalhos foram escritos por 69 autores diferentes. A autora Isabel Ordoñez foi a única que publicou dois dos artigos selecionados. Os demais autores apareceram apenas em um artigo cada. A partir da análise das

fontes de publicações dos artigos, contabilizou-se 10 periódicos e 3 conferências, dos quais apenas o periódico *Journal of Cleaner Production* apresentou mais de um artigo, totalizando 6 publicações dos trabalhos selecionados para o portfólio.

ANÁLISE SISTÊMICA

A partir da leitura dos artigos selecionados, foram encontrados os seguintes métodos de gerenciamento de resíduos: Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), Simbiose Industrial, Logística Reversa, Técnicas de Programação e Modelos de Decisão, Método Sistemático para Identificação de Oportunidades de Reuso de Bens de Suporte /*Systematic Method for Identifying Reuse Opportunities of Supporting Goods (SMIROSG)* e *Brainstorming*.

A Avaliação do ciclo de vida é um processo que analisa os impactos ambientais de produtos, desde sua criação até sua eliminação (YAO, 2018). Além disso, essa metodologia é um poderoso instrumento de tomada de decisões para o fim da vida de produtos, permitindo a identificação de uma política de gestão de resíduos mais apropriada para reduzir danos ambientais (ZINK, 2014).

A Simbiose Industrial refere-se ao compartilhamento de recursos entre empresas, incluindo não apenas resíduos, como também materiais, água e energia (FRAZÃO, 2017). O intercâmbio desses elementos minimiza a entrada de materiais virgens e energia, assim como a produção e emissão de resíduos (PATRICIO, 2018). A Simbiose Industrial pode gerar ideias de reuso, já que para que o sistema funcione é necessário estudar a ligação entre os produtos e resíduos das indústrias participantes, entretanto a Simbiose Industrial não prevê uma sistemática específica para isso.

A Logística Reversa é um processo de planejamento que visa recuperar parte do valor dos produtos usados, gerando ganhos econômicos, ambientais e sociais (SELLITTO, 2018). Esse método inclui a identificação, coleta, classificação, compactação, armazenamento intermediário, recolhimento, transporte, entrega e análise de valor dos resíduos (SELLITTO, 2018).

Técnicas de Programação e Modelos de Decisão: Estas técnicas servem para avaliar e selecionam o melhor meio de lidar com os resíduos. Tais métodos não tratam sobre como reutilizar ou reciclar materiais, mas, ajudam a decidir sobre a viabilidade econômica, ambiental e social de oportunidades previamente identificadas. Fazem parte desta categoria a Técnica de Programação Linear para Análise Multidimensional de Preferência, Função de Utilidade Multi-atributo, Laboratório de avaliação e avaliação de decisão, Processo de hierarquia analítica, Método de análise de extensão no AHP *fuzzy*.

SMIROSG: Esse método tem como objetivo encontrar oportunidades para o desenvolvimento de produtos a partir de resíduos. Foi criado para bens de suporte, que são produtos gerados para serem suportes de outros, como embalagens, mas, em princípio, pode ser aplicado para quaisquer outros resíduos. A sistemática se baseia na caracterização do produto por suas propriedades, e posteriormente uma pesquisa de imagens, a partir disso é possível levantar ideias de reuso para o resíduo (FRAZÃO, 2017).

Brainstorming: Esta categoria concentra casos específicos de reuso em que foi aplicado o brainstorming, de modo formal ou não, para gerar as ideias de reuso.

ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS DE PESQUISA

Apenas a sistemática SMIROSG apresentou um processo estruturado e especificamente voltado para encontrar oportunidades de reuso de resíduos. Nos demais resultados, encontram-se métodos que analisam, organizam e ajudam na tomada de decisões em relação a práticas de reuso pré-determinadas.

O artigo que apresenta o SMIROSG (FRAZÃO, 2017) traz outro método que pode ser usado para o reuso de resíduos. O Product DNA é uma metodologia que auxilia na inovação e aprimoramento de produtos a partir da variação de suas propriedades e funções. Pode-se tanto a partir de uma modificação de uma propriedade gerar ideias de novas funções para o produto, como também procurar uma propriedade que realize uma função desejada. Embora o método não seja específico para o reuso de produtos, ele pode ser adaptado para esse tema.

O método SMIROSG se baseia nas propriedades para investigar em quais funções o resíduo poderia ser usado. Seria interessante, portanto, seguir a linha do *Product DNA*, criando ou adaptando um método, para explorar sistemáticas que a partir de uma função necessária permita escolher resíduos que tenham propriedades para cumprir essa necessidade, ou a partir de uma função necessária permita encontrar resíduos que já apresentem essa função.

CONCLUSÃO

A partir da revisão da literatura foram encontrados alguns métodos de gerenciamento de resíduos, em geral, eles analisam, organizam e ajudam na tomada de decisões em relação a práticas de reuso pré-determinadas. Entretanto, apenas um artigo trouxe uma técnica voltada especificamente para gerar oportunidades de reuso. O método SMIROSG trouxe uma estrutura que conduz de maneira simples o pesquisador a ter ideias para a reutilização de resíduos a partir da análise de suas propriedades, o que se mostra muito vantajoso, já que, além de ter baixo custo, permite que profissionais de qualquer área apliquem o método e cheguem a um resultado. Visto que a geração de lixo tem aumentado com o decorrer dos anos, assim como as leis e políticas de gerenciamento de resíduos, foram propostos como objetivos para pesquisas futuras a criação ou adaptação de um método que gere oportunidades para o reuso de resíduos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UTFPR, FUNTEF-PR, CAPES, CNPq e Fundação Araucária pelo apoio para a realização e apresentação deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BELABDELOUAHAB, F.; TROUZINE, H. Research and enhancement of used tyres, such as material innovative in Algeria. **Physics Procedia**, v. 55, p. 68-74, 2014.

Brasil. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. [S. l.], 2 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm. Acesso em: 29 abr. 2019.

DOS SANTOS, Anderson Idacir, SCHENATTO, Fernando José A., OLIVEIRA, Gilson A. Metodologia PROKNOW-C para construir o conhecimento acerca de previsão de demanda utilizando séries temporais. **VII Congresso brasileiro de engenharia de produção**, Ponta Grossa, PR, Brasil, 2017.

FRAZÃO, Murilo F.; DE CARVALHO, Marco A.; DE CARVALHO, Júlio C. Systematically finding opportunities for product reuse the case of PET bottles. 2017 **International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)**. IEEE, 2017. p. 1387-1394.

PATRICIO, Joao et al. Enabling industrial symbiosis collaborations between SMEs from a regional perspective. **Journal of cleaner production**, v. 202, p. 1120-1130, 2018.

RANA, Aditya; KALLA, Pawan; CSETENYI, Laszlo J. Sustainable use of marble slurry in concrete. **Journal of Cleaner Production**, v. 94, p. 304-311, 2015.

SELLITTO, Miguel Afonso. Reverse logistics activities in three companies of the process industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 187, p. 923-931, 2018.

SOARES, Ana Paula Macedo; GRIMBERG, Elisabeth. Coleta Seletiva e o princípio dos 3Rs. **Instituto Pólis**, 1998.

ORDONEZ, Maria Isabel; RAHE, Ulrike. How design relates to Waste: a categorization of Concrete examples. **Proceedings of the 17th International Conference Sustainable Innovation 2012, Bonn, Alemanha, out 29-30**. 2012.

YAO, Liming et al. An integrated method of life-cycle assessment and system dynamics for waste mobile phone management and recycling in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 187, p. 852-862, 2018.

ZINK, Trevor et al. Comparative life cycle assessment of smartphone reuse: repurposing vs. refurbishment. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 19, n. 5, p. 1099-1109, 2014.