

PANORAMA INTERNACIONAL DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO

LUMA MICHELLY SOARES RODRIGUES MACRI
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

ERIVALDO MOREIRA BARBOSA

MARIA DE FÁTIMA NÓBREGA BARBOSA

Introdução

A pesquisa sobre a gestão dos resíduos no Brasil e no mundo são evidenciadas pela necessidade de se conhecer o atual panorama da geração de resíduos e a forma como esta geração deve ser avaliada. Edjabou et al. (2015) defendem que para o planejamento e avaliação ambiental da gestão de resíduos, bem como a recuperação de recursos são necessários dados precisos e confiáveis sobre as características e a composição dos resíduos para o desenvolvimento de um sistema e a melhora de tecnologias.

Problema de Pesquisa e Objetivo

O presente estudo buscou responder ao seguinte problema de pesquisa: qual o panorama da produção científica internacional sobre a Gestão de resíduos sólidos? Além disso, tem como objetivo analisar a produção científica internacional sobre Gestão de resíduos sólidos, buscando a compreensão das principais características das publicações científicas, como os principais clusters de coautoria entre autores, países e organizações, assim como os termos em evidência nas publicações sobre a temática, com a geração de redes bibliométricas por meio do software VOSviewer.

Fundamentação Teórica

A Gestão de resíduos sólidos e a Política Nacional de resíduos sólidos A política nacional de resíduos sólidos, instituída pela Lei de nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 e regulamentada pelo Decreto n. 7.404, de 23 de dezembro de 2010, aparece como uma importante ferramenta para o avanço do Brasil em termos de desenvolvimento sustentável, tendo em vista que busca responsabilizar aqueles que geram os resíduos, desde as empresas até os cidadãos, no sentido de contribuir com um manejo e descarte adequado destes, com destaque para a reciclagem e reutilização.

Metodologia

Esta pesquisa utilizou técnicas avaliativas – em que foram observadas medidas de produtividade e métricas de impacto – e relacionais, através de construção de mapas e redes de coautoria e ocorrência. Ainda por proporcionar uma perspectiva geral sobre o objeto em estudo (do tipo aproximativo) e por procurar descrever as características deste mesmo objeto, a pesquisa se caracteriza como exploratória e descritiva (GIL, 2008).

Análise dos Resultados

A partir das análises realizadas, foi possível identificar que as primeiras publicações realizadas sobre a temática foram realizadas no ano de 1997, sendo acelerada a partir de 2010 e atingindo o maior número em 2020. A área de Ciências ambientais foi a que mais se destacou dentro das publicações encontradas, seguida da Engenharia ambiental com 498 publicações. O autor que merece destaque pela sua importância e abrangência dentro deste tema é Huang GH e o país que mais publicou foi a China, que atingiu um percentual de 17% do total de trabalhos publicados, seguidos dos Estados Unidos.

Conclusão

De forma geral, percebe-se que a temática está em desenvolvimento, atingindo um crescimento de interesse, além de definir claramente os campos e áreas que indicam o direcionamento para novas pesquisas, assim como novas lacunas para serem trabalhadas dentro da temática de gestão de resíduos sólidos.

Referências Bibliográficas

Brasil. (2010, 3 de agosto). 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. Brasília: Diário Oficial da União, seção 1, p. 3. VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Citation-based clustering of publications using CitNetExplorer and VOSviewer. Scientometrics, v.111, p.1053-1070, 2017. doi: <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2300-7>.

Palavras Chave

Gestão de resíduos sólidos, Sustentabilidade, Bibliometria

Agradecimento a órgão de fomento

Agradecemos por nos permitir participar deste evento e por poder contribuir de alguma forma com o desenvolvimento desta temática.

PANORAMA INTERNACIONAL DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO

INTRODUÇÃO

Após a Revolução Industrial, os resíduos começaram a ganhar destaque, principalmente para a saúde pública, e foi a partir de 1970 que os resíduos realmente tiveram um peso ambiental, tanto em nível nacional quanto internacional, pois o tema foi abordado em grandes encontros mundiais, como nas conferências de Estocolmo, em 1972, em seguida na ECO 92, no Rio de Janeiro e, em 1997, na de Tbilisi (VELLOSO, 2008).

Estes encontros e discussões acerca do tema, evidenciam o interesse pela gestão de resíduos sólidos nos municípios, assim como destacam as tendências de alterações na composição dos resíduos. Assim, nos municípios de hoje, os resíduos sólidos são coletados e destinados para um local específico ou processados para buscando a sua reutilização. A recente alteração faz parte da “Revolução da Redução de Resíduos”, que é consequência direta das mudanças econômicas e sociais (WORRELL & VESILIND, 2011), às quais pressionaram alterações em leis nacionais e internacionais, que enfatizam a prática da não geração e redução de resíduos (BRASIL, 2010; EUROPEAN PARLIAMENT, 2008).

Os problemas evidenciados a partir da má gestão dos resíduos sólidos no Brasil têm se acentuado a cada ano. Segundo pesquisa divulgada pela Associação Brasileira de Empresas de limpeza pública e resíduos especiais (Abrelpe), o Brasil produziu no ano de 2018, 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, um aumento de quase 1% com relação ao ano anterior. Desse montante 92% foram coletados, mostrando uma alta de 1.66% em comparação a 2017, mostrando assim, que a coleta aumentou num ritmo um pouco maior que a geração (ABRELPE, 2018). Apesar disso, 6,3 milhões de toneladas de resíduos não foram recolhidos nas cidades. Em comparação com os países da América Latina, o Brasil é o Campeão na geração de resíduos, representando 40% do total gerado (541 mil toneladas/dia, segundo a ONU meio ambiente).

A tendência de crescimento na geração de resíduos sólidos urbanos no país deve ser mantida nos próximos anos. Estimativas realizadas com base na série histórica mostram que o Brasil alcançará uma geração anual de 100 milhões de toneladas por volta de 2030 (IPEA, 2018). Na região Nordeste os números são ainda mais preocupantes, segundo o Portal saneamento básico (2020), cerca de 75% das cidades destinam resíduos sólidos para os lixões, o que evidencia um problema desde a geração até a forma de disposição dos resíduos. O estado do Nordeste com maior número de municípios servidos por aterros sanitários é a Bahia, com 47, segundo estado com mais cidades a destinar seus resíduos a aterros sanitários é Pernambuco, com 40. Na outra ponta, dos 217 municípios do Maranhão, apenas sete destinam resíduos a aterros. A Bahia tem o maior número de cidades a destinar seus resíduos a lixões, 286; seguida pela Paraíba, com 112 municípios de 223 (SNIS, 2018).

Os resíduos sólidos gerados no Brasil passaram a ser regidos através da lei 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), considerada bastante atual, contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao País no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos, dentre os principais mecanismos, prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (aquilo que tem valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado) e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado).

A pesquisa sobre a gestão dos resíduos no Brasil e no mundo são evidenciadas pela necessidade de se conhecer o atual panorama da geração de resíduos e a forma como esta geração deve ser avaliada. Edjabou *et al.* (2015) defendem que para o planejamento e avaliação ambiental da gestão de resíduos, bem como a recuperação de recursos são necessários dados precisos e confiáveis sobre as características e a composição dos resíduos para o desenvolvimento de um sistema e a melhora de tecnologias. Dados e informações próximas da realidade acabam contribuindo para o desenvolvimento de toda a cadeia de resíduos, além de servir como indicadores da atual situação. Sabe-se que as decisões públicas são difíceis de serem tomadas, uma vez que os recursos são insuficientes para atender todos os problemas (JANNUZZI, 2002), tornando-se obstáculos para análise e criação de políticas públicas (CARVALHO, 2005). Dessa forma, faz-se necessário analisar a Gestão de resíduos sólidos sob os vários contextos sociais, ambientais e econômicos onde estão inseridos, sendo necessário um conhecimento mais aprofundado sobre o que se pesquisa dentro da temática.

PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVO

Apesar dos avanços em pesquisas e proposituras destacados sobre o tema, parece adequado analisar o campo de estudo, buscando esclarecer marcos teóricos, assim como áreas de estudo, lacunas de pesquisa ou subcampos em desenvolvimento. Neste sentido, busca-se dar amparo conceitual para a construção de novos paradigmas teóricos acerca da temática abordada.

Assim, o presente estudo buscou responder ao seguinte problema de pesquisa: **qual o panorama da produção científica internacional sobre a Gestão de resíduos sólidos?** Além disso, tem como objetivo analisar a produção científica internacional sobre Gestão de resíduos sólidos, buscando a compreensão das principais características das publicações científicas, como os principais *clusters* de coautoria entre autores, países e organizações, assim como os termos em evidência nas publicações sobre a temática, com a geração de redes bibliométricas por meio do *software* VOSviewer. Partiu-se da premissa de que a presente pesquisa se justifica pela relevância em disponibilizar uma visão abrangente do panorama internacional atual da pesquisa sobre a Gestão de resíduos sólidos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Gestão de resíduos sólidos e a Política Nacional de resíduos sólidos

Para o caso brasileiro o gerenciamento e a gestão de resíduos sólidos devem seguir a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Uma gestão inadequada compromete a infraestrutura e serviços essenciais de saneamento básico (JACOBI; BESEN, 2011), além de colaborar com a manutenção de equipamentos obsoletos e danificados, pessoal inadequado, baixa arrecadação, comprometendo os poucos recursos mal aplicados (MARCHI, 2015). As consequências são negativas, ocasionando diversos problemas ambientais como a degradação do solo, dos corpos d'água e mananciais, poluição do ar, enchentes e proliferação de vetores causadores de doenças, o que afeta diretamente a sociedade (JACOBI; BESEN, 2011), colaborando também com o aquecimento global e as mudanças climáticas (JACOBI; BESEN, 2011; GOUVEIA, 2012).

A gestão de resíduos é formada por etapas, que começa desde a produção e aquisição de um determinado produto até a sua disposição final. Entre as tecnologias de tratamento termal os principais tipos são: incineração/ combustão, gaseificação, plasma e pirólise e a partir destes

surgem as derivações como o leito fluidizado, forno rotatório, forno de cimento entre outros (LOMBARDI; CARNEVALE; CORTI, 2015). Além das possibilidades termais outras formas de tratamento utilizados e mais difundidos são: compostagem, reciclagem, digestão anaeróbia e os aterros sanitários, lembrando que cada forma de tratamento possui suas vantagens e desvantagens (MARCHEZETTI; KAVISKI; BRAGA, 2011).

A política nacional de resíduos sólidos, instituída pela Lei de nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 e regulamentada pelo Decreto n. 7.404, de 23 de dezembro de 2010, aparece como uma importante ferramenta para o avanço do Brasil em termos de desenvolvimento sustentável, tendo em vista que busca responsabilizar aqueles que geram os resíduos, desde as empresas até os cidadãos, no sentido de contribuir com um manejo e descarte adequado destes, com destaque para a reciclagem e reutilização. Além disso, traz importantes contribuições para delimitar as práticas de gestores públicos e particulares, no sentido de elaborar um Plano de resíduos sólidos ecoeficiente.

Pensada de forma integrada com a Política nacional do meio ambiente e com a Política Nacional de Educação Ambiental (conforme art. 5), a PNRS coloca de forma bastante assertiva a necessidade de se acompanhar o ciclo de vida dos produtos a partir do que chama de responsabilidade compartilhada, no sentido de estabelecer uma gestão conjunta dos resíduos sólidos, da qual participam empresas privadas, que são grandes geradoras de resíduos, até o poder público. Nesse sentido, Siqueira (2013) destaca a importância da efetivação desta gestão compartilhada para que a política seja bem-sucedida. Os meios encontrados para esta efetivação são colocados no artigo 31 da referida lei, onde é ressaltada, especialmente para os maiores geradores de resíduos sólidos, como indústrias, a necessidade de investimento no processo de produção dos produtos, de modo que estes possam ser reciclados ou reutilizados, levando em consideração que o produto não se encerra no uso a que se destina inicialmente, mas gera um lixo que pode perdurar até mesmo por gerações.

No que concerne ao poder público, é imposto aos estados, a partir do artigo 11, “ a integração da organização, do planejamento e da execução das funções públicas de interesse comum relacionadas à gestão dos resíduos sólidos nas regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões” (SIQUEIRA, 2013). Além disso, é função do poder público fiscalizar e controlar, através do SISNAMA, as atividades geradoras de resíduos sólidos.

Outro agente importante no processo do ciclo do produto é o consumidor, isto é, aquele para o qual se destina o produto final. Este também é citado na PNRS como responsável pelo processo de gestão dos resíduos sólidos, contudo sua atuação depende de um processo educativo prévio, visto que é exigido desse consumidor uma série de conhecimentos sobre o descarte ou reutilização adequada do produto, além do conhecimento sobre coleta seletiva, entre outros.

Dentre os objetivos da responsabilidade compartilhada, presentes no art. 30 da PNRS estão compatibilizar os interesses entre os agentes econômicos e sociais e os processos de gestão empresarial e mercadológica com os de gestão ambiental (I); promover o aproveitamento de resíduos sólidos, direcionando-os para a sua cadeia produtiva (II); reduzir a geração de resíduos sólidos, o desperdício de materiais, a poluição e os danos ambientais; (III) incentivar a utilização de insumos de menor agressividade ambiental (IV); estimular o desenvolvimento de mercado, a produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis (V). Na mesma seção destinada à responsabilidade compartilhada, pode-se verificar obrigações que recaem sobre fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes.

Uma análise inicial dos dispositivos legais, leva a crer que há uma maior preocupação nas figuras dos fabricantes, importadores, comerciantes e poder público, quanto a responsabilidade compartilhada, destinando-se apenas um dos artigos aos consumidores, e ainda assim, de forma vaga, detendo-se no descarte adequadamente condicionado dos resíduos sólidos gerados. Além disso, parece a preocupação recair no estímulo do mercado, ainda que de produtos e materiais

recicladados, não enfrentando o problema do consumo de modo aprofundado (BERNARDES, 2010).

A despeito dos avanços trazidos pela PNRS para buscar mitigar o problema dos resíduos no país, especialmente as diretrizes direcionadas ao mercado produtivo, estimulando a reciclagem e a reutilização, bem como o transporte e descarte adequado, a lei não atinge o âmago do problema, que está vinculado à lógica do consumo e da descartabilidade desenfreados. Isso porque, mesmo sendo mais ambientalmente saudável a utilização de produtos reciclados, muitos estudos apontam para um certo mito da reciclagem que, se de um lado diminui a exploração dos recursos naturais, por outro gera uma série de problemas em muitos dos processos de reciclagem (BERNARDES, 2010).

Enfrentar a questão dos resíduos sólidos implicaria em enfrentar mais diretamente a estimulação do consumo, o que importa questionar a própria estrutura social e cultural implantada. Sobre esse ponto a cultura organizacional da modernidade determina uma noção de tempo cada vez mais veloz, onde os produtos devem ser consumidos e descartados para a reposição constante dos bens.

Verifica-se que existem uma série de entraves, profundos e enraizados no imaginário social, para a efetiva redução da produção de resíduos, especialmente para a redução do consumo. Neste sentido, embora a PNRS pregue de forma total, a sua efetividade mostra-se ameaçada por não enfrentar as questões que dizem respeito diretamente ao consumidor-gerador. Este, talvez um dos grandes responsáveis pela produção dos Resíduos Sólidos Domésticos, e que, pelas pesquisas apresentadas, tendem a aprofundar-se na produção cada vez maior de resíduos.

Uma revisão bibliométrica colabora para o desenvolvimento da gestão de resíduos possibilitando compreender os limites e tendências de forma geral, apesar de convivermos em situações e realidades distintas. De acordo com Wilson, Velis e Cheeseman (2006), quando países em desenvolvimento avançam nas questões referentes ao gerenciamento dos resíduos sólidos, devem levar em conta que estão interferindo também com os meios de subsistência de uma parte da população urbana, principalmente aquelas atividades ligadas à reciclagem. Nas ações de gestão devem ser observadas as peculiaridades de cada país de forma a não excluir nenhuma variável, seja ela de ordem social, trabalho, ambiental, territorial, político entre outros. Consequentemente implicando no planejamento, tomada de decisão e na implementação de políticas públicas.

METODOLOGIA

Considerando que este estudo buscou mapear a estrutura do campo de conhecimento mencionado anteriormente, por meio de dados, e que, além disso, teve como objetivo o de investigar a evolução do tema, utilizando como parâmetro a performance de pesquisadores e autores, este estudo possui uma natureza bibliométrica (KOSEOGLU, 2016). Dessa forma, utilizou técnicas avaliativas – em que foram observadas medidas de produtividade e métricas de impacto – e relacionais, através de construção de mapas e redes de coautoria e ocorrência. Ainda por proporcionar uma perspectiva geral sobre o objeto em estudo (do tipo aproximativo) e por procurar descrever as características deste mesmo objeto, a pesquisa se caracteriza como exploratória e descritiva (GIL, 2008).

Por sua vez, o procedimento de pesquisa consistiu nas etapas descritas a seguir. O ponto de partida foi a escolha do tema: Gestão de resíduos sólidos. Esta foi uma temática cuja abordagem destacou-se por ser o objeto de estudo para a tese da autora deste estudo.

A segunda etapa foi o levantamento inicial das publicações, cujo procedimento descrito a seguir foi realizado em 28 de fevereiro de 2021. Como base, utilizou-se a plataforma *Web of*

Science (v. 5.35), utilizando-se os índices de pesquisa (coleções) *Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED)*, *Social Sciences Citation Index (SSCI)* e *Emerging Sources Citation Index (ESCI)* – esta escolha ocorreu em função do perfil das publicações em consonância com as áreas representadas por cada uma das coleções selecionadas. Procurou-se publicações que contivessem em seus títulos “Solid waste management”. Optou-se pela busca apenas em títulos (e não em títulos, resumos e palavras-chave) para evitar que trabalhos não relacionados com a temática fossem incluídos por indexação equivocada ou coincidência de menção em resumo. Foram incluídos na pesquisa todos os anos disponíveis na base (1945 a 2020), de maneira a ampliar o máximo possível o escopo do estudo. Essa abordagem inicial, resultou em um total de 1265 publicações identificadas.

Por fim, ainda foi realizado um refinamento para categorias da *Web of science*, onde não foram selecionadas categorias que não estivessem concentradas na área de Gestão, após este refinamento, mantiveram-se na amostra um total de 1068 publicações. Como último refinamento, foram escolhidos apenas os tipos de documento “*article e review*”, atingindo um total de 955. Dessa forma, o total de publicações selecionados foi de 955. O *script* final da busca foi: “Banco de dados: Principal Coleção do *Web of Science* TÍTULO: (“Solid waste management”) Refinado por: *DOCUMENT TYPES: (ARTICLE OR REVIEW) AND [excluding]: DOCUMENT TYPES: (EARLY ACCESS) AND DOCUMENT TYPES: (ARTICLE OR REVIEW)*”.

A segunda etapa consistiu no tratamento dos dados. Inicialmente, ainda na plataforma *Web of Science*, utilizou-se a ferramenta *Clarivate Analytics* e, a partir desta, foram gerados gráficos de frequência abordando publicações por: áreas, anos, periódicos, organizações e países. Por fim, fez-se uso do *software VOSviewer version 1.6.12*. O *VOSviewer* é um programa que oferece ferramentas para construção e visualização de redes bibliométricas (VAN ECK *et al.*, 2017). A partir deste, foram formuladas redes bibliométricas com base nos tipos e unidades de análise listados no quadro 1.

Quadro 1 - Definição dos parâmetros de corte no *VOSviewer*

PARÂMETROS		DESCRIÇÃO
Tipo de Análise	Unidade de Análise	
<i>Co-authorship</i>	<i>Authors</i>	Relação de força que ocorre quando, em síntese, autores participam de publicações em parceria.
<i>Co-authorship</i>	<i>Organizations</i>	Relação de força que ocorre quando, em síntese, organizações participam de publicações em parceria.
<i>Co-authorship</i>	<i>Countries</i>	Relação de força que ocorre quando, em síntese, países participam de publicações em parceria.

<i>Co-occurrence</i>	<i>All Keywords</i>	Relação de força e frequência entre palavras-chave (termos).
----------------------	---------------------	--

Fonte: Adaptado de Van Eck *et al.* (2017)

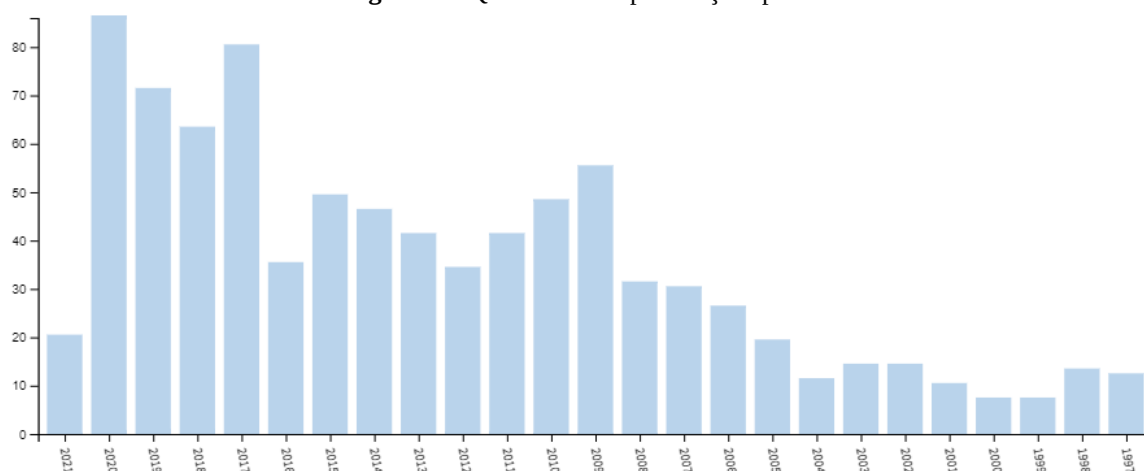
A partir das redes bibliométricas construídas, observou-se, com ênfase, a formação de *clusters* para cada um dos parâmetros elencados no quadro 1. Tal escolha se deu visto que as técnicas de clusterização se apresentam como instrumentos proeminentes no campo da pesquisa bibliométrica, sendo utilizados para identificar grupos de relacionamento entre publicações, autores ou fontes de publicação (VAN ECK *et al.*, 2017).

Por fim, em termos de procedimento, a partir dos resultados gráficos obtidos na etapa, fez-se uma interpretação objetiva dos mesmos, a partir das técnicas avaliativas e relacionais aplicadas, procurando dar destaque aos aspectos mais relevantes em termos de métricas e associação.

DISCUSSÃO

As primeiras publicações sobre a temática Gestão de resíduos sólidos aconteceram em 1997. Dentre as 12 publicações realizadas neste ano, destacam-se *Economic evaluation of a regionalization program for solid waste management in a metropolitan region* de Chang, NB; Lin, YT. *Federalism and environmental policy - The case of solid waste management* de Weiland, P; O'Leary, R e *Planning for sustainable solid waste management in urban India* de Sudhir, V; Srinivasan, G; Muraleedharan, VR. A partir destas, o volume de publicações se deu conforme apresenta a figura 1, a seguir.

Figura 1 – Quantidade de publicações por ano

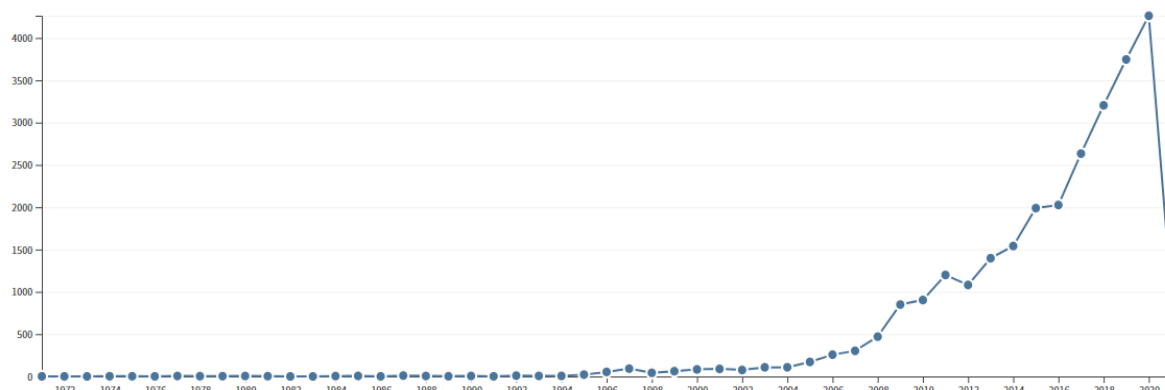


Fonte: Web of Science (2021)

Pode-se observar que após os dois primeiros anos de publicações ocorreu uma pequena queda, e em seguida converge para uma tendência de crescimento nos anos seguintes. Tal tendência, porém, não se concretiza em um crescente anual, pois o fluxo de publicações

apresenta bastante variabilidade ano após ano. Porém, no ano de 2017 o volume de publicações sobre a temática acentua o crescimento até atingir seu pico em 2020, atingindo o número de 86 publicações. É possível investigar o interesse sobre o tema averiguando a quantidade de referências realizadas a esses trabalhos ao longo do tempo, podendo ser observado um crescimento da quantidade de citações que recebem a partir do ano de 1996. A evolução dessa variável é observada na figura 2, a seguir.

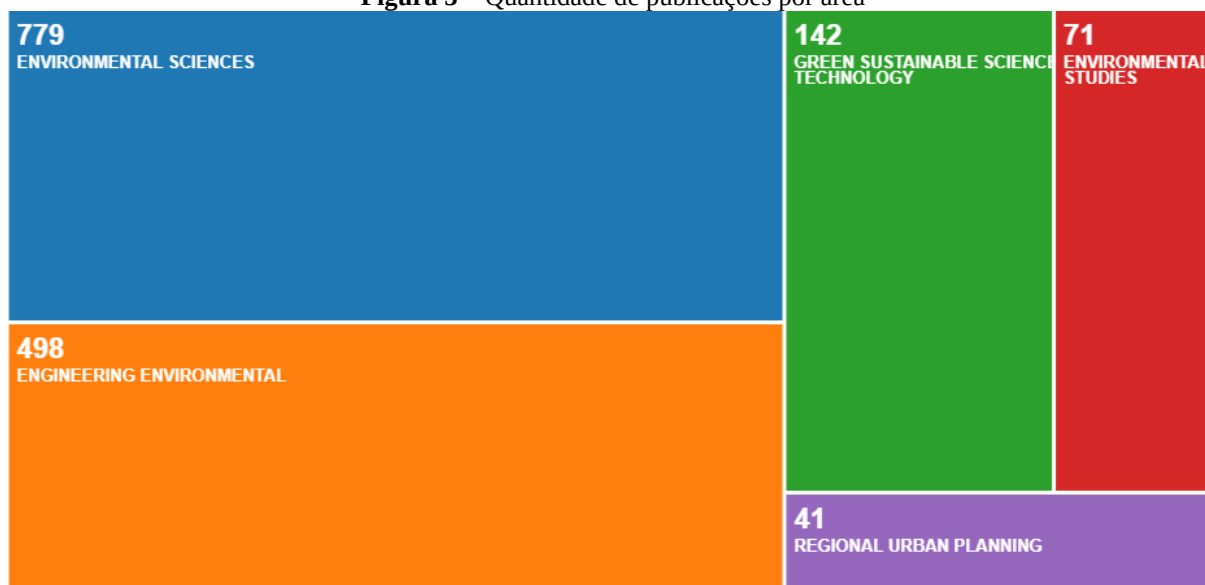
Figura 2 – Quantidade de citações por ano



Fonte: Web of Science (2021)

De acordo com os resultados obtidos, fica claro que a partir dos anos 90 e, principalmente, nos anos 2000 as publicações sobre a temática vêm despertando maior interesse, atingindo seu patamar mais elevado (e atual), a partir dos anos 2010. Além da relevância que a temática recebeu no século atual, a disseminação do acesso às tecnologias da informação e como resultado das preocupações a partir de um novo cenário marcado pela pandemia no ano de 2020, os estudos objeto desta pesquisa podem ter relação com o aumento de menções e referências. Passando para o perfil das publicações em estudo, observa-se na figura 3, a seguir, quais as áreas de pesquisa com maior frequência de publicação.

Figura 3 – Quantidade de publicações por área



Fonte: Web of Science (2021)

Na figura estão apresentadas as cinco grandes áreas com o maior número de publicações sobre a gestão de resíduos sólidos. Conforme esperado, a área de ciências ambientais detém a maioria das publicações: 779. Em seguida, tem-se a área de Engenharia ambiental com 498 publicações. O restante das publicações encontra-se fragmentadas em ciências de diversas áreas. Parece importante destacar que algumas publicações estão classificadas em mais de uma área de estudo e por isso ultrapassam a quantidade de publicações pesquisadas. A constatação sobre áreas de publicação remete diretamente às instituições que estão vinculadas aos pesquisadores. Na figura 4, a seguir, é possível constatar a quantidade de publicações por instituição.

Figura 4 – Quantidade de publicações por instituição

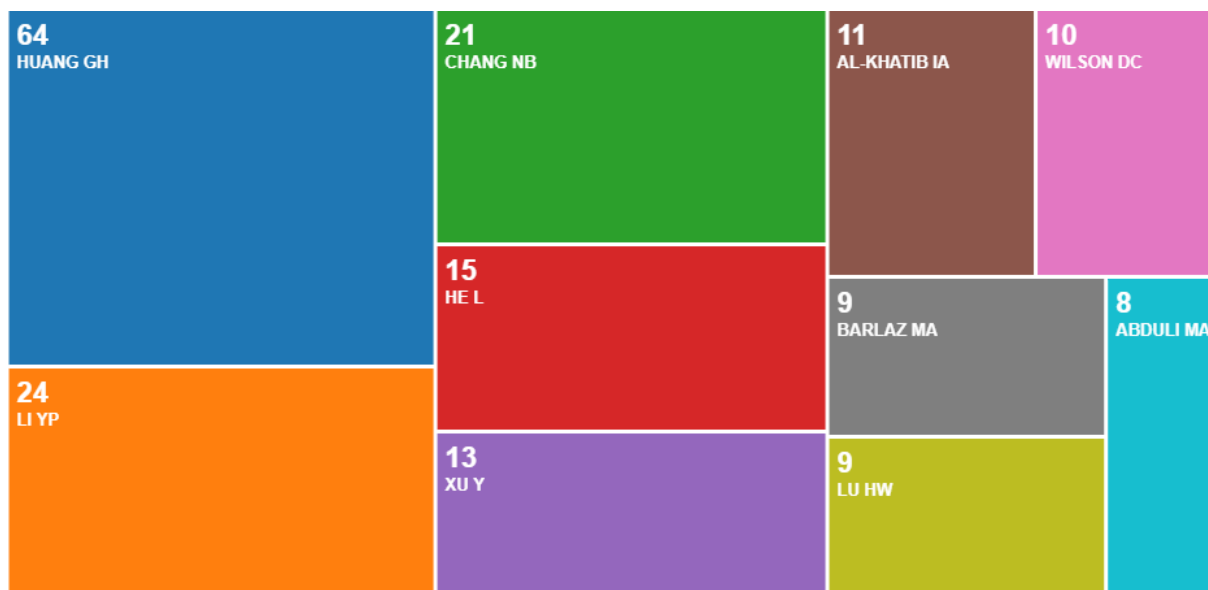


Fonte: Web of Science (2021)

Diferentemente das publicações por área, não existe uma preponderância significativa de publicações por organizações em relação à temática em estudo. Aqui se observa uma massiva fragmentação. Por uma margem mínima, a *University of Regina* é a detentora da maior quantidade de publicações (56), todavia esse volume representa apenas 6% do total. Ao todo, 173 organizações possuem pesquisadores que publicaram trabalhos relacionados ao campo de gestão de resíduos sólidos. Ainda assim, é interessante observar uma maioria significativa de organizações americanas trabalhando a temática – percepção que será reforçada mais adiante.

Dentre os autores com o maior número de publicações, podem ser observados os apresentados na figura 5, a seguir.

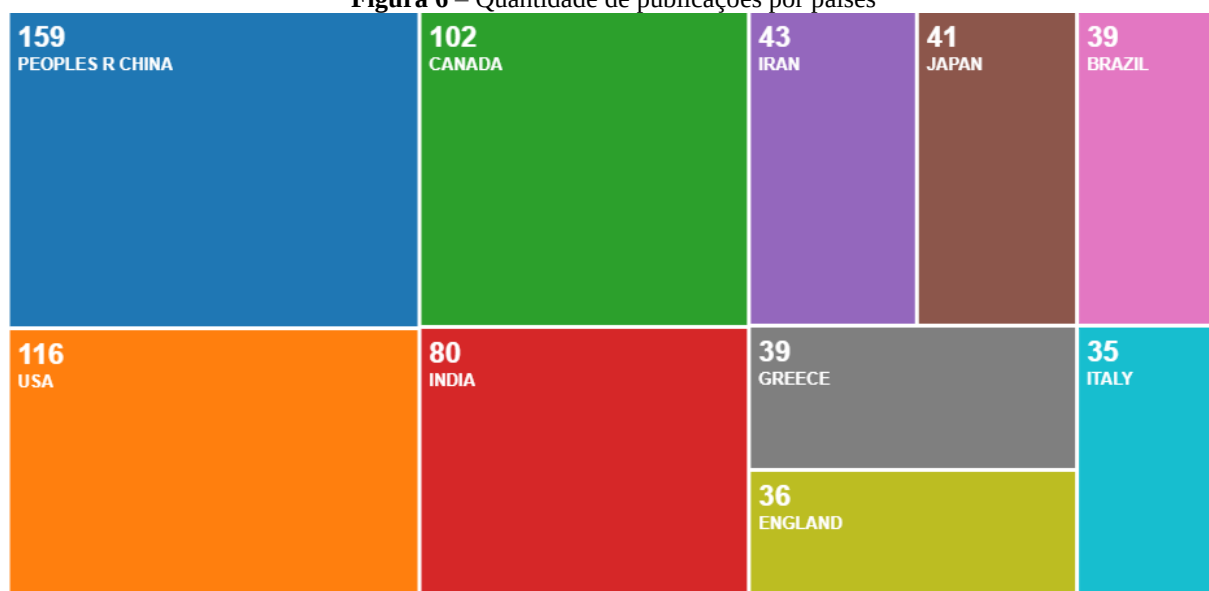
Figura 5 – Autores com o maior número de publicações



Fonte: Web of Science (2021)

Percebe-se que o autor com o maior número de publicações dentro da temática Gestão de resíduos sólidos, é Huang GH, atingindo o número de 64 publicações. Dentre os trabalhos com maior relevância está *Mathematical Modeling for Identifying Cost-Effective Policy of Municipal Solid Waste Management under Uncertainty*, de Li, Y. P.; Huang, G. H.; Cui, L.; et al, trabalho publicado no ano de 2019. Para avaliar de forma geral o perfil das publicações, fez-se necessário investigar a nacionalidade dos autores que pesquisaram e publicaram sobre o tema. Os resultados consolidados são apresentados na figura 6, a seguir.

Figura 6 – Quantidade de publicações por países



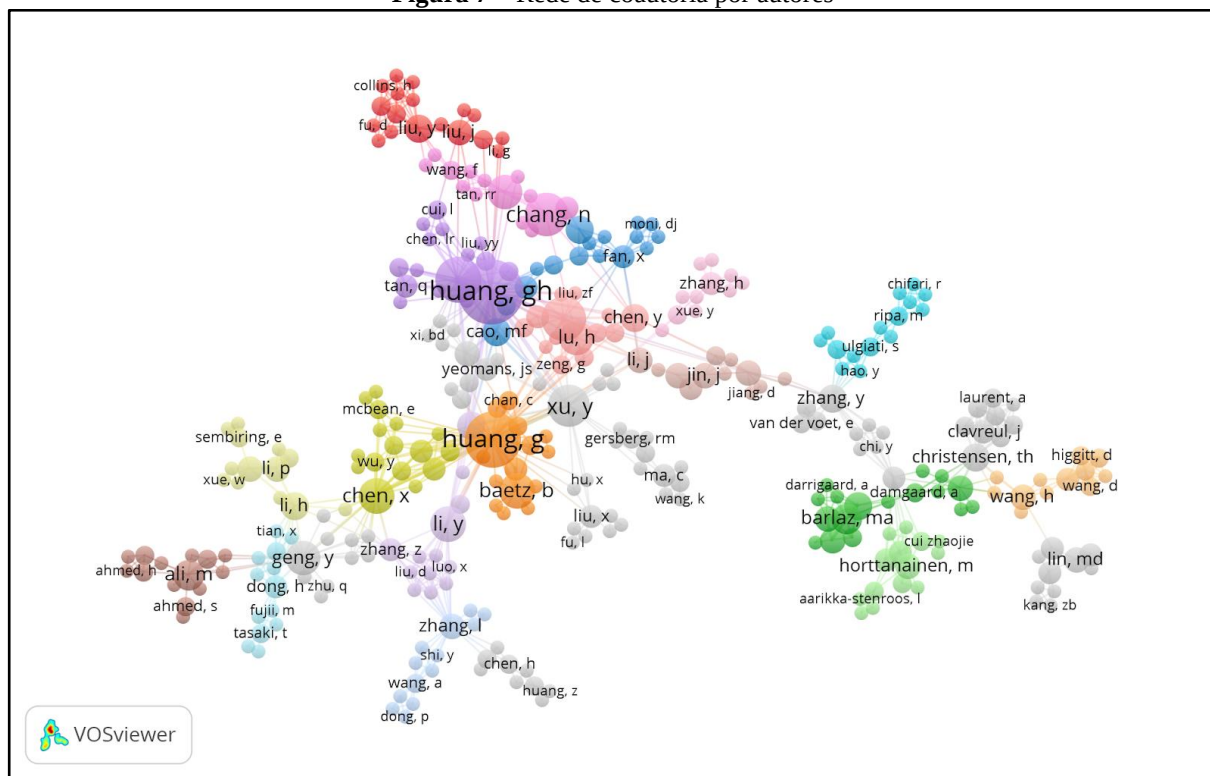
Fonte: Web of Science (2021)

A maior quantidade de publicações tem origem na China. As publicações de pesquisadores Chineses correspondem a aproximadamente 17% do total, seguidos dos estadunidenses com 12%. Em termos de América Latina, percebe-se uma produtividade

satisfatória sobre a temática apenas no Brasil, que aparece em sétimo lugar no ranking com um total de 39 publicações.

Realizada a análise avaliativa, passou-se para a análise relacional dos pesquisadores e publicações que compõem o campo da Economia Ambiental. Com a utilização do programa *VOSviewer version 1.6.12* foi possível elaborar mapas bibliométricos que ilustram de que maneira a temática em estudo tem se organizado desde seu início. O primeiro ponto abordado, apresentado na figura 7, a seguir, é sobre a produção amparada em coautoria.

Figura 7 – Rede de coautoria por autores

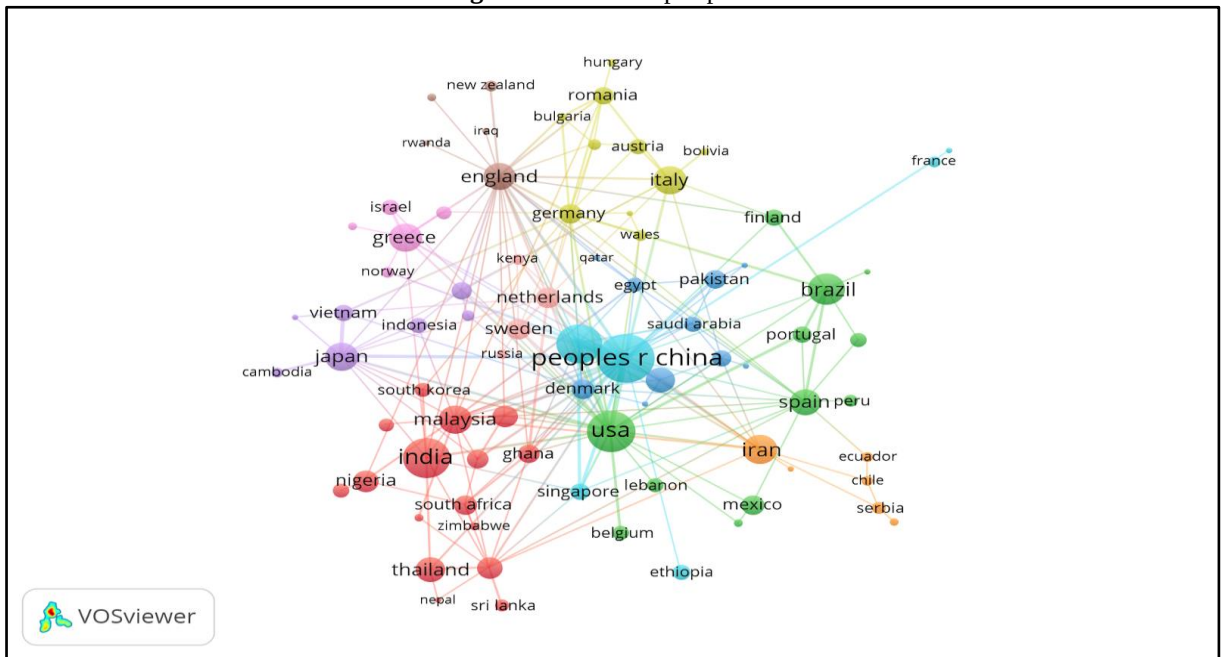


Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Inicialmente, realizou-se uma análise de co-autoria por autores. 2679 autores compõem a rede total para o tema em estudo. Como recorte, optou-se por manter na rede geral apenas os conglomerados que têm conexão entre si, constituindo uma teia em que todos os participantes estão conectados de alguma maneira, direta ou indiretamente. Dessa forma, elaborou-se uma rede com 339 autores e 28 clusters de pesquisa. Os 3 mais numerosos se encontram em vermelho no mapa (18 autores), verde (17 autores) e azul (16 autores). Em termos de destaque, no cluster 5 (roxo, no mapa), G. H. Huang desponta na rede global com a maior frequência de publicações sobre a temática em estudo: 40. Em seguida, no cluster 7 (laranja, na figura), G. Huang se destaca com 28 obras publicadas. Já em relação ao recorte temporal das publicações de cada cluster, convém analisar a figura 8, em seguida:

É possível constatar que os clusters mais numerosos também são os que possuem publicações, em média, mais atuais, especialmente o cluster 3, com média 2019.67. Isso, aliado ao fato do cluster se localizar em uma área não central da rede, pode indicar o surgimento de um subcampo de estudo jovem e que represente tendência no futuro. De forma ampla, também é possível observar uma quantidade considerável de autores com publicações até 2014, o que indica um questionamento sobre a continuidade ou avanço dos estudos dentro da temática abordada pelos autores. G. H. Huang, por exemplo, possui publicações com média 2009.85. A partir de tais conclusões, elaborou-se a rede de co-autoria por países, cujos resultados são apresentados na figura 9, a seguir.

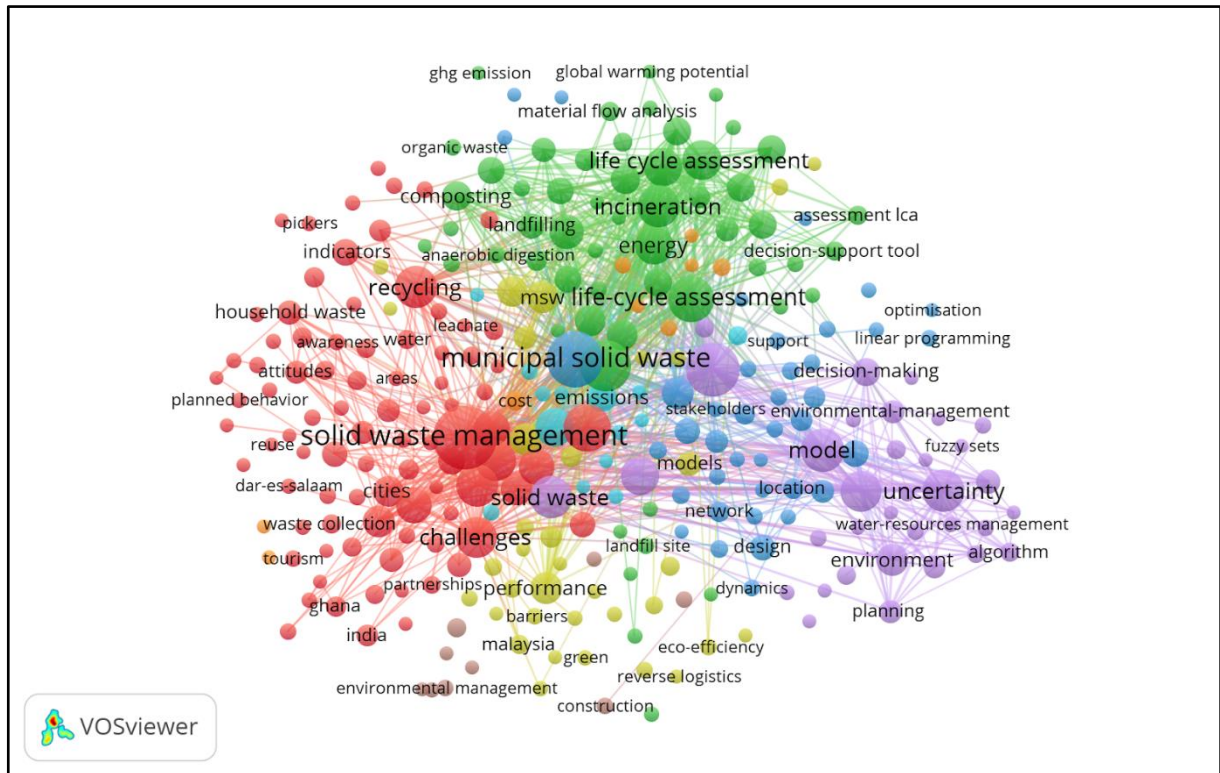
Figura 9 – Clusters por países



Fonte: Elaborado pelos autores(2021)

O cluster mais numeroso (em vermelho), possui 16 países e tem como expoente a Índia, com 98 publicações. O segundo (em verde), possui 12 países. O destaque neste é os EUA, com um total de 107 publicações. O Brasil se localiza nesse conglomerado, ocupando também uma posição destacada com 56 publicações. O posicionamento central no mapa de EUA e China (esta com mais de 160 publicações) indica a mesma centralidade de ambos na atuação da pesquisa internacional sobre a temática, visto a conectividade dos pesquisadores desses países com uma parcela significativa dos demais países da rede, dos mais diversos clusters. Em análise complementar (utilizando a escala overlay), observou-se que o Brasil possui publicações com média 2018.07, uma das mais jovens na rede - indicação clara da inserção recente do país no campo de estudo, em volume significativo, o que, sendo uma tendência confirmada, pode situar o mesmo entre as referências mundiais do tema. Por fim, elaborou-se mapa de coocorrência de termos, cujo resultado é apresentado na figura 10, a seguir.

Figura 10: Rede de coocorrência de termos



Fonte: Elaborado pelos autores(2021)

Ao todo, identificou a menção de 3155 termos na amostra realizada. Para efeito de visualização “mais limpa” do mapa e por questão de relevância, optou-se por manter os termos que foram mencionados, ao menos, 5 vezes. Dessa maneira, o mapa resultante apresentou 285 termos organizados em 8 conglomerados de “afinidade”. Na área mais central do mapa, se encontram termos mais mencionados e que, de alguma maneira, possuem uma natureza mais interdisciplinar e que, por isso, estão associados a termos dos mais variados clusters. É o caso de “gestão de resíduos sólidos”, “resíduo sólido municipal”, “gestão municipal de resíduo sólido” e “gestão de resíduo”. Quanto aos clusters em si, quatro ocupam posição de destaque na rede global. O mais numeroso (em vermelho), com 88 termos, tem como elemento central a própria gestão de resíduos sólidos. Estão fortemente associados a esse termo, assuntos como “gestão municipal de resíduos sólidos”, “reciclagem”, “desafios”, “desenvolvimento dos países”, “governança”, entre outros - evidenciando uma composição mais ampla de estudo sobre o tema.

O segundo mais numeroso (em verde), com 56 termos, tem como elemento central a gestão de resíduos. Nesse caso, estão fortemente associados a esse termo, os assuntos “avaliação de ciclo de vida”, “incineração”, “energia”, “aterro”, “impacto”, “emissão de gases e efeito estufa”, entre outros. Como se nota, esse cluster delimita um subcampo que trata de questões técnicas da gestão de resíduos sólidos e seus efeitos. O terceiro cluster mais relevante (em azul), possui 40 termos e possui como elemento central “resíduo sólido municipal”. Estão fortemente associados a esse termo, assuntos como “estratégias”, “gestão integrada de resíduos sólidos”, “tomada de decisão multicritério”, “aterros”, “seleção”, “localização”, entre outros. É possível observar nesse conglomerado, a formação de um campo interessado em estudar a problemática no âmbito das cidades (municípios), evidenciando seus desafios e questões mais comuns. Por fim, destaca-se o cluster em roxo na rede, com 34 termos, e que possui como tema central os sistemas. Estão fortemente associados a esse termo os assuntos “modelo”, “otimização”,

“tomada de decisão”, “incerteza”, “ambiente”, “resíduo sólido”, “algoritmo”, entre outros. Observa-se uma clara definição de subcampo ocupado em estudar aspectos tecnológicos e/ou matemáticos que proponham soluções de natureza quantitativa e objetivas para a problemática em estudo.

CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo o de analisar a produção científica internacional sobre a gestão de resíduos sólidos, buscando a compreensão das principais características das publicações científicas, como os principais *clusters* de coautoria entre autores, países e organizações, assim como os termos em evidência nas publicações sobre a temática, com a geração de redes bibliométricas por meio do *software* VOSviewer.

A partir das análises realizadas, foi possível concluir que as primeiras publicações realizadas sobre a temática foram realizadas no ano de 1997, sendo acelerada a partir de 2010 e atingindo o maior número em 2020. A área de Ciências ambientais foi a que mais se destacou dentro das publicações encontradas, seguida da Engenharia ambiental com 498 publicações. O autor que merece destaque pela sua importância e abrangência dentro deste tema é Huang GH e o país que mais publicou foi a China, que atingiu um percentual de 17% do total de trabalhos publicados, seguidos dos Estados Unidos com o percentual de 12%.

Como resultados da análise relacional, realizou-se uma análise de co-autoria por autores, obtendo como resultado o número de 2679 autores que compõem a rede total para o tema em estudo. Foi possível identificar que a grande maioria das publicações são recentes, assim como as publicações que representam o maior grau de importância. Dentre os temas mais mencionados nas publicações estão “gestão de resíduos sólidos”, “resíduo sólido municipal”, “gestão municipal de resíduo sólido” e “gestão de resíduos”.

De forma geral, percebe-se que a temática está em desenvolvimento, atingindo um crescimento de interesse, além de definir claramente os campos e áreas que indicam o direcionamento para novas pesquisas, assim como novas lacunas para serem trabalhadas dentro da temática de gestão de resíduos sólidos.

Dentre as principais limitações da pesquisa está a escassez de estudos que aplicam este tipo de metodologia, mais precisamente a pesquisa bibliométrica, assim como apresenta como principal contribuição a possibilidade de subsidiar futuros trabalhos dentro da temática pesquisada, assim como novos estudos bibliométricos.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE. (2014). Panorama dos resíduos sólidos do Brasil. São Paulo: ABRELPE. Disponível em:

< https://abrelpe.org.br/panorama_envio.cfm?ano=2018 >. Acesso em: 13 de mar. De 2021.

Brasil. (2010, 3 de agosto). **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. Brasília: Diário Oficial da União, seção 1, p. 3.

CARVALHO, Márcio A. O uso da teoria do julgamento social no estudo de políticas públicas. **Cadernos Ebape.BR**, Rio de Janeiro, v.3, n.2, p.1-18, jul. 2005.

EDJABOU, Maklawe. E. et al. Municipal solid waste composition: Sampling methodology, statistical analyses, and case study evaluation. **Waste Manag.** V.36, p. 12–23. 2015.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. (2012). **Plano nacional de resíduos sólidos: diagnóstico dos resíduos urbanos, agrosilvopastoris e a questão dos catadores** (Comunicado IPEA, Vol. 145). Brasília: IPEA. Relatório de Pesquisa.

JACOBI, Pedro R.; BESEN, Gina R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estud. av.**, São Paulo, v. 25, n. 71, abr. 2011.

JANNUZZI, Paulo de M. Considerações sobre o uso, mau uso e abuso dos indicadores sociais na formulação e avaliação de políticas públicas municipais. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 36, n. 1, p. 51-72, jan. /fev. 2002.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. (2018). Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos: 2014. Brasília: Ministério das Cidades. Disponível : <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 15 de mar. De 2021.

KOSEOGLU, M. A. Growth and structure of authorship and co-authorship network in the strategic management realm: Evidence from the Strategic Management Journal. **Business Research Quarterly**, v.19, p.153-170, 2016. doi: <https://doi.org/10.1016/j.brq.2016.02.001>.

LOMBARDI, Lidia; CARNEVALE, Ennio; CORTI, Andrea. A review of technologies and performances of thermal treatment systems for energy recovery from waste. **Waste management**, v. 37, p. 26-44, 2015.

MARCHEZETTI, Ana L.; KAVISKI, Eloy; BRAGA, Maria C.B. Aplicação do método AHP para a hierarquização das alternativas de tratamento de resíduos sólidos domiciliares. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 173-187, abr./jun, 2011.

MARCHI, Cristina M. D. F. Novas perspectivas na gestão do saneamento: apresentação de um modelo de destinação final de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 7, n.1, abr. 2015.

SIQUEIRA, Lyssandro Norton. Dos Princípios e Instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.mpdft.mp.br/saude/images/Meio_ambiente/Principios_intrumentos_politica_nacional.pdf>. Acesso em: 15 de mar. de 2021.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Citation-based clustering of publications using CitNetExplorer and VOSviewer. **Scientometrics**, v.111, p.1053-1070, 2017. doi: <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2300-7>.

VELLOSO, M.P. (2008). Os restos na história: percepções sobre resíduos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 13, n. 6, p. 1953-1964.

WILSON, David C.; VELIS, Costas; CHEESEMAN, Chris. Role of informal sector recycling in waste management in developing countries. **Habitat international**, v. 30, n. 4, p. 797-808, 2006.

WORRELL, W. & VESILIND, P. (2001) **Solid waste engineering**. 2. ed. Stamford: Cengage Learning. 432 p.