ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA SOBRE A UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS NO MELHORAMENTO DO SOLO PARA PAVIMENTAÇÃO[1]

TEIXEIRA, W., Universidade Tecnológica Federal do Paraná, email: wagnerteixeira@alunos.utfpr.edu.br; CARDOSO, A., Universidade Tecnológica Federal do Paraná, email: alexandrecardosomj@gmail.com; IAROZINSKI, A.; Universidade Tecnológica Federal do Paraná, email: alfredo.utfpr@gmail.com

ABSTRACT

The industrial sector waste generation is exponential and increases every year, it is sought to reuse the waste in order to improve or create a characteristic of a raw material. In response to the high volume of waste generated, the country is facing a financial crisis, scarcity of natural resources and a need for new technologies in infrastructure works. Through the bibliometric analysis, we list the most applied residues, of which segment, less waste and residues that do not fit the geotechnical aim. An appropriate search string was created to obtain a RIS (Research Information Systems) file, and thus through VOSviewer software, to obtain a bibliometric mapping of the waste under study in the area of geotechnical engineering of pavement. From the bibliometric map was defined 3 groups (clusters) with a minimum number of keywords in 5 occurrences. From the map it is analyzed which materials and which segments are under study by the academic community. The interpretation of the results shows that in the first cluster predominate materials derived or directed to the civil construction. Cluster number 2 encompasses industrial materials. The third cluster involves industrial materials and elements of chemical analysis.

***Keywords**: Waste. Modified Soil. Stabilized Soil. Bibliometric.*

1 INTRODUÇÃO

Com a ascensão dos diversos setores industriais, a geração de resíduos tem sido cada vez maior e com isso a questão do gerenciamento dos mesmos tem se tornado uma preocupação mundial, tanto que em alguns países esta prática é tratada como lei. Na Europa, os resíduos são gerenciados por meio da Diretiva 2008/98/CE (EUROPEAN UNION, 2008), a qual estabelece a necessidade de planos de gerenciamentos de resíduos por parte dos países membros.

De acordo com a ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Coleta de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2008; 2012), no ano de 2007 a coleta de resíduos sólidos de construção e demolição no pais era de 72.597 toneladas/dia, chegando a 26,5 milhões de toneladas/ano. Em 2012 esse número chegou a 112.248 toneladas/dia, o que representa aproximadamente 41 milhões de toneladas/ano, um aumento de 54% num período de cinco anos.

Em contrapartida ao volume gerado de resíduos, o país enfrenta o aumento da escassez de recursos naturais e a necessidade do surgimento de novas tecnologias em obras de infraestrutura em geral.

[1] TEIXEIRA, W., CARDOSO, A., IAROZINSKI, A. Análise bibliométrica sobre a utilização de resíduos no melhoramento do solo para pavimentação. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

Um dos modos de aplicabilidade dos resíduos é a incorporação dos mesmos em solos para uso nas obras de pavimentação urbana e rodoviária. O solo por ser um ser um material de estrutura porosa, não rígida e de forma complexa, em diversas ocasiões se faz necessário uma correção em sua granulometria para suportar as solicitações as quais está submetido.

O artigo busca listar os diversos resíduos em estudo pela comunidade científica, bem como os locais que esta pesquisa se concentra, como países e universidades, assim sendo possível analisar a viabilidade de quais resíduos poderão ser objeto de estudos.

A utilização dos resíduos e rejeitos de indústrias em obras de pavimentação, além de proporcionar a valorização do material, favorece uma redução significativa de impactos ambientais provenientes do descarte, em diversos casos inadequados, de tal material no meio ambiente.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar a versatilidade da aplicação da análise bibliométrica em pesquisas científicas, com enfoque na variabilidade de resíduos aplicáveis ao melhoramento mecânico de solos, para fins geotécnicos em pavimentação.

3 ESTUDOS BIBLIOMÉTRICOS

Com o grande crescimento da produção acadêmica em periódicos nos últimos anos, necessitam-se sistemas eficientes para facilitar a informação e a organização. Com a análise bibliométrica, torna-se possível identificar principais periódicos, principais publicações, o impacto e a qualidade alcançada (Rojas-Sola, 2007).

O método da análise bibliométrica é útil para identificar também quais áreas de pesquisas estão em tendência. Também muito importante para avaliar o desempenho de instituições, centros de pesquisa, períodicos e autores, como também campos de pesquisa (Bi, 2013).

Nos últimos anos, alguns trabalhos sobre análise bibliométrica de resíduos sólidos foram realizados. H Fu (Fu et al., 2010), H. Ma (Ma et al., 2011), e L. Yang (Yang et al., 2013).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O método utilizado foi o da coleta de dados, através de uma base de periódicos disponível na rede. Teve-se como base linhas de pesquisas pré-estabelecidas, na área de melhoramento de solos com adição de resíduos para fins geotécnicos, onde foi possível realizar uma "string" mais refinada contendo os materiais de interesse e os mais utilizados para tal finalidade.

Com a "string" definida, acessou-se a base de interesse, neste caso a SCOPUS e iniciou-se a realização da busca pelos artigos e materiais de interesse.

Obteve-se uma linha "query" de pesquisa para buscar os artigos relacionados ao melhoramento mecânico de solo para fim de pavimentação com a utilização de resíduos. A linha de pesquisa demonstra a melhor tentativa de abranger artigos somente relacionados ao tema.

Após uma query definida, criou-se uma rede bibliométrica representativa dos resíduos utilizados, através dos dados em formato RIS (Research Information Systems).

Obtidos os arquivos em RIS (Research Information Systems), e fazendo-se uso do software VOSviewer versão 1.6.5, cria-se um mapa baseado em dados bibliográficos, e define-se o número mínimo de uma palavra chave em 5 ocorrências. Possibilitando o delineamento de grupos variados, de acordo com a necessidade, facilitando a localização de grupos de pesquisa, tipos de materiais e universidades.

Criam-se grupos, "cluster", com tamanhos de 74 itens para o primeiro grupo, 52 itens para o segundo grupo e 46 itens para o terceiro grupo, organizando em cada grupo materiais semelhantes.

Por fim, analisa-se a rede bibliométrica em 3 clusters para definir os resíduos mais utilizados, seus segmentos, os menos utilizados e aqueles que não proporcionam melhoramento mecânico ou não se aplicam.

A string utilizada neste trabalho foi definida como: ("soil estabilization" OR "soil improvement" OR "soil improved" OR "soil-mixture") AND ("pavement" OR "roadways" OR "highways" OR "local ways" OR "pavement") AND ("waste" OR "building waste" OR "CDW" OR "construction waste" OR "construction and demolition waste").

5 ANÁLISE DE RESULTADOS

Com base na string utilizada, relacionada a linha de pesquisa de interesse, a base de dados retornou 814 artigos. Dos quais foi possível localizar, por meio da análise bibliométrica, os principais periódicos que vem sendo realizada tais publicações. Os mesmos estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Principais períodos que recebem publicações sobre solo-resíduo

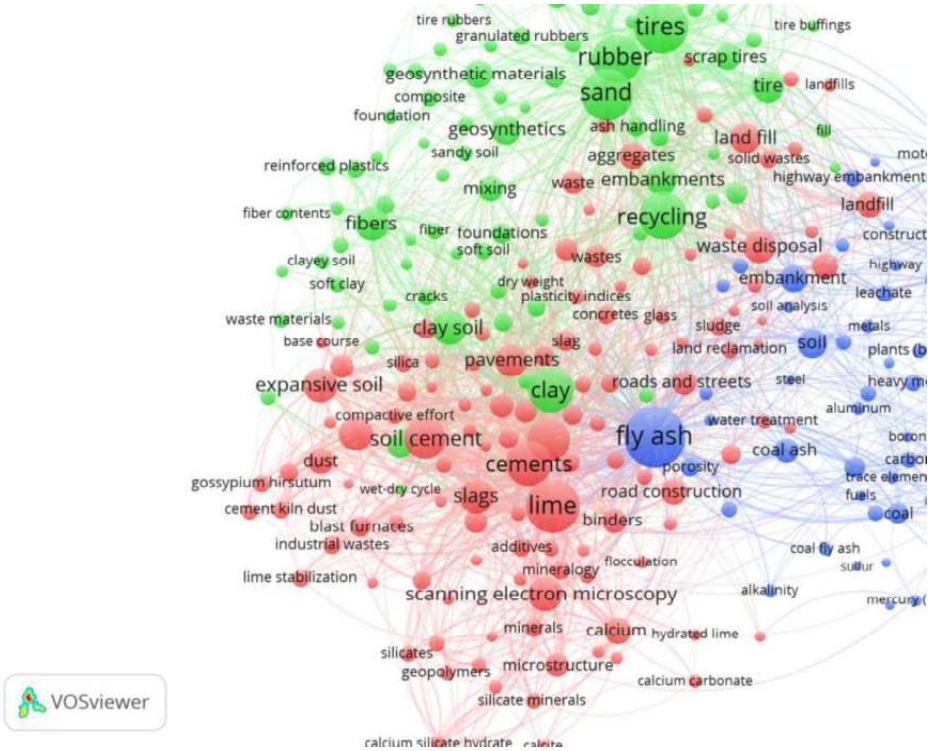
Periódico	**Conceito Capes**	**Área de Avaliação**
Geotechnical Special Publication	Exceção, não consta na CAPES. H index = 25	
Journal of Materials in Civil Engineering	A1	Engenharias I
Geotechnical and Geological Engineering	B2	Engenharias I e II
Construction and Building Materials	A1	Engenharias I e II
Electronic Journal of Geotechnical Engineering	C	Engenharias I

Fonte: Os autores

Além disso, também foi possível obter como resultado alguns indicadores, tais como, que os países que mais possuem publicações são: Estados Unidos, Índia e China. O Brasil ocupa o 14º lugar em número de publicações na área. Países desenvolvidos e emergentes estão entre os maiores publicadores, remete-se à necessidade de reutilização do resíduo,

principalmente nos Estados Unidos, país com a maior linha viária do mundo, mais de 6,5 milhões de quilômetros (Leal, C., 2012), e China, país com um dos maiores índices de geração de resíduos.
A Figura 1 apresenta, em forma de grupos, o resultado obtido da análise bibliométrica, através do software VOSviewer, dos principais resíduos aplicados em melhoramento de solo nas diversas partes do mundo. Destaque especial para o grupo em vermelho, denominado como grupo 1 e da facilidade de organização de cluster, pelo mapeamento bibliométrico.

Figura 1 – Rede bibliométrica com foco no grupo 1 (em vermelho)



Fonte: Os autores

Apresenta-se na Figura 1 a diversidade de materiais relacionados à aplicação em solos. O resultado traz 3 *cluster* onde existe uma tendência de autores se citarem entre si, ou seja, autores do *cluster* vermelho se citam entre si, assim como o do azul e do verde.
A maior parte das publicações (52,1%) refere-se a fins de engenharia. Porém destacam-se artigos onde remetem ao meio ambiente, ciência dos materiais, agricultura e energia. Observa-se que contempla inclusive outras áreas de grande impacto.
Dos resultados obtidos foi possível analisar a aplicabilidade de resíduos em diversos segmentos, os materiais que compõeo grupo 2 são voltados para área de materiais.
Os materiais que compõe o grupo 3 são voltados para pesquisas de análise química.
Como resultado, foi obtido uma tabela com os resíduos utilizados (Tabela 2), onde é possível observar, além do tipo do resíduo, o número de ocorrências (mínimo 5 ocorrências) e qual cluster está inserido.

Tabela 2 – Tipos de resíduos, ocorrência e cluster a que pertence

Resíduo	Ocorrência	Cluster	Resíduo	Ocorrência	Cluster
Pneus	163	2	Cinza volante	135	3
Cal	116	1	Borracha	86	2
Cimento	65	1	Fibras	48	2
Escória	42	1	Geossintéticos	38	2
Resíduos industriais	35	1	Resíduos de construção	31	1
Cálcio	26	1	Lodo	24	3
Polímeros	22	3	Cinza de carvão	21	3
Resíduos sólidos	21	1	Cinzas	18	3
Carvão	16	3	Cinza casca de arroz	14	3
Polipropilenos	14	1	Pó cimento de forno	13	3
Minerais	12	3	Sílica	12	3
Metais pesados	11	3	Carbono	10	3
Crômio	10	3	Algodão	9	2
Ferro	9	3	Polímero inorgânico	9	1
Geopolímeros	8	3	Vidro	8	1
Zinco	7	3	Cádmio	6	3
Mercúrio	6	3	Aço	5	3

Fonte: Os autores

A interpretação da tabela pressupõe características semelhantes entre os resíduos de cada grupo. Observa-se que no primeiro cluster predominam materiais provenientes ou direcionados à construção civil. São materiais que geram grande quantidade de resíduos e são produzidos em grande escala. O cluster número 2 engloba materiais industriais, como borrachas provenientes do processo industrial de vulcanização, utilizadas em larga escala em automóveis. É um material com determinante dificuldade de reutilização, portanto, alvo de estudo em resíduos. O terceiro cluster envolve materiais industriais e elementos de análise química, onde existe uma dificuldade em onde utilizar seus resíduos e quais propriedades afetam-se, visto que são elementos que contaminam o solo.

5 CONCLUSÕES

A análise bibliométrica apresentou-se satisfatória e com um potencial para mapeamento de pesquisas, análise de viabilidade de novos estudos em resíduos e verificar materiais já estudados. O solo é um material eficiente por ter uma coesão e características que permitem aglomerar novos materiais em sua mistura. Em face ao número crescente da geração de resíduos, o solo torna-se foco de estudo para amenizar impactos ambientais, melhorando sua qualidade para específicas aplicabilidades.

Além disso, foi essencial a utilização do software VOSviewer em conjunto com a análise bibliométrica, facilitando a delimitação de cluster, com isso facilitando a interpretação dos resultados obtidos. Por fim, foi atendido o interesse na busca pelos principais resíduos aplicados no melhoramento do solo para fins geotécnicos.

AGRADECIMENTOS

Os autores são profundamente agradecidos pelo apoio da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. São Paulo: **Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE)**, 2013. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>, Acesso em: 07 de março de 2018.

BI, H. 2013. A Bibliometric Investigation of Research Trends on Sulfate Removal. Deslin. Water Treat. 52 (31-33), 6040-6049. Http://dx.doi.org/10.1080/19443994.2013.

EUROPEAN UNION. European Parliament and of the Council. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil. Directive 2008/98/EC, 19 novembro, 2008. **Official Journal of the European Union**. L312/3 28p.

FU, H. Z., HO, Y. S., SUI, Y. M., 2010. A Bibliometric analysis of solid waste research during the period 1993-2008. **Waste management** 30 (12), 2410. http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2010.06.008.

LEAL C. TOP 5 - Maiores malhas rodoviárias do mundo. **Deutsche Welle**, 2012. Página: http://p.dw.com/p/16kHn. Acesso em: 25/11/2017.

MA, H., HO, Y. S., FU, H. Z., 2011. Solid Waste related research in Science Citation Index Expanded. **Arch. Environ. Sci.** 48 (1), 275-276.

ROJAS-SOLA, N.H.; LI, S. A Study of the Effectiveness of Passive Climate Control in Naturally Ventilated Residential Buildings in Singapore. **Building and Environment**, v.42, n.1, p 1395-1405, 2007.

YANG, L., CHEN, Z., LIU, T. 2013. Global Trends of Solid Waste Research from 1997 to 2011 by Using Bibliometric Analysis. **Scientometrics** 96 (1), 133-146. http://dx.doi.org/10.1007/s11192-012-0911-6.