

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Atália Farias de Medeiros

**Compostagem de resíduos sólidos urbanos no Brasil: principais
desafios e perspectivas**

Orientador: Prof. Dr. Camilo Allyson Simões de Farias

Pombal / PB

2022

Atália Farias de Medeiros

Compostagem de resíduos sólidos urbanos no Brasil: principais desafios e perspectivas

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Campina de Grande como requisito para a obtenção do grau de Bacharela em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Camilo Allyson Simões de Farias

Pombal / PB

2022

Atália Farias de Medeiros

Compostagem de resíduos sólidos urbanos no Brasil: principais desafios e perspectivas

M488c Medeiros, Atália Farias de.

Compostagem de resíduos urbanos no Brasil: principais desafios e perspectivas / Atália Farias de Medeiros. – Pombal, 2022.

50 f. il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2022.

“Orientação: Prof. Dr. Camilo Allyson Simões de Farias”.

Referências.

1. Resíduos orgânicos. 2. Tratamento biológico. 3. Políticas públicas.
4. Gestão de resíduos sólidos. 5. Gerenciamento de resíduos.
6. Estudos ambientais. I. Farias, Camilo Allyson Simões de. II. Título.

CDU 628.4.042(043)

Atália Farias de Medeiros

Compostagem de resíduos sólidos urbanos no Brasil: principais desafios e perspectivas

Aprovado em 19/08/2022

Banca Examinadora

Camilo Allyson Simões de Farias.
Camilo Allyson Simões de Farias
UACTA/CCTA/UFCG
Mat. SIAPE nº 1743558

Prof. Dr. José Cleidimário Araujo Leite

Me. Francisco Miqueias Sousa Nunes

Pombal-PB, 19 de agosto de 2022.

“Quanto mais estudamos os principais problemas do nosso tempo, mais passamos a perceber que eles não podem ser entendidos isoladamente. Eles são problemas sistêmicos, o que significa que eles estão interconectados e interdependentes.”

Fritjof Capra

AGRADECIMENTOS

Aos professores do CCTA, pelos conhecimentos passados e dedicação concedida ao meu aprendizado e conhecimento, que possam continuar a deixar parte de vocês em cada aluno(a) que passe pelo Centro de Ensino CCTA da UFCG.

A minha mãe, irmãos, amigos e a todos que fazem parte do Campus da UFCG em Pombal-PB, não existe alguma palavra que faça jus ao sentimento que tenho de apreço e gratidão por tudo o que me proporcionaram, pois sou um mosaico de todos que me estruturaram até aqui.

E com todo meu apreço e estima, meu agradecimento ao Prof. Dr. Camilo Allyson Simões de Farias, por todo o norte dado, pela orientação concedida no desenvolvimento deste trabalho, e pela paciência em me guiar no momento em que mais estive perdida, agradeço de todo o meu coração o seu voto de fé na aprendiz que um dia vai provar que seu tempo valeu a pena.

Com base no relacionamento que Deus nos ensinou, gratidão por tudo o que fizeram e ainda fazem por mim!

RESUMO

Nos últimos anos, a geração de resíduos sólidos no Brasil tem aumentado superando o crescimento populacional do Brasil. Ao investigar o impacto ambiental dos resíduos sólidos urbanos (RSU) e as atuais ineficiências na gestão desses resíduos em vários municípios, novas e adequadas alternativas precisam ser encontradas e implementadas para melhorar a gestão e eficiência. Neste estudo objetiva-se investigar os principais desafios e perspectivas sobre a prática da compostagem de resíduos sólidos urbanos no Brasil, levantando em consideração publicações científicas que norteiam o tema, a identificação dos principais desafios para a difusão dessa prática e assim descrever as principais perspectivas sobre a difusão de uma melhor abordagem da compostagem no país. Um dos principais problemas dos resíduos sólidos no país está relacionado ao manejo inadequado dos resíduos orgânicos, grandes volumes desses resíduos, altos níveis de poluição ambiental e altos custos de destinação adequada ainda são insuficientes para identificar estratégias para superar as limitações técnicas, administrativas e políticas que não foram efetivamente implementadas pelas autoridades nacionais, além disso, faltam pesquisas sobre cooperação intermunicipal que forneçam uma análise qualitativa da legislação que a regulamenta para tirar conclusões mais amplas e como ela se relaciona com contextos específicos.

Palavras-chave: resíduos orgânicos, tratamento biológico, políticas públicas, gestão de resíduos sólidos, gerenciamento de resíduos.

ABSTRACT

In recent years, the generation of solid waste in Brazil has increased, surpassing the population growth in Brazil. When investigating the environmental impact of urban solid waste (MSW) and the current inefficiencies in the management of this waste in several municipalities, new and adequate alternatives need to be found and implemented to improve management and efficiency. This study aims to investigate the main challenges and perspectives on the practice of composting urban solid waste in Brazil, taking into account scientific publications that guide the theme, identifying the main challenges for the dissemination of this practice and thus describing the main perspectives on the dissemination of a better approach to composting in the country. One of the main problems of solid waste in the country is related to the inadequate management of organic waste, large volumes of this waste, high levels of environmental pollution and high costs of adequate disposal are still insufficient to identify strategies to overcome the technical, administrative and political limitations that were not effectively implemented by national authorities, in addition, there is a lack of research on inter-municipal cooperation that provides a qualitative analysis of the legislation that regulates it to draw broader conclusions and how it relates to specific contexts.

Keywords: organic waste, biological treatment, public policies, solid waste management, waste management.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos	3
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	3
2.1 Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos	3
2.1.1 <i>Política Nacional de Resíduos Sólidos</i>	5
2.1.2 <i>Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos</i>	8
2.2 Compostagem de Resíduos Sólidos	11
2.2.1 <i>Histórico da Compostagem</i>	11
2.2.2 <i>Processos da Compostagem</i>	13
2.2.3 <i>Compostagem no Brasil</i>	17
3 METODOLOGIA	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5 CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1 INTRODUÇÃO

Em um mundo onde o mundo busca mitigar as consequências das mudanças climáticas na forma de desenvolvimento sustentável, a gestão dos resíduos sólidos é uma das principais questões para alcançar este objetivo. Pois, quando não possuem a destinação ambientalmente adequada, poluem e/ou contaminam o meio ambiente, especialmente, o ar, a água e o solo. As substâncias tóxicas produzidas por parte deles agridem severamente o meio ambiente e a vida das pessoas (FONSECA, 2022).

De acordo com Da Costa Aguiar (2021) o rápido aumento da geração de resíduos sólidos urbanos e a considerável ausência de políticas públicas efetivas que permitam conciliar a produção de bens, a preservação e o uso racional dos recursos naturais, criaram um problema ambiental que envolve diversas vertentes de planejamento urbano, como o manejo e a disposição final dos resíduos sólidos por todo o mundo.

Se descartados irregularmente nos ambientes urbanos como em lixões, nas ruas, rios, córregos e espaços abertos, os resíduos sólidos têm grande potencial de impactar adversamente o meio ambiente, causando assoreamento nos corpos hídricos, degradação do solo e disseminação de carreadores de relevância sanitária, poluição e contaminação da área, entre outros problemas socioambientais e econômicos para a sociedade (RIBEIRO, 2017).

Balbuena (2021) ressalta que ao investigar o impacto ambiental dos resíduos sólidos e a atual instabilidade e/ou ineficiência do tratamento desses resíduos em vários municípios, novas e adequadas alternativas precisam ser encontradas, desenvolvidas e/ou implementadas para melhorar a gestão e a eficiência, reduzindo os custos com os serviços de limpeza municipal e melhorando a proteção, o bem-estar social e ambiental.

Logo, as mudanças nos padrões de vida social e a busca da sustentabilidade nas cidades criaram desafios adicionais para a gestão dos resíduos sólidos urbanos, como a minimização da geração de resíduos sólidos, o uso energético desses materiais, a introdução de tecnologias sustentáveis e a redução das crises ambientais. Portanto, situações como essas precisam de uma maior atenção e mais ação socioambiental por parte dos órgãos governamentais (SILVA, 2019).

De acordo com a Abrelpe (2021), 2020 é único em muitos aspectos, pois os efeitos e consequências da pandemia da COVID-19 afetaram o mundo inteiro e os

mais diversos setores da economia. Não diferente do setor de gestão de resíduos, desde o primeiro diagnóstico no Brasil e a nova dinâmica trazida pelo novo coronavírus, surgiu um novo paradigma para a geração de resíduos sólidos, passando-se a buscar os melhores subsídios e diretrizes para orientar as práticas das cidades prestadas por serviços de limpeza.

Em acordo com Junqueira (2022), a rota da tecnologia de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com a recuperação de matéria seca, recuperação de energia química e compostagem da fração orgânica biodegradável tem potencial para economizar energia e reduzir emissões de gases de efeito estufa em comparação com a disposição desses resíduos sólidos em aterros sanitários.

Massukado (2013) observa que, apesar da alta proporção de resíduos orgânicos nos resíduos sólidos a granel, a experiência da compostagem no Brasil ainda é incipiente. A fração orgânica, por não ser coletada separadamente, acaba sendo encaminhada em conjunto para destinação final dos resíduos perigosos e resíduos secos que não são coletados de forma seletiva.

Felicori (2016) afirma que, enquanto o aterro sanitário é uma tecnologia de disposição final, a unidade de triagem e compostagem (UTC) é uma tecnologia que deve anteceder a etapa de disposição, pois proporciona o reaproveitamento dos resíduos por meio da triagem e compostagem da fração orgânica, por exemplo, para produzir adubos orgânicos, um material essencial que é reintroduzido na produção alimentícia.

Assim, a tecnologia de compostagem pode ser uma tendência, tanto no âmbito doméstico quanto no ambiente público, à medida que os conceitos de desenvolvimento sustentável e economia circular ganham cada vez mais importância, esse processo biológico de decomposição e reciclagem de resíduos sólidos converte materiais originalmente considerados inúteis e destinados à aterros sanitários em compostos orgânicos ricos em nutrientes que são reaproveitados para a produção agrícola (urbana ou rural), recuperação de áreas verdes, entre outras diversas aplicações.

Portanto, pretende-se diagnosticar os principais problemas que desafiam os avanços com a difusão da prática de compostagem como principal processo de tratamento de resíduos sólidos orgânicos no Brasil, e, com isso, espera-se que os resultados possam apontar os obstáculos que entravam a expansão do uso da compostagem e suas tecnologias.

O presente trabalho busca elucidar sobre a importância das práticas de compostagem no país, enfatizando sua importância e sua geração comparado aos outros resíduos, trazendo os desafios que a implementação efetiva e eficaz nesse processo enfrenta no país, as perspectivas dos possíveis melhores cenários para trazer a tona o real potencial das práticas de compostagem no país. Além do mais, contribui de forma significativa ao agregar a literatura

nacional sobre o tema, que é tão escasso, principalmente no atual cenário de preocupação com o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável humano, e os problemas desencadeados com a alta geração de resíduos no país, tendo como principal resíduos, os orgânicos.

1.1 OBJETIVOS

- Geral
Pesquisar os principais desafios e perspectivas sobre a prática da compostagem de resíduos sólidos urbanos no Brasil.
- Específicos
 - Reunir documentos e publicações sobre a compostagem de resíduos sólidos urbanos no país;
 - Contextualizar a evolução das técnicas associadas ao processo de compostagem;
 - Identificar os principais desafios para difusão e prática da compostagem no país;
 - Descrever as principais perspectivas sobre a compostagem.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos

A gestão de resíduos, além de ser um serviço de utilidade pública essencial, assume um novo papel na dinâmica pós-pandêmica, servindo de guia no processo de concepção e fabricação com vista ao retorno e utilização total dos produtos após uso, como fornecedor de matérias-primas secundárias, e como fornecedor de energia e combustíveis, todos eles contribuindo significativamente para a redução das emissões de gases com efeito de estufa (ABRELPE, 2021).

Um dos problemas da gestão de RSU é a falta de locais de disposição adequados em cidades densamente urbanizadas, outros impactos negativos são serviços ineficientes, disposição inadequada, má gestão de resíduos, principalmente os perigosos, serviços de saneamento precários, assim como a falta de planejamento e recursos (VENTURA, 2019).

De acordo com Maiello (2018), os resíduos sólidos, a operação e sua correta destinação também estão relacionadas à ampliação do espaço cívico e quando isso ocorre de forma não planejada, ou seja, quando constitui ocupações irregulares e não atendidas adequadamente pelos serviços de coleta, acarreta deposição de resíduos que acabam impactando de forma adversa e contaminando todos os aspectos da área, como as águas superficiais, o solo, o ar, atraindo vetores de doenças, acarretando em problemas de saúde pública, ambientais e socioeconômicos.

E, sendo assim, para evitar o descarte inadequado de resíduos sólidos no meio ambiente e não causar danos à saúde humana, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, leva em consideração a cooperação das questões socioambientais, e elaborou normas de acordo com as características de cada resíduo, de acordo com seus riscos e perigos para meio ambiente e saúde pública (CORRÊA, 2020).

Porém, Pereira (2019) ressalta que no Brasil o setor de saneamento básico não é tão adequado quanto deveria ser, pois, expõe grandes disparidades entre as regiões, principalmente no que tange à gestão dos resíduos sólidos urbanos, que por sua vez, representa um grande desafio para todos os gestores governamentais do país.

A geração dos resíduos e as condições econômicas de um país se relacionam, de modo que quanto maior a renda, maior o consumo e, com isso, maior a produção dos resíduos urbanos, e, essas particularidades de cada região e realidade transformam os resíduos sólidos em importantes indicadores socioeconômicos (NASCIMENTO, 2015).

Portanto, pode-se dizer que a economia expõe o modus operandi social, ou seja, o modelo de vida das pessoas, e, com isso, a sociedade pode vir ou não a ser sustentável, tendo em conta os sistemas de gestão, bem como as limitações e restrições da natureza e dos seus ecossistemas (PAES, 2022).

Por isso, como afirma Da Silva (2021), surge uma necessidade cada vez mais crescente de substituir o modelo do sistema de produção e de consumo por um sistema socioeconômico capaz de atender às demandas atuais e posteriores da sociedade, sem esgotar a capacidade de reabilitação dos sistemas naturais e sociais dos quais depende.

As fortes estruturas de administração de resíduos nas nações focais, particularmente nos Estados Unidos, Japão, e nas nações da União Europeia, são as mais complicadas do planeta. Para gerir toda ou uma parte enorme da perda nos seus resíduos, estas nações aplicam diferentes modalidades de tratamento antes da remoção conclusiva (DE ANDRADE, 2011).

Logo, como afirma Zago (2019) pensar o planejamento urbano de forma sistêmica, vinculando a gestão de resíduos (principalmente os de matéria orgânica) aos programas de agricultura urbana, recuperação de áreas degradadas, redução das emissões de gases de efeito estufa e inclusão social dos catadores de recicláveis, são exemplos fundamentais para avançar o país no seu desenvolvimento sustentável. A gestão de resíduos, o desenvolvimento socioeconômico e a sustentabilidade de uma nação, são complementares. Assim, a valorização de resíduos, especialmente os orgânicos, que possuem alta geração no Brasil, é indispensável na melhoria da gestão de resíduos sólidos urbanos no país.

2.1.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos

O marco regulatório no Brasil - a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei n. 12.305/2010, considera resíduo sólido o material, substância, objeto ou carga descartado no estado sólido, semissólido ou líquido, cuja particularidade impossibilita o lançamento em redes públicas de esgoto ou corpos d'água (BALBUENO, 2021).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos surgiu como diretriz para enfrentar os problemas ambientais evidentes nas cidades brasileiras, a geração de resíduos sólidos aliada à onipresença de lixões, contratempo esses que são evidentes principalmente nas áreas metropolitanas caracterizadas pela alta concentração populacional (FRIESE, 2022).

Vale ainda ressaltar que a PNRS apresenta às cidades brasileiras uma série de desafios socioeconômicos e ambientais associados a uma gestão de resíduos sólidos historicamente deficiente, tendo como um de seus vieses máximos a gestão integrada de resíduos sólidos, necessitando assim de diferentes vertentes do meio para implementar as devidas ações (LOURENÇO, 2019).

Além disso, segundo Aguiar (2021) a PNRS também estabeleceu a responsabilidade compartilhada pelos geradores de resíduos sólidos, e, lançou ferramentas de planejamento em seis diferentes níveis setoriais (nacional, estadual, microrregional, intermunicipal, metropolitano e municipal), também aborda logística reversa, coleta seletiva, ciclo de vida do produto, sistema nacional de informações sobre gestão de resíduos sólidos (SNIR), programa de coleta de materiais recicláveis e resíduos sólidos, e é socialmente inclusivo na discussão dos temas.

Maiello (2018) em seus estudos também chama atenção para essa interdisciplinaridade que a PNRS aborda, pois, a complexidade do manejo de resíduos sólidos vai além da preocupação com a gestão de resíduos, perpassa os aspectos

sociais, políticos, financeiros, econômicos, ambientais, direitos humanos, e saúde pública de uma nação.

A PNRS tem como ordem de preeminência não gerar, diminuir, reutilizar, reciclar, tratar os resíduos sólidos por último a remoção e disposição de resíduos. A última opção são desperdícios de resíduos que, depois de esgotadas todas as perspectivas de tratamento e recuperação por ciclos mecânicos acessíveis e monetariamente realizáveis, não apresentam qualquer outra hipótese, exceto a disposição final adequada (NASCIMENTO, 2015).

Pires (2017) em seu trabalho também destaca que a PNRS tem como a priori a reutilização sobre a disposição definitiva, e isso implica que a compostagem, um método de reutilização de resíduos orgânicos, é preferível à deposição em aterro.

Segundo Torres (2022), de acordo com dados publicados recentemente no Panorama dos Resíduos Sólidos da ABRELPE (2021), cerca de 30 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) são transportados para aterros sanitários no Brasil todos os anos. Este valor corresponde mais de 40% de todos os RSU gerados no país.

Além do mais, o Brasil não avançou na eliminação dos aterros. Na verdade, o número de locais permaneceu ainda relevante na última década. A Política Nacional de Resíduos Sólidos determinou o fim dos aterros sanitários até 2014, porém a data foi estendida até 2024 (TOFFANO, 2021).

Por isso, pode-se constatar que a gestão integrada de resíduos necessita de políticas intergovernamentais e intersetoriais. Dado o visto que hoje, a sociedade atual é testemunha os grandes problemas causados pela falta ou pelo precário gerenciamento dos resíduos das atividades antrópicas no meio ao longo dos anos, as grandes crises ambientais e de saúde e segurança pública desencadeadas historicamente, são razões por si próprias suficientes para destacar a importância desse serviço (SANTIAGO, 2021).

Porém, como afirma a autora Silveira (2021) no que se refere a gestão integrada de resíduos as normas federais seguem o pressuposto que a gestão ineficaz, e o limitado orçamento municipais, principalmente os de menor porte, tornam inviáveis tomadas de ações efetivas de limpeza urbana e destinação dos resíduos de forma adequada.

Maiello (2018) destaca que apesar das políticas públicas voltadas à gestão integrada de resíduos fortalecerem os modelos de cooperação existentes, é

necessário oferecer destaque com a força jurídica e institucional, para essas políticas ganharem efetiva legitimidade diante dos atores sociais que tem que aplicá-las.

Logo, pode-se dizer que mais de uma década após a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil, ainda está em jogo o desenvolvimento e implementação de uma política pública com resultados mais positivos em alta escala na gestão dos resíduos sólidos urbanos, já que a situação no país não é uniforme, e algumas regiões possuem mais dificuldade em destinar adequadamente seus RSUs (MATIAS, 2021).

Segundo dados da Abrelpe (2021) do ponto de vista regional, como em anos anteriores, a região do país com maior geração de resíduos ainda é a Sudeste, com cerca de 113.000 toneladas por dia (50%) e 460 kg/habitante/ano.

E, com isso, dado o aparente fracasso das estratégias utilizadas na última década e a complexidade dos esquemas de gestão de RSU nos heterogêneos territórios nacionais, é necessário buscar rotas tecnológicas alternativas, especialmente para cidades com populações menores, onde as soluções tradicionais existentes enfrentam barreiras à implementação (GONÇALVES, 2021)

A coleta de lixo é onerosa aos cofres públicos e realizar compostagem pode ser uma alternativa viável. Nesse sentido, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) levantou a discussão, não somente sobre a necessidade de encaminhar para o aterro sanitário somente aquilo que não for possível aplicar nenhum tipo de tratamento, mas sobre as alternativas para destinação adequada dos Resíduos Sólidos Orgânicos (RSO). Nessa perspectiva, a compostagem apresenta-se como instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) como um meio alternativo para destinação adequada dos RSO (BARBOSA, 2018, p.08).

A gestão partilhada, acrescentada à ideia de gestão integrada, aborda uma das extraordinárias dificuldades impostas pela PNRS, com o argumento de que, para além das diferentes instâncias públicas e dos seus fornecedores de serviços para a limpeza metropolitana e manejo de resíduos, a situação exige que a preparação e os executivos exerçam uma fusão de gestão de resíduos no mercado, abordada por fabricantes, comerciantes, distribuidores, entre outros atores sociais (SILVEIRA, et al.2019).

Com isso, vale lembrar que a Lei 12.305/2010 estipula que toda empresageradora de resíduos deve ter Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos,

com uma descrição detalhada das características do empreendedor, das responsabilidades técnicas, das características do empreendimento, da caracterização da geração dos resíduos; e dos procedimentos relacionados aos resíduos (PARDINHO, 2021).

Portanto, os instrumentos apresentados pelo conjunto de leis brasileiras são muitos, excepcionalmente claros e progrediram. Porém, tragicamente, este avanço está na extensão do arranjo legal; na positivação das normas e instrumentos de regulamentação ambiental e planejamento metropolitano. O que acontece, na prática, é dessemelhante, devido a ineficiência e à gradualidade da implementação de fiscalização da política no tratamento das questões de estruturas urbanas primárias (EDLER, 2013).

2.1.2 Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos

O Art. 3º, inciso X, define o gerenciamento de resíduos sólidos como: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010, p. 2).

Um dos maiores problemas ambientais da atualidade está relacionado ao controle de geração, armazenamento e destinação final de resíduos sólidos urbanos, ou seja, a superprodução e a destinação final adequada e segura desses RSUs é um dos maiores desafios sociais para as instituições públicas e privadas, o crescimento da produção global de commodities e a consequente expansão da demanda dos consumidores impactaram no aumento significativo de RSU e a sua má gestão implica em consequências drásticas para a sociedade (VINCENTI, 2021).

Conforme a Lei 12.305/2010 (Brasil, 2010), são como etapas do processo de gerenciamento de resíduos sólidos:

- Acondicionamento: nessa primeira etapa o processo de remoção de resíduos sólidos pode ser utilizados diferentes tipos de recipientes, tais como: recipientes domésticos, sacos de plástico, contêineres, basculantes, entre outros. Os resíduos embalados separadamente facilitam o processo de coleta, e com isso, deveria ser o principal e mais importante foco do GRSU nos municípios.

- Coleta: pode ser dividida em coleta de resíduos especiais/contaminados e não contaminados. Já os veículos de coleta podem ser divididos em compactadores que reduzem o volume inicial de resíduos, coletores de caçamba aberta, multibasculantes para coleta seletiva de recicláveis, entre outros. Porém, no Brasil, a escolha dos veículos coletores ainda é

bastante relativa, e esses resíduos coletados podem ser transportados para estações de transferência, locais de processamento e reciclagem, como a incineração ou usinas de triagem e compostagem ou ainda em destinos finais em aterros sanitários.

- Estação de transferência/transbordo: é onde um caminhão descarrega a carga em um veículo com uma carroceria de maior capacidade para entrega posterior ao seu destino final, tendo como objetivo reduzir o tempo de trânsito e, portanto, o custo de transporte do terminal até o local de disposição final.

- Tratamento dos resíduos: destacam-se três principais formas, o tratamento mecânico, que é realizado a partir de procedimentos como compactação, moagem, sedimentação, inclusive reciclagem; o tratamento bioquímico é realizado sob a ação de microrganismos que se alimentam dos detritos, quebrando as moléculas e transformando as misturas de substâncias a partir da digestão biológica e compostagem; e tratamentos térmicos onde os resíduos são aquecidos e provocam alterações em suas propriedades devido a processos físico-químicos que ocorrem no processo, como na incineração, pirólise ou plasma.

Quanto ao tipo de disposição final, no Brasil, como em outros países, possui três formas principais, os lixões, os aterros sanitários e aterros controlados, além de outros tipos como: trincheira de recebimento de resíduos de saúde (RSS), unidades de triagem, unidades de processamento de autoclave, unidades de manejo de ramificação e poda, unidades de transferência/transbordo, entre outras formas (AGUIAR, 2021).

Além da disposição final nesses locais, os RSU também podem ser encaminhados para unidades de processamento como triagem e reciclagem, compostagem, digestão anaeróbica, e incineração de biogás. Estes e outros tratamentos mecânicos, biológicos e térmicos podem ser utilizados individualmente ou em soluções integradas para recuperar resíduos recicláveis, extrair energia ou alterar determinadas propriedades dos resíduos, como volume e níveis de contaminantes (MULLER, 2021).

Suquizaqui (2020) também ressalva que a falta de locais de disposição de resíduos sólidos e o aumento do custo das tecnologias de tratamento têm levado algumas cidades a implementar uma política abrangente de gestão de resíduos sólidos que considera diversas medidas como redução na fonte, reaproveitamento, reciclagem, compostagem de resíduos, etc. Em outras palavras, essa política integrada inclui a seleção e aplicação de tecnologias, técnicas e planos de gestão para atingir objetivos específicos.

Pode-se afirmar que as assertividades no gerenciamento dos resíduos sólidos é um dos principais desafios dos grandes centros urbanos, a eficácia dos métodos de tratamento, por exemplo, depende das suas corretas aplicações dentro de cada realidade regional, de acordo com as suas próprias características, realidades e poder econômico (DADARIO, 2019).

Além disso, vale ressaltar que o município ou empresa que pretende implementar um sistema de tratamento, é necessário compreender e analisar a composição dos resíduos sólidos, pois, as suas características e classificações, definem a seleção de possíveis opções de

tratamento com base na fonte do contaminante e nas características geradas (FUGII, 2019).

Corrêa (2020) em seu trabalho ele também afirma que os resíduos armazenados de forma inadequada podem ser o ambiente perfeito para a disseminação de disfunções na saúde humana, e, além disso, um dos principais poluentes dos RSU dispostos de forma inadequada é o lixiviado (chorume) resultante do processo de decomposição anaeróbica da matéria orgânica, onde, esta decomposição é a causa de odores desagradáveis, contaminação do ar, da água, do solo e outros aspectos do meio.

Pimentel (2020) afirma que a escolha da tecnologia de tratamento de resíduos sólidos exige a análise de múltiplos cenários, pois nenhum sistema de gestão consegue tratar todos os materiais presentes nos RSU por meio de um único tratamento, é necessário realizar uma série de tratamentos como reciclagem, tratamento biológico, como a compostagem, incineração, aterramento, entre outros.

Logo, para caracterizar e diversificar a sistemática das práticas de sustentabilidade de gerenciamento de resíduos, são muito utilizadas situações com várias opções de coleta, tratamentos e disposição final. Diversificar os possíveis cenários de gerenciamento de resíduos, pode ser oportuno economicamente para diferentes escolhas no manejo desses resíduos, que podem incorporar as fases de coleta, transporte, triagem, reutilização de material, tratamento biológico, tratamento térmico, e aterro sanitário (REICHERT, 2014).

Além do mais, como se vê, a Lei nº 14.026/2020 traz consigo uma série de premissas e decisões que, se implementadas, terão a capacidade de estimular o tão necessário progresso no setor, e têm grande potencial para atrair os recursos necessários para uma efetiva adaptação e popularização, pois por meio da estruturação e segurança jurídica alcançada por contratos de longo prazo, bem como a sustentabilidade econômico-financeira por meio de ferramentas de remuneração que incluem taxas de usuários, são fatores fundamentais para atrair investimentos e alcançar soluções consistentes (ABRELPE, 2020).

2.2 Compostagem de resíduos sólidos

2.2.1 Histórico da compostagem

Uma das soluções que o ser humano encontrou para o tratamento e destinação dos resíduos orgânicos foi a compostagem. A definição de compostagem pode ser como um processo de monitoramento da degradação de resíduos sólidos orgânicos estimulando uma população de decompositores a partir do material a ser compostado; o resultado final é um composto orgânico à base de húmus rico em nutrientes e remediador do solo (PEIXOTO, 2016).

As civilizações antigas empilhavam material derivado de plantas, fezes, restos de comida e resíduos orgânicos, esperando que se degradassem até emergirem como composto. No entanto, após a Segunda Guerra Mundial, com o aumento do uso de fertilizantes químicos, o método tradicional de fertilização acabou sendo abandonado. Atualmente, devido às atuais preocupações ambientais, antigas técnicas de fertilização, como a compostagem, estão sendo resgatadas (OLIVEIRA, 2019).

Melo (2018) afirma em estudos que praticado desde tempos antigos, tanto os orientais quanto os gregos e romanos sabiam que os resíduos orgânicos podem ser

devolvidos a terra, contribuindo para a fertilidade do solo. De Oliveira (2020) ressalta que a compostagem surgiu na China há mais de 2.000 anos como uma solução agrícola para fertilização e melhoramento do solo, porém, da forma tradicional, a tecnologia só começou a ser estudada cientificamente em 1920, segundo os experimentos de Albert Howard, quando demonstrou que resíduos orgânicos devem ser usados em uma mistura compostada.

Assim como Chiabi (2022) também salienta que é provável que a compostagem tenha sido amplamente usada muito antes de a escrita ser usada pela primeira vez. Escavações na Escócia descobriram que o lixo doméstico era usado como composto desde o Neolítico. Albert Howard, muitas vezes considerado o pai da compostagem orgânica, também estava muito à frente de seu tempo em seu conhecimento das propriedades do solo.

Embora muitas vezes se possa pensar na compostagem como sendo uma tecnologia recentemente descoberta, a verdade é que este é um processo que remonta à Era da Mesopotâmia (2350 – 2150 a. C.). As civilizações antigas da América do Sul, China, Japão e Índia praticavam agricultura intensiva e utilizavam os resíduos orgânicos produzidos pelos animais e pelo Homem como fertilizantes (COSTA, 2014, p.13).

Segundo Chiabi (2022), Albert Howard viajou para a Índia para trabalhar na Divisão de Economia Imperial de Patton e descobriu que muitos agricultores estavam simplesmente queimando suas plantas e desperdiçando combustível. Howard passou a promover a compostagem desse material para que pudesse ser usado para fertilização e desenvolveu o método de compostagem Indore durante seu tempo na Índia.

A compostagem ocorre naturalmente no meio ambiente, conhecida como degradação de materiais orgânicos. O termo compostagem significa decomposição, porém com interferência antrópica onde desenvolve-se formas de acelerar a decomposição e gerar o composto final a partir desses resíduos orgânicos para atender as necessidades das atividades humanas, como a agricultura intensiva (SCHNEIDER, 2020).

Dos astecas aos chineses, algumas sociedades encontraram soluções para esses problemas – soluções que não apenas levam a ambientes mais limpos, mas também a terras mais férteis. Talvez, em um mundo onde gastamos bilhões de dólares tratando esgoto e bombeando-o para os oceanos, ainda possamos aprender lições com essas civilizações antigas (CHIABI, 2022).

2.2.2 Processos da Compostagem

Pode-se dizer que, nos últimos anos, a indústria de tratamento de resíduos sólidos e orgânicos tem crescido e, como resultado, o processo de compostagem tem despertado grande interesse. Outro sinal é a crescente demanda por resíduos para a produção de fertilizantes orgânicos para a agricultura, o que, por sua vez, ajuda a minimizar o impacto adverso no meio ambiente (DIAS, 2018).

Segundo Balbuena (2021), os países com maior renda disponível encontraram melhores maneiras de reduzir o impacto dos resíduos sólidos por meio de uma economia circular ou logística reversa. Por outro lado, países de menor renda geram mais resíduos sólidos de origem orgânica, que possuem alto potencial e podem ser facilmente incorporados em ciclos de decomposição controlados.

Os principais parâmetros que afetarão a compostagem quando alterados são: temperatura, umidade, pH, relação C:N, aeração, tamanho das partículas, tamanho da pilha e microrganismos envolvidos no processo. No entanto, gerenciar em condições ótimas e correlacionar essas condições entre si não é uma tarefa fácil, pois as matérias-primas possuem propriedades diferentes (DE SOUZA, 2020).

Em acordo com Bosco (2017) algumas das vantagens do uso do composto são que, em escala local, pode-se notar que o processo resulta em um composto final rico em matéria orgânica húmica que pode ser utilizado como fertilizante para o cultivo de diversas espécies vegetais, inclusive alimentos.

Vale ressaltar que a principal prática de gestão de resíduos orgânicos é a compostagem, que inclui a degradação de resíduos na presença de oxigênio, biodigestão que é o processo de decomposição de resíduos na ausência de oxigênio, e a vermicompostagem usando minhocas no procedimento de tratamento (DE SOUZA, 2020).

A vermicompostagem é um processo controlado que utiliza a ação combinada de minhocas e microrganismos em condições aeróbicas com o objetivo de estabilizar a matéria orgânica e prevenir a contaminação e o grau de contaminação dos resíduos. Enquanto os microrganismos são responsáveis pela degradação bioquímica da matéria orgânica, as minhocas são as principais responsáveis pelo processo de fragmentação e condicionamento do substrato, e atuam como "agitadores mecânicos" para triturar a matéria orgânica, alterando as propriedades físicas, químicas e biológicas, reduzindo gradativamente o C/N e aumentando a exposição à ação

microbiana, permitindo assim que o material se desfaça mais facilmente (OLIVEIRA,2019).

Soares (2021) afirma que a compostagem é realizada em 4 etapas distintas, assim: a primeira etapa corresponde ao início do processo de decomposição da matéria orgânica; a segunda é caracterizada pelas reações bioquímicas mais intensificadas; a terceira é caracterizada pela ocorrência de resfriamento; a quarta corresponde à solidificação, O estágio de maturidade ou humificação, em que o composto é por sua vez mineralizado.

Dazzi (2018) apresenta em seu trabalho a compostagem dividida em três etapas:

- A fase mesofílica, que começa a decompor a matéria orgânica, liberando calor e vapor de água, formando ácidos e toxinas, por um curto período de tempo, com temperaturas chegando a 40°C, por 2 a 5 dias.

- O estágio termofílico, semicurado ou bioestável é o estágio com degradação ativa, quando o material atinge sua temperatura máxima, acima de 40°C e a reação bioquímica é mais intensa. A duração depende de fatores ambientais, natureza e quantidade de resíduos, população microbiana e balanço de nutrientes.

- O estágio maduro ou humificado, estágio estável, produzindo compostos maduros, estáveis e humificados, não tóxicos. Pode durar de 30 a 60 dias. Representa a conversão de matéria orgânica fresca em húmus, um composto estável rico em matéria orgânica (como ácido fúlvico, ácido húmico e húmus) e de alto peso molecular. A estabilidade é essencial para que possa ser usado com segurança sem impactar o meio ambiente.

A criação de condições ideais promove a diversidade de bactérias e fungos que trabalham juntos para acelerar a degradação dos resíduos, resultando em um material de cor e textura uniformes com características de solo e húmus conhecido como composto orgânico (ALBINO, 2021).

Alguns países aumentaram o tratamento de RSU por meio da digestão anaeróbia para reduzir o descarte de resíduos orgânicos biodegradáveis em aterros sanitários. A digestão anaeróbica e a compostagem são usadas para recuperar energia da fração orgânica úmida de RSU na forma de biogás e para utilizar nutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) no composto orgânico resultante (JUNQUEIRA, 2022).

Trata-se de um método simples e seguro que garante um produto uniforme que pode ser utilizado para o cultivo de plantas e pode ser realizado em pequenas residências e comunidades de médio porte, instituições e até mesmo em grande escala municipal e industrial. No entanto, este é um método que precisa ser bem compreendido e bem praticado para evitar complicações como geração de odor e proliferação de vetores de doenças (BALBUENO, 2021).

Em linhas gerais, as unidades de triagem e compostagem funcionam da seguinte forma: recebem o resíduo recém coletado e ainda misturado; passam esse resíduo por uma mesa de triagem ou esteira para que os trabalhadores promovam a separação dos materiais recicláveis, da matéria orgânica e dos rejeitos; enviam os recicláveis para baias, prensagem e enfardamento, os orgânicos para o pátio de compostagem e os rejeitos para a alternativa de disposição final existente no município, seja lixão, aterro controlado ou sanitário (LEITE et. al, 2019).

Em acordo com Costa (2014) a diversa distinção técnica e tecnológica para a gestão mais vantajosa dos resíduos sólidos urbanos biodegradáveis deverá levar em conta alguns fatores e variáveis, como por exemplo, a degradação físico-química dos resíduos, as particularidades demográficas do local e os recursos econômicos disponíveis.

Segundo Ressetti (2020) existem alguns métodos potenciais para acelerar os processos de compostagem. Há processos que utilizam a circulação do ar, o aquecimento e a perturbação mecânica. Tais estratégias têm-se mostrado produtivas, mas requerem aparatos adicionais, o que torna a interação mais dispendiosa do processo.

Vale destacar que as técnicas de compostagem vão depender do tipo de aeração, do grau de desenvolvimento da “pilha/leira”, ou se é realizada em uma pilha ou de forma fechada, como um biorreator. Ou seja, a eficiência do processo de compostagem está diretamente relacionada aos fatores que proporcionam condições ótimas para que os microrganismos aeróbios se multipliquem e funcionem na conversão de matéria orgânica (SILVA, 2019).

Em acordo com Soares (2021) podemos citar algumas dessas técnicas como: leiras estáticas com aeração passiva, compostagem com revolvimento de leiras, leiras estáticas com aeração forçada, compostagem em reatores (restrita), entre outras, existem diversas variáveis que devem ser analisadas na escolha de um método ou

tecnologia de compostagem, cada técnica é mais adequada para determinadas propriedades do material que está sendo compostado.

Por exemplo, em tecnologias como em estruturas sem reatores biológicos, o ciclo acontece em pátios exteriores, em montes rotativos ou estáticos e com circulação de ar restrita ou ventilação regular. As estruturas dos reatores são estruturas com maior contribuição mecânica, para as quais o ciclo de tratamento de compostagem acontece em compartimentos fechados. A apresentação do ar é terminada com circulação de ar restrita ou torneamento mecânico, para acelerar a interação da desintegração e decomposição (COSTA, 2014).

Para Carvalho (2021) o dinamismo da compostagem promove a estruturação de novas perspectivas sobre a forma da sociedade lidar com os resíduos, que por sua vez proporciona uma melhor sensibilização quanto ao desperdício e a sua própria segurança alimentar, e a melhor perspectiva do aproveitamento dos resíduos com vistas a economia circular.

Recentemente, há alguns avanços materiais apropriados ao desempenho da compostagem. A decisão da inovação que melhor se aplica a cada caso depende do tipo e quantidade de materiais para compostagem, do espaço acessível para instalações, da acessibilidade dos bens humanos e monetários, das qualidades que o produto está planejado, entre outras (COSTA, 2014).

Do ponto de vista ecológico, a compostagem pode reduzir resíduos sólidos despejados inadequadamente em aterros sanitários, reduzindo os danos ambientais e melhorando a qualidade de vida das pessoas, além de beneficiar a qualidade do solo ao utilizar compostos orgânicos na agricultura. Do ponto de vista econômico, trata-se de um método de implementação de baixo custo, pois visa reaproveitar resíduos em produtos para agregar valor comercial e uso nas atividades agrícolas, além de representar uma vantagem competitiva global (DE OLIVEIRA, 2020).

Portanto, neste sentido, é importante distinguir e descrever vários tipos de modalidades nos RSU para compostagem, para apoiar novos cursos inovadores e revigorar a expansão das estruturas de gerenciamento de resíduos nos municípios. Ver como tais ciclos podem ser criados pode trabalhar em conjunto com a viabilidade das atividades civis e orientar os órgãos públicos administrativos no incentivo de vários atores sociais como empresas privadas, associações não legislativas, empreendedores locais e empresários sociais, entre outros, na tarefa de devolução dos suplementos contidos nos resíduos orgânicos (SIQUEIRA, 2015).

2.2.3 Compostagem no Brasil

O aumento das usinas de triagem e compostagem de RSU no Brasil começou na década de 1980, quando o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) disponibilizou uma linha de crédito para a compra de equipamentos e começou a financiar usinas de reciclagem e compostagem com grande alarde para municípios de todo o país, várias cidades investiram, mas a maioria dos projetos são instalados sem nenhuma pesquisa prévia ou planejamento técnico. Como resultado, a maioria das unidades foi desativada logo após a abertura e outras nem começaram a operar. No final da década de 1990, essas instalações foram gradualmente desativadas por fiscalizações ambientais, deixando enormes perdas econômicas e um vácuo de gestão para os municípios (SIQUEIRA, 2016).

Vale destacar que segundo dados da Abrelpe (2021), a produção de RSU no país é diretamente afetada pela pandemia do COVID-19 2020, a produção total é de cerca de 82,5 milhões de toneladas, ou 225.965 toneladas por dia e como resultado, cada brasileiro produz em média 1,07 kg de resíduos por dia.

Um dos desafios da PNRS é a redução, reutilização e valorização de resíduos sólidos, incluindo o uso da coleta seletiva, ações básicas para atingir a meta de enviar apenas rejeitos para aterro. Além do mais, segundo dados da Abrelpe (2021) do ponto de vista regional, como em anos anteriores, a região do país com maior geração de resíduos ainda é a sudeste, com cerca de 113.000 toneladas por dia (50%) e 460 kg/habitante/ano (SILVA, 2018).

Vale lembrar que o Brasil estabeleceu um prazo para o encerramento dos lixões, que é a forma mais agressiva e inadequada de disposição final dos RSU, pois não possui nenhum tratamento prévio, onde os resíduos são despejados diretamente no solo, poluem o meio ambiente e colocam em risco a saúde das populações do entorno e de outras áreas diretamente afetadas, desencadeando um efeito dominó adverso no meio (AGUIAR, 2021).

Alguns efeitos não tóxicos de RSU são particularmente proeminentes, como mudanças climáticas, destruição do ozônio estratosférico, acidificação, formação fotoquímica de ozônio e eutrofização. Além da escassez de recursos naturais não renováveis e uso da terra, há efeitos tóxicos como ecotoxicidade aquática e terrestre, toxicidade humana e material particulado (PAES, 2021).

Assim sendo, a geração de resíduos sólidos no Brasil tem aumentado nos últimos anos, superando o crescimento populacional do país, e, as características dos produtos, mudanças nos padrões de consumo e descarte de resíduos sólidos por obsolescências também se diversificaram (VENTURA, 2019).

A compostagem da parcela orgânica dos resíduos sólidos urbanos é um dos métodos de tratamento considerados adequados no Brasil, mas sua taxa de adoção é ínfima. No país, estima-se que 100.000 toneladas de matéria orgânica são descartadas como RSU todos os dias, sendo 98% descartados no solo, aterros e lixões, e apenas 2% são tratados (MORAIS, 2022).

Os resíduos orgânicos gerados nos domicílios encontram-se no quinto patamar da escala de prioridades da PNRS – Tratamento dos RS –, uma vez que sua geração é inevitável, por se constituir basicamente de restos de comida, e seu reprocessamento ainda não é possível diante da tecnologia disponível atualmente e da forma como os municípios realizam a coleta dos resíduos. Dentre os tratamentos possíveis para os resíduos orgânicos estão a compostagem, a biodigestão anaeróbia e a incineração (BOSCO, 2017).

No meio urbano, o retrato da fração orgânica dos resíduos não é diferente, na sua maioria são resíduos vegetais provenientes da manutenção de áreas verdes, de resíduos de esgotos e de extrações dos mercados livres, que alocados de maneira indevida e/ou em pontos impróprios, têm um elevado potencial de contaminação através da entrega de substâncias que empobrecem a camada de ozônio - GEE e criação de lixiviados com elevados perigos de contaminação do solo e da água (CARVALHO, 2021).

Pires (2017) destaca que a Constituição Federal e a Política Nacional do Ambiente asseguram a necessidade da compostagem na disposição final dos resíduos orgânicos, tendo em conta que a reutilização destes resíduos tem benefícios ecológicos e sociais mais notáveis e está mais com os princípios de sustentabilidade, quando contrastada com a remoção desta perda em aterros sanitários.

De acordo com o MMA (2000), quando os resíduos orgânicos são segregados na fonte, o seu tratamento e produto final pode ser feita a partir de diversas escalas e técnicas. Para redução desses resíduos em larga escala e centralização de grandes quantidades, o tratamento pode ser de forma doméstica ou comunitária, partindo dos processos de compostagem com a degradação dos resíduos orgânicos com ou sem a presença de oxigênio - biodigestores.

A compostagem domiciliar pode ter um impacto considerável no destino dos resíduos orgânicos nos municípios brasileiros. Por exemplo, segundo Soares (2021) os resíduos municipais, como poda de árvores e capina, ou resíduos agroindustriais, como bagaço, resíduos de madeira não tratada, palha e resíduos de silos, são a priori livres de poluição e podem ser usados para compostagem. Outros resíduos de processos industriais (lodo de sistemas de esgoto, madeira tratada etc.) contam com análises químicas e monitoramento contínuo, para que não impliquem risco de contaminação indesejável.

Os maiores beneficiados caso os resíduos orgânicos fossem considerados como um “recurso” precioso seriam as cidades em geral, as empresas e a agricultura, pois seriam convertidos em adubo e/ou energia, gerando empregos e contribuindo para a redução dos custos de sua disposição. Resolveria muitos problemas ambientais, como degradação do solo, erosão e mudanças climáticas, estaria também em consonância com a PNRS e com a visão contemporânea da gestão dos resíduos orgânicos já adotada por vários países (ZAGO, 2019).

Albino (2021) relata que de acordo com o trabalho do Banco Mundial, 51% do lixo doméstico gerado no Brasil corresponde a matéria orgânica, um pouco menos do que o grupo mais rico dos países de renda média. A compostagem reduz os custos de aterro e transporte de resíduos; a reutilização agrícola de matéria orgânica promove a reciclagem de nutrientes do solo e evita a poluição da água, do solo e do ar e a propagação de vetores de doenças.

A Confederação Nacional dos Municípios – CNM (2022) destacou que a Resolução Conama 481/2017 estabeleceu normas e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos e dá outras providências, em seu art. 10º contém os requisitos mínimos de controle ambiental que a unidade de compostagem deve atender.

Portanto, fica claro que o tratamento dessa parte é fundamental para a eficiência da gestão ambiental nas cidades brasileiras, principalmente pela capacidade de prevenir ou reduzir as milhares de toneladas que são desperdiçadas em aterros sanitários todos os dias (PEREIRA, 2021).

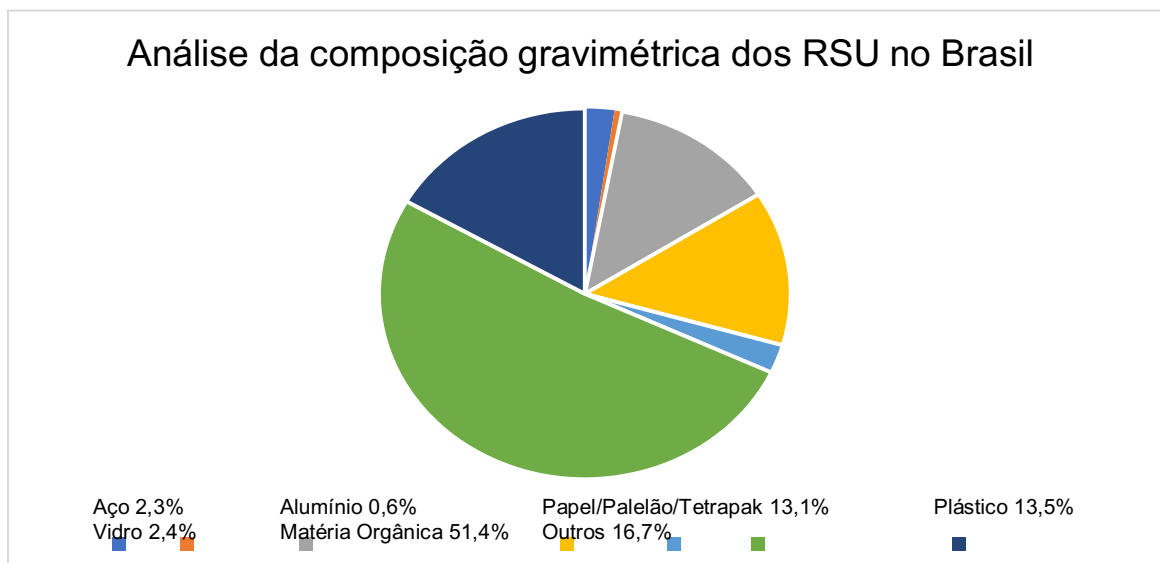
O Brasil tem um trabalho agrícola notório, onde há ampla possibilidade de reciclar esses resíduos e depois usar o composto como fertilizante orgânico, uma vantagem que pode ajudar muito a reduzir a forte dependência do país das importações de fertilizantes (ALBINO, 2021).

Pode-se dizer que de acordo com De Jesus (2022), ao analisar a situação dos resíduos sólidos no Brasil, fica explícito que a compostagem tem grande potencial de aplicação, principalmente pela grande quantidade de resíduos orgânicos. Em relação aos resíduos sólidos orgânicos, segundo a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - Abrelpe, a parcela orgânica responde por mais da metade da coleta total no país.

A compostagem em nível municipal pode prolongar a vida útil dos aterros sanitários, pois a matéria orgânica é uma parte importante dos resíduos sólidos urbanos, além disso, reduz o potencial de poluição dos gases de efeito estufa (GEE) devido ao processo de compostagem aeróbica, onde o dióxido de carbono é cerca de 20 vezes menos poluente que o metano, o gás emitido durante os processos anaeróbios tradicionais em aterros sanitários (BOSCO, 2017).

A Confederação Nacional dos Municípios - CNM (2022) também destaca a análise da composição em percentagem dos RSU coletados no Brasil:

Análise da composição gravimétrica dos RSU no Brasil



Fonte: adaptado de CNM (Nota Técnica n. 09/2022)

Percebe-se no gráfico acima que a maior parte dos resíduos sólidos urbanos corresponde à matéria orgânica e pode ser compostada, enquanto, em algumas cidades, essa proporção pode ser menor ou até maior segundo o seu nível de desenvolvimento socioeconômico (MARQUES, 2022).

Porém, de acordo com Leite et al., (2019) falta um efetivo reconhecimento das unidades de triagem e compostagem no Brasil como alternativas que precedem a última etapa do gerenciamento de resíduos (a disposição final), a fim de reduzir

estatisticamente o desperdício de matéria orgânica no país, e melhorar consideravelmente os indicadores socioambientais e sanitários.

3 METODOLOGIA

A proposta metodológica deste trabalho baseia-se em uma abordagem descritiva exploratória, pois, revisa de forma abrangente e sistemática a literatura nacional na área ambiental com foco nos principais desafios que permeiam a implementação da compostagem como tratamento de grande ressalva no país (MARQUES, 2021).

Com fundamento na literatura recente e disponível sobre o tema, o estudo aborda os principais desafios que o Brasil enfrenta com a gestão de resíduos sólidos e as práticas de compostagem propagadas. Seguindo um enfoque qualitativo no desenvolvimento da pesquisa, com informações elucidativas dos limiares que permeiam o sistema de compostagem no país.

Logo, como técnica, é utilizada a revisão teórica dos principais trabalhos divulgados, e, com o caráter descritivo que ajuda nas relações entre as variáveis explanadas sobre o tema tratado a partir do esboço dos desafios e possíveis perspectivas futuras. Portanto, baseado em análise documental e bibliográfica, o estudo é validado a partir de uma revisão de literatura.

Os caminhos do método para construção e validação desde trabalho consiste em três fases:

- a) pesquisar os principais trabalhos na área publicados no país;
- b) fazer um levantamento do processo de tratamento em foco; e
- c) levantar os principais desafios e perspectivas mais em comum e discutidos pelos trabalhos explorados.

De forma semelhante a outros estudos na área de resíduos sólidos, e especialmente dos resíduos orgânicos, os desafios identificados e perspectivas apresentados a partir das publicações citadas em todo o desenvolvimento do trabalho, remete a conclusões comuns sobre o entrave na gestão de resíduos no país, assim com as suas problemáticas em relação ao gerenciamento de resíduos sólidos, assim como os orgânicos.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

De acordo com as pesquisas, pode-se destacar alguns desafios e perspectivas no Brasil e seus possíveis direcionamentos plausíveis com alcance de ótimos resultados. Conforme os estudos que refletem no tema em questão, destacam-se, no Quadro 1, alguns dos principais

desafios e possíveis perspectivas para uma eficiente aplicação do sistema de compostagem no Brasil.

Quadro 1: Principais desafios e perspectiva para a compostagem no Brasil.

Principais desafios e perspectivas para a Compostagem no Brasil	
Desafio 1 - Limitação de recursos dos municípios brasileiros para a difundir a compostagem	Perspectiva 1 - Descentralização e colaboração público-privado
Desafio 2 - Ineficiência da gestão de resíduos sólidos orgânicos	Perspectiva 2 - Políticas intergovernamentais e intersetoriais
Desafio 3 - Precária aplicabilidade da compostagem em nível nacional	Perspectiva 3 - Valorização de multitécnicas e tecnologias de tratamento de RSU com a compostagem

Desafio 1: Limitação de recursos dos municípios brasileiros para a gestão de resíduos sólidos

As cidades, principalmente as de pequeno e médio porte, não possuem recursos financeiros suficientes e pessoal capacitado para gerir os resíduos sólidos de forma eficaz e sustentável. No Brasil, um dos principais entraves é a incapacidade dos municípios de arcar com os custos da gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, bem como os orgânicos.

Segundo Klein (2020), indicadores que medem as variáveis de gestão de resíduos municipais, incluindo a presença de serviços de coleta seletiva, aumento das taxas de reciclagem, aumento do número de galpões de triagem e presença de aterrossanitários, podem estar relacionados ao montante de recursos recebidos do financiamento federal em que os municípios beneficiados pelo repasse são bastante limitados e a maior parte desses recursos vai para municípios com níveis econômicos moderados e altos, sugerindo uma divergência de princípios e diretrizes relacionadas à redução das desigualdades regionais e federais.

Em acordo com De Assunção (2019) os gastos com a gestão de resíduos sólidos têm grande impacto no orçamento público, pois alguns dos recursos utilizados para esse fim podem ser aplicados em outras áreas por meio de políticas voltadas à redução de resíduos na fonte. Ou seja, os investimentos no tratamento de resíduos sólidos só diminuirão à medida que sua produção diminuir, o que envolve não só uma PNRS mais rígida, mas também requer a força jurídica necessária para efetivar as políticas adotadas.

Para Nascimento (2015), as administrações públicas locais, a dificuldade em desviar a

fração orgânica dos resíduos da disposição final é devido ao impasse de separá-la dos demais resíduos recicláveis e dos rejeitos. Ou seja, a sua qualidade está associada às matérias-primas, que devem estar livres de contaminantes e impurezas. Para isso, os resíduos orgânicos devem ser tratados separadamente na origem, tornando a primeira etapa do gerenciamento a mais crucial, e a coleta seletiva deve seguir esse mecanismo.

Perspectiva 1: Descentralização e colaboração público-privado

Dada a dificuldade da maioria das cidades brasileiras se adequarem às metas estabelecidas na PNRS e à baixa capacidade de investimento do país, o envolvimento de entidades privadas interessadas na valorização econômica e energética dos RSU deve ser visto como parte da solução. Além disso, a falta de recursos para tomar as medidas adequadas nesta área de acordo com o disposto no novo marco legal da Lei Sanitária n. 14.026/2020, a gestão de resíduos começa a ser levada a sério e tem grande potencial de reversão.

O setor privado tem os recursos financeiros e a qualidade técnica necessários para ampliar os serviços. Em acordo com Bersch (2018), a maior dificuldade para o sucesso dos programas de coleta particular e compostagem é o reconhecimento do valor dos serviços prestados, pois essas empresas precisam repassar aos

cidadãos/clientes o custo de realizar da atividade. Por isso, é importante tangibilizar os impactos positivos e negativos (ecológicos, econômicos, sociais e ambientais) proporcionados por esses projetos, pois é necessário um certo nível de conscientização da prática socioambiental da população.

Segundo Antenor (2020), existem empresas no Brasil que projetam e vendem soluções técnicas para implantação de aterros, gerando economia de escala e reduzindo custos de implantação ao longo do tempo, além de outras soluções como conectar geradores de resíduos com recicladoras, transportadoras e empresas que lidam com eles na obtenção de resíduos para reutilização.

A formação de consórcios públicos contribui principalmente para fortalecer a interação entre os municípios, promovendo o compartilhamento de conhecimento, principalmente no processo de construção e manutenção de aterros sanitários. Além de proporcionar a oportunidade de compartilhar custos e compartilhar tecnologia e pessoal, também oferece uma oportunidade para a gestão municipal organizar o aprendizado (SILVA, 2022).

Dentre as diversas demandas apresentadas pela sociedade moderna para interferir nas atividades empresariais, as questões ambientais estão intimamente relacionadas à qualidade de vida das pessoas e, por isso, têm recebido significativa atenção da população. Devido a essas pressões sobre questões ambientais dentro de muitas organizações, se tornam parte de quadro de ameaças e oportunidades, cujas consequências podem significar uma posição competitiva e/ou permanente ou saída do mercado.

É notável, pois vale lembrar que a responsabilidade social corporativa envolve cada vez mais a incorporação voluntária de questões ambientais nas estratégias de negócios, por meio da implementação de Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e sua certificação de acordo com a norma internacional ISO 14001 e outras normas relevantes.

Na colaboração do serviço a partir da prestação de serviços privados, além de assumir responsabilidades sociais, as empresas também têm obrigações legais com o meio ambiente. A opção de destinação dos resíduos por compostagem, realizada por empresas especializadas, traz muitas vantagens ao gerador, e é uma estratégia fundamental para ajudar a resolver uma das maiores preocupações ambientais da atualidade, a quantidade de resíduos gerados e sua destinação adequada, conformidade legal, menores custos operacionais e compromissos ambientais.

Os arranjos cooperativos têm o potencial de beneficiar não apenas as administrações municipais que buscam cumprir os mandatos constitucionais, mas também de reduzir os gastos com recursos financeiros e técnicos e atingir o objetivo de entregar políticas públicas de qualidade.

Outro aspecto importante explorado por pesquisadores da área de resíduos é o desenvolvimento de alternativas de gestão mais locais e descentralizadas, principalmente nos grandes centros urbanos e regiões metropolitanas, que podem ser entendidas como medidas que têm potencial para reduzir os resíduos enviados ao sistema de transporte, manuseio e disposição final (PAES, 2021).

Em acordo com Siqueira (2016), vale lembrar que os modelos centralizados de gestão de resíduos orgânicos têm sido bem sucedidos em países com economias avançadas, mas raramente são aplicáveis efetivamente em outras nações menos desenvolvidas. Já a gestão descentralizada de fração orgânica dos resíduos, pode ser acrescentada à solução do problema, pois, o seu uso se transforma em uma ferramenta para promover o saneamento ambiental, a saúde e o bem estar social, a agricultura urbana, bem como o desenvolvimento do capital social em ambientes urbanos frágeis.

Segundo Nascimento (2021), a gestão descentralizada de resíduos sólidos traz benefícios ao otimizar a logística e aproximar os geradores da reciclagem de materiais que antes eram considerados apenas como lixo, e ainda há a possibilidade de geração de renda, conhecimento e empoderamento social.

Embora alocar a porção orgânica para uma grande área de compostagem seja uma alternativa viável, fazer esse processo em menor escala permite um melhor controle do composto produzido. Portanto, a compostagem pessoal em casa, bem como a compostagem comunitária é uma prática que deve ser incentivada pelo poder público (SILVA, 2020).

Quando os resíduos orgânicos são processados por compostagem (seja caseira ou por meio de sistemas extensivos de compostagem), os custos públicos de coleta, transporte, transbordo e disposição final desses resíduos são significativamente reduzidos, caso em que a economia pode ser usada para educação ambiental, implementação de compostagem ou na compra e distribuição desses sistemas (LICHTENFELS, 2018).

Portanto, pode-se afirmar que os benefícios das técnicas da compostagem descentralizada já foram demonstrados em muitos projetos-piloto de pequena escala

em países em desenvolvimento. Esses procedimentos movimentam com eficiência grandes volumes de resíduos, reduzem os custos de transporte e disposição final, além de criarem oportunidades de emprego local, adaptam-se a circunstâncias socioeconômicas específicas e são mais flexíveis na operação e na gestão à medida que se adaptam às necessidades dinâmicas das comunidades que atendem. No entanto, a principal fraqueza de tais iniciativas parece ser que as prefeituras não estão prontas para recebê-las (BAPTISTA, 2018).

Desafio 2: Ineficiência da gestão de resíduos sólidos urbanos

A gestão municipal de resíduos sólidos urbanos é um conjunto de interfaces que envolve ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento em que as administrações públicas devem desenvolver para coletar, separar, tratar e destinar seus resíduos urbanos em um único local sem causar danos ao meio ambiente e à população do município.

Quanto ao desenvolvimento de planos municipais de gestão de resíduos, os municípios carecem de preparos, que envolvem múltiplos aspectos: político, administrativo, técnico e orçamentário-financeiro, ou seja, deficiências na administração pública, como falta de mão de obra especializada, capacitação técnica local e recursos financeiros, principalmente em cidades pequenas, são fatores limitantes que afetam o processo de planejamento (CHAVES, 2020).

Os sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos, sejam eles inexistentes ou desperdiçadores, apresentam os efeitos adversos socioambientais presentes nas diferentes comunidades urbanas do país. Um modelo de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos é a base para qualquer planejamento de rotas ambientalmente adequada para coleta, tratamento e disposição final. Estudos anteriores, como a quantidade e composição dos resíduos coletados, rotas técnicas e conhecimento dos fluxos de resíduos e seus custos, permitem uma melhor análise de novas possibilidades de aplicação de tecnologia ou método de tratamento de resíduos em um local específico (PIMENTEL, 2020).

Nascimento (2015) também afirma que apesar do fato de ter havido atualizações no gerenciamento dos RSU, estas ainda não foram adequadas para se conformarem com as progressões propostas pela PNRS e para estabelecer uma gestão integrada de resíduos sólidos urbanos que seja mais bem sucedida e viável, tanto para o meio ambiente quanto para a sociedade, significando o desenvolvimento desolúções primordiais na gestão desses resíduos.

Marchi (2015) também levanta a questão governamental, em que a administração municipal ainda é a maior questão para melhorar a área dos RSU no Brasil. Além do mais, mão de obra inadequada ou inexplorada, equipamento antigo e danificado, bens escassos e ineficazmente aplicados são questões civis recorrentes, com alguma isenção nas capitais dos estados mais evoluídos.

Perspectiva 2: Políticas intergovernamentais e intersetoriais

Na PNRS, assim como nos acordos setoriais, as responsabilidades são compartilhadas, mas, às vezes, alguns setores não têm interesse em resolver o problema. A PNRS não é eficaz o suficiente porque não é levada a sério, mas sem ela provavelmente estaríamos ainda mais atrasados em questões de manuseio de RSU. A lucratividade operacional aumenta quando há necessidade de uso de tecnologia, mas, para isso, é necessário que os acordos setoriais sejam efetivamente cumpridos (ANTENOR, 2020).

Trata-se de desenvolver esse processo a partir da responsabilidade compartilhada, um conjunto de elementos interrelacionados associados a políticas intersetoriais e intergovernamentais envolvendo logística reversa e reciclagem de resíduos; conforme entendido a partir da Política Nacional de Resíduos Sólidos, por meio da gestão de devoluções de bens e materiais e operação após seu consumo e comercialização, a fim de minimizar os danos ao meio ambiente.

Em acordo com os pontos levantados na fundamentação teórica, o caminho a se desenvolver para uma melhor perspectiva de aplicabilidade das técnicas de tratamento de resíduos sólidos urbanos, a partir da valorização da compostagem de forma abrangente, é por meio da fusão da gestão de resíduos nas diversas vertentes sociais, nos seis diferentes níveis (nacional, estadual, microrregional, intermunicipal, metropolitano e municipal), e cobrando a força jurídica e institucional do país para validar a aplicação de suas políticas.

A cooperação intergovernamental visa atender às exigências legais, implementar políticas públicas de forma conjunta e efetiva e reduzir os custos de transação envolvidos na prestação de serviços públicos. No entanto, embora o tema da cooperação intergovernamental seja de interesse de diversas áreas de pesquisa, ainda é pouco controverso quando o objeto da cooperação é a gestão de resíduos sólidos (SILVA, 2022).

Considerando que o Brasil é a potência agrícola mundial, a oferta de resíduos

orgânicos e a grande demanda por fertilizantes, fica claro que o Brasil precisa desenvolver políticas governamentais que incentivem e conscientizem a população sobre a necessidade de converter resíduos em produtos, inovar tecnologia e promover a economia nacional (DE SOUZA, 2019).

De acordo com Coelho (2022), a Lei n. 12.305/2010 também trata da responsabilidade compartilhada entre os entes públicos federais. O Art. 36 dessa lei estabelece que, para os municípios que contemplam o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Municipais (PMGIRS), a responsabilidade pela destinação desses resíduos é da responsabilidade do titular do serviço de limpeza pública municipal. O Capítulo 5 deste artigo estipula ao responsável a implementação do sistema de compostagem dos resíduos domésticos, esclarecendo junto das entidades econômicas e sociais como é utilizado o composto gerado.

Além disso, é responsabilidade das entidades públicas realizar campanhas e/ou palestras educacionais envolvendo toda a sociedade para discutir e debater sobre políticas para minimizar a geração de resíduos, reutilização, reciclagem dos resíduos adequados e informações sobre o acondicionamento adequado dos resíduos sólidos domésticos, como por exemplo a matéria orgânica antes da coleta.

A gestão integrada de RSU inclui a combinação de vários métodos de coleta, tratamento e disposição final dos resíduos destinados a minimizar o impacto ambiental, e maximizar a viabilidade econômica e os benefícios sociais da solução proposta. Essa abordagem ressalta a necessidade de separar os resíduos à medida que são gerados e recuperá-los por meio de reciclagem, compostagem, tratamento térmico e/ou disposição final em aterros sanitários (BERSCH, 2018).

Vale ressaltar que, de acordo com Pinto (2020), pode-se notar que a PNRS exige planos de resíduos sólidos em diversas áreas de governo, portanto, para obter os recursos de gestão necessários, os municípios precisam desenvolver os planos de resíduos sólidos, sem as devidas ações podem existir consequências negativas para a população, como uma gestão negligente dos RSU, impactos sociais, econômicos, ambientais e até mesmo na saúde. Perante esta situação, cabe ao poder público tomar providências, exigindo assim o desenvolvimento e implementação de legislação que rege o gerenciamento de resíduos e a disponibilização de instrumentos de gestão.

Desafio 3: Precária aplicabilidade da compostagem em nível nacional

Há necessidade de estudar técnicas de destinação ambientalmente adequada, pois os resíduos orgânicos no meio ambiente podem causar múltiplos impactos ambientais e sociais, tais como: poluição do solo e dos cursos d'água, poluição do ar, além da disseminação de vetores patogênicos individuais e coletivos.

Tecnologias para processamento de matéria orgânica (como compostagem ou biodigestores) ou para recuperação de energia de RSU (por exemplo, incineradores) são investimentos que muitas vezes estão além da realidade de muitos países. Em países como Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul, o envio de resíduos para a disposição final (lixões ou aterros regulares) continua sendo a prática mais comum, com percentuais próximos a 98%, 95%, 93%, 63% e 100%, respectivamente (PAES, 2021).

Em acordo com Siqueira (2016), as experiências com o tratamento de resíduos orgânicos a partir da compostagem foram inúmeras e recorrentes, tanto que a baixa aceitação por parte dos gestores públicos é resultado de um processo histórico mal planejado das usinas, a falta de conhecimento técnico especializado e domínio das tecnologias relevantes, associada principalmente à falta e/ou a ineficiência nos programas de coleta seletiva.

A separação na fonte e a coleta seletiva são grandes gargalos para a eficiência dos sistemas de gestão de resíduos, caso contrário a possibilidade de reciclagem de materiais inorgânicos e orgânicos é bastante reduzida. Esse novo marco legal de

saneamento exige um novo método de compostagem e coleta seletiva, pois abre novas possibilidades para alcançar a prestação de serviços em escala sustentável, tornando o reaproveitamento de materiais uma exigência e não apenas uma opção aos municípios (ZAGO, 2019).

Pode-se frisar que o Brasil tem mais de 20 anos de experiência com coleta seletiva municipal, porém, abrangendo apenas poucos municípios, e na maioria das vezes é parcial, ou seja, não atende a cidade inteira e é ineficiente por não haver atendimento regular. Logo, os materiais orgânicos ainda estão no final da linha e ainda não há coleta seletiva para eles. Quando ocorre a coleta diferenciada, são incluídos apenas os resíduos sólidos inertes, plástico, papel, metal e vidro, que já possuem valor comercial.

Diante do volume de resíduos gerados dentro de suas fronteiras e necessitando de soluções práticas imediatas, os municípios acabam recorrendo a medidas carentes de análise técnica, principalmente considerando as implicações financeiras da implantação de novos mecanismos de gestão de resíduos (SANCHES, 2018).

E, de acordo com Pimentel (2020), novos estudos para encontrar soluções ambientais e de gestão estão sendo concebidos para oferecer opções de equilíbrio entre custo e benefícios resultantes, não só para a administração pública municipal, mas para toda a cadeia de atores sociais geradoras de resíduos, parceiros da coleta seletiva, indústria de reciclagem e diversos outros a considerar.

Perspectiva 3: Valorização de multitécnicas e tecnologias de tratamento de RSU com a compostagem

É plausível de consideração que o sistema de gestão de resíduos sólidos urbanos não consegue tratar os resíduos a partir de uma única forma, sendo necessário associar/intercalar as técnicas e tecnologias pré-existentes a partir de multicritérios emultivariáveis para inovar e garantir a eficiência da sua aplicabilidade.

A seleção da tecnologia de tratamento de resíduos sólidos requer análise de vários contextos, como quantidade e composição dos resíduos coletados, conhecimento das rotas tecnológicas e fluxos de resíduos e seus custos, a fim de melhor analisar a possibilidade de aplicação de novas tecnologias ou métodos de gestão a situação em um determinado local.

Os cenários tecnológicos associados apresentaram o melhor desempenho ambiental, com a reciclagem e a compostagem listadas como as principais práticas para reduzir os impactos ambientais adversos. As fases de separação e coleta seletiva são fundamentais para a eficiência do processo e análise do ciclo de vida - o ACV facilita a comparação de diferentes

rotas de tecnologia, permitindo que os gestores identifiquem as tecnologias de menor impacto ambiental para a gestão dos serviços públicos de RSU (MERSONI, 2015).

Ao mesmo tempo, o resíduo orgânico é considerado um vilão ambiental, já que sua decomposição é fonte de vetores de doenças, e impacta adversamente vários aspectos do meio, no entanto, pode se tornar um material de grande valor econômico que é utilizado para vários usos, como compostagem na agricultura urbana, adubação no agronegócio, que é uma das principais fontes de renda do Brasil, e outros enormes benefícios socioeconômicos.

Paes (2021) destaca em seu trabalho que em alguns países, especialmente na União Européia (regiões como Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Holanda e Suécia podem ser destacadas), a implementação efetiva de práticas de gestão de RSU resultou em taxas de reciclagem de resíduos próximas de 90%, por meio de uma combinação de reutilização, reciclagem, compostagem e tratamento de resíduos e valorização energética (incineração e/ou tratamento biomecânico).

Essa prática é uma das melhores opções para lidar com os resíduos orgânicos, pois converte uma externalidade negativa em positiva, pois, com o manejo adequado, produz fertilizantes com enormes usos agrícolas e potencial para restaurar solos degradados. Essa técnica de gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos - RSU reduz o volume de materiais, evita a ocupação desnecessária de aterros sanitários e produz produtos com importantes funções ecológicas (MELO, 2018).

No que tange à qualidade e eficiência do processo, em acordo com Bersch (2018), a separação de resíduos pode ser na residência e no próprio aterro sanitário, antes do depósito dos resíduos. A primeira opção garante maior eficiência no processo, desde que acompanhada de um sólido programa de educação ambiental para a população. A segunda opção, por outro lado, cria oportunidades de emprego para catadores, além de oferecer oportunidades para produção de composto em larga escala e geração de renda associada, porém a efetividade do processo é comprometida.

Na conjuntura atual do país, o tema do desenvolvimento sustentável é claro, os resíduos se tornaram uma questão global e a utilização de resíduos orgânicos para a produção de fertilizantes é uma alternativa sustentável e desejável diante do acúmulo de resíduos orgânicos no meio ambiente, seu uso surge como uma alternativa comercial em relação ao desenvolvimento local, utilizando, por exemplo, a logística reversa para agregar valor a diversas cadeias produtivas (PORTUGUAL, 2018).

Além disso, um dos métodos que envolve multicritérios pode-se ser proposto, como De Assunção (2019) ressalta em seu trabalho, é uma direção voltada para a economia circular, que por sua vez é baseada em dois ciclos: o ciclo biológico e o ciclo tecnológico, em que os processos de produção e consumo de materiais devem ser utilizados ou consumidos nesses ciclos. No entanto, as propostas de economia circular não se limitam à gestão de resíduos, mas

envolvem todo o processo produtivo, desde a concepção do produto, materiais utilizados, produção, consumo e descarte. Desta forma, a economia circular é guiada pelos princípios da ecoeficiência, que passa também pela sensibilização do consumidor.

É necessário descrever um modelo realista de economia circular técnica e economicamente viável para cada nível setorial do país identificado pela PNRS, a fim de facilitar a disseminação de práticas de compostagem com base na situação real e no uso de tecnologias de tratamento de RSU para cada área específica, estendendo a análise econômica sob diferentes cenários (LEITE, 2020).

Ou seja, ao analisar alguns dos princípios da economia circular e da PNRS, há semelhanças de que a política do Brasil é mais ampla em alguns aspectos, como o reaproveitamento e reciclagem de produtos, porém há uma falta de clareza sobre a circulação reversa porque se trata apenas de tecnologia, diferentemente da economia circular, que considera as tecnologias e a biologia, onde essas mudanças vão além do design do produto, incluem o manejo e a destinação final adequados dos resíduos produzidos, por meio da reciclagem, e uso como subproduto, como a composto de resíduos orgânicos da compostagem.

A eficiência das técnicas aplicadas exige o envolvimento da comunidade em todas as etapas do processo de compostagem (separação e montagem do composto). Dentro deste grupo, existe outra tecnologia que visa unificar conhecimento profissional e popular, resultando em um trabalho conjunto: tecnologia social, em que um conjunto de tecnologias, métodos translacionais, desenvolvimento e/ou aplicações são de populações que representam soluções socialmente inclusivas para esta população em termos de melhoria da qualidade de vida (DA ROSA, 2021).

Pois, vale destacar que eficiência das práticas de compostagem, seja ela qual for, se aplicada corretamente e acarreta em muito benefícios. Como ressalta Melo (2018), o composto orgânico resultante, quando adicionado ao solo, melhora suas propriedades físicas, físico-químicas e biológicas. Com essa tecnologia e logística reversa, os resíduos urbanos são devolvidos ao sistema produtivo na forma de matéria orgânica, possibilitando benefícios econômicos pela introdução do produto final devolvido ao meio ambiente de forma limpa e sustentável.

De Oliveira (2021) salienta que em países de maior renda, como o Brasil, a educação do consumidor visando à mudança de comportamento é fundamental para a redução de resíduos e geração de resíduos orgânicos, portanto, além da redução de resíduos, os resíduos orgânicos descartados podem e devem ser gerenciados de forma eficaz. Além disso, nas últimas décadas, surgiram as chamadas *startups* verdes, também conhecidas como empresas de tecnologia limpa, que buscam inovar por meio do desenvolvimento sustentável. Ou seja, aumentam a eficiência e a produtividade do processo, através de serviços ou produtos sustentáveis, pois reduzem custos e evitam

desperdícios.

Em acordo com Reichert (2014), muitas soluções que foram propostas são deslizes das suas capacidades independentes. São arranjos destacados e estanques que não consideram a questão dos resíduos desde a sua criação até à sua última remoção, incluindo o seu tratamento. Estes acordos, embora grandes a um nível fundamental, não conseguem resolver a questão em geral.

A PNRS sugere que um Plano de Gestão de Resíduos deve incluir: o catálogo de resíduos desde o seu ponto de partida, volume, características e agrupamento; os métodos a adotar para separação, coleta, disposição, acondicionamento, capacidade impermanente, transporte, reutilização, recuperação, tratamento e última disposição final, de acordo com a ordem, e mostrar os locais onde estes exercícios serão executados (BRASIL, 2010).

Além disso, com base em Junqueira (2022), o desempenho ambiental dos principais sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (GRSUs) nas cidades brasileiras deve ser comparado com as opções de tecnologia de recuperação de recursos para apoiar a transição para zero resíduos, e a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) ou uma Matriz Swot são ferramentas que podem analisar os fatores e impactos ambientais de diferentes atividades.

Antenor (2020), em seu trabalho, ainda destaca que, de modo geral, uma série de grandes e pequenas cidades tem descumprido a legislação, tentando retardar o mandato dessas ações, citando a necessidade de mais apoio financeiro e técnico do governo federal para o cumprimento integral da política. Mais recentemente, o texto do novo marco legal da saúde destacou muitas soluções tecnológicas para o problema da destinação e disposição final dos RSU, mas fica claro que barreiras políticas e econômicas inviabilizam a difusão e adoção dessas tecnologias. Portanto, pode-se concluir pelo atual perfil de RSU no Brasil que ainda são necessários investimentos substanciais e uma real aliança entre poder público e setor privado para alcançar a universalização da destinação adequada de resíduos sólidos nos próximos anos.

Outro ponto muito importante que pode ser aplicado de forma efetiva, há muito, é a promoção da educação ambiental para os mais jovens, pois as escolas são objeto de disseminação de pensamentos e consciências pessoais, e este é um espaço aberto para a discussão interdisciplinar de questões ambientais de forma a analisar a importância da compostagem para entender o contexto relacionado ao meio ambiente como poluição, coleta seletiva de resíduos sólidos, efeito estufa, compostagem, etc., ou seja, estudar e aplicar na educação básica a compostagem é outra forma de prevenção de sustentabilidade ambiental, e o estudo pode ser cobrado ou incentivado como requisito no planejamento pedagógico do ensino básico no país.

5 CONCLUSÕES

Dado o visto, um dos grandes problemas dos resíduos sólidos no país está associado à disposição inadequada dos resíduos orgânicos, sendo este um desafio tanto para o meio natural como para os processos tecnológicos. Dentro os resíduos, os orgânicos representam cerca de 60% do seu peso total e, portanto, se o foco do problema for a destinação desses resíduos, é possível minimizar consideravelmente os problemas socioambientais como a proliferação de vetores de doenças, devido ao acúmulo de resíduos orgânicos dispostos inadequadamente, principalmente nas áreas metropolitanas. Também é possível obter resultados lucrativos a partir dos produtos gerados das técnicas de tratamento, sobretudo da compostagem (adubo orgânico).

Pode-se concluir ainda que altos volumes de sem resíduos orgânicos, os altos níveis de poluição do meio ambiente e o alto custo da destinação final adequada ainda não são suficientes para definir estratégias para superar as restrições técnicas, administrativas e políticas que não são implementadas eficientemente pela gestão do país. E, como no Planeta Terra, todo e qualquer processo apresenta a característica de variabilidade, é imprescindível que se encontrem formas de lidar com as variáveis dentro de uma vertente de estudo, para minimizar ou eliminar os impactos adversos ao meio ambiente.

Logo, melhores estudos de viabilidade econômica para a compostagem desses resíduos são necessários no país, mesmo que a prática só ganhe força com a efetiva implantação da PNRS. Além disso, embora o valor comercial dos materiais recicláveis e do composto produzido seja baixo, essa receita somada ao valor da economia mensal no orçamento público com a redução da quantidade de resíduos

encaminhados aos aterros sanitários, é uma abordagem considerada mais sustentável em todos os vieses.

A cooperação intermunicipal também carece de pesquisas que possibilitem uma análise qualitativa da legislação que a regulamenta para tirar conclusões mais amplas e sua relação com contextos específicos. A adoção de medidas para desenvolver e implementar legislação para o gerenciamento de resíduos e ferramentas de gestão depende do poder público. Portanto, o grande desafio para hoje e para a próxima geração é gerenciar o ambiente urbano para o desenvolvimento sustentável.

Há abismo entre o ordenamento jurídico e a realidade nacional quando se trata de gestão de resíduos no país, principalmente o setor orgânico. Para análises futuras mais precisas e aprofundadas do assunto, é necessário aplicar as experiências bem sucedidas em nível nacional e de forma descentralizada conforme realidade de cada região, como a gestão técnica, os mercados existentes, os padrões de qualidade do composto e as políticas públicas implementadas para incentivar esta atividade de tratamento de resíduos, assim como estimular que o desenvolvimento de pesquisas científicas dos órgãos públicos seja mais robusto.

A sociedade culturalmente ainda está presa ao sistema mecanicista-cartesiano-newtoniano dos séculos passados. Esse sistema, no qual é baseado o estilo de vida social desde Descartes, não funciona mais e impede a sociedade de observar as reais raízes dos problemas existentes. Pois, em um planeta interligado e interdependente, onde a sua vida e o seu bem-estar depende consideravelmente de outras vidas, ações e decisões, corporativas, governamentais e individuais.

Em suma, entende-se que o trabalho contribui de forma significativa para o tema abordado, pois enfatiza as principais raízes dos problemas que a gestão de resíduos sólidos orgânicos enfrenta no país e seus viesamentos com mais diferentes vertentes administrativas, legislativas e judiciais do país, pois é necessário um entrelaçamento de gestão para que o gerenciamento de resíduos, especialmente os orgânicos no país possa alcançar o seu devido potencial de ganho e retorno socioambiental, econômico e cultural para a nação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, Enilde Santos de et al. Panorama da disposição de resíduos sólidos urbanos e sua relação com os impactos socioambientais em estados da Amazônia brasileira. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 13, 2021.

ANTENOR, Samuel; SZIGETHY, Leonardo. Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos. **Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade. IPEA**, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (**ABRELPE**). Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020/2021. São Paulo: ABRELPE, 2021.

BALBUENO, Laís Ribeiro et al. Tratamento de resíduos sólidos no município de Bonito, Mato Grosso do Sul, Brasil, correlacionado com dados externos. **Interações (Campo Grande)**, v. 22, p. 883-905, 2021.

BARBOSA, Ismael Farias Martins. **Desafios da compostagem coletiva e seus efeitos sobre as mudanças climáticas**. 2018.

BERSCH, Judite Inês. **A contribuição de iniciativas privadas de coleta e compostagem de resíduos orgânicos para a redução de impactos ambientais do gerenciamento de resíduos sólidos no município de Porto Alegre, RS**. 2018.

Brasil. (2020). **Lei 14026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o Marco Legal de Saneamento Básico**. <https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/875819060/lei-14026-20>. Acesso em 01/08/2022.

BRASIL. **Lei n. 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. Diário Oficial da União 2010.

BRASIL. **Revista Eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental**, v. 8, n. 8, p. 1700-1712, 2012.

CARVALHO, Getúlio Mendes de. **Compostagem urbana: estudo de caso do Projeto Reciclorgânico**. 2021.

CHAVES, Gisele de Lorena Diniz; SIMAN, Renato Ribeiro; SENA, Larissa Gomes. Ferramenta de avaliação dos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos: parte 1. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, p. 167-179, 2020.

Compostagem e vermicompostagem de resíduos sólidos : resultados de pesquisas acadêmicas [livro eletrônico] / organização de **Tatiane Cristina Dal Bosco**. – São Paulo : Blucher, 2017.

COELHO, André Felipe Figueira et al. A compostagem como prática de Educação Ambiental e inovação social. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 17, n. 3, p.

92-109, 2022.

CORRÊA, F. V. S.; CORRÊA, V. C.; PALHARES, J. M. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos na fronteira franco-brasileira: impactos socioambientais. **Revista Ciência Geográfica**, v. 24, n. 2, p. 635-654, 2020.

COSTA, Mariana Luzia Silva. **Estudo de Processos de Compostagem Centralizada e Doméstica Aplicáveis à Empresa Ambisouosa**. 2014.

CHIABI, Matheus. História do composto: a fascinante história de uma ciência antiga. **Revista Compost**, São Paulo, Abril 2022. Disponível em: Acesso em: 2 ago. 2022.

DADARIO, Natália. **Gestão de resíduos sólidos urbanos: as interdependências entre a comunicação e a coleta seletiva**. 2019.

DA COSTA AGUIAR, Denise Regina. **Educação ambiental e sustentabilidade: reflexões críticas e propositivas**. Editora CRV, 2021.

DA ROSA, Liciane Oliveira et al. Tecnologia social e compostagem na disseminação de saberes na valoração dos resíduos orgânicos de um condomínio de baixo custo na cidade de Pelotas-RS. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 17, n. 49, p. 188-200, 2021.

DA SILVA¹, Ginaldo Ribeiro et al. **LIXO URBANO: UMA ANALISE DESTE PROBLEMA SOCIAL**. 2017.

DA SILVA, Rafael Felix; RAZZOLINI FILHO, Edelvino. **O papel da informação sobre sustentabilidade nos processos de tomada de decisão**. Revista Metropolitana de Sustentabilidade (ISSN 2318-3233), v. 11, n. 1, p. 99-127, 2021.

DAZZI, JULIANA GLICERIO. **Compostagem: fatores que a influenciam e a importância do processo em pequena escala para gestão de resíduos orgânicos nos centros urbanos**. *In: XX ENGEMA*. 2018

DE JESUS SANTOS, Maurina; RODRIGUES, Alex Sandro Santos; DE ANDRADE, João Vieira. **Os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado de resíduos sólidos**. 2022.

DE ANDRADE, Rafael Medeiros; FERREIRA, João Alberto. **A gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil frente às questões da globalização**. Rede-Revista Eletrônica do PRODEMA, v. 6, n. 1, 2011.

DE ASSUNÇÃO SANTOS, Gardênia Mendes. Economia circular como política governamental de gestão de resíduos sólidos: Implicações de sua Implementação no Brasil. **Episteme Transversalis**, v. 10, n. 1, 2019.

DE OLIVEIRA ARAÚJO, Camila Cruz; CERQUEIRA, Gabriela Silva; CARNEIRO, Cristine Elizabeth Alvarenga. Prospecção Tecnológica para Processos de Compostagem de Resíduos Orgânicos. **Cadernos de Prospecção**, v. 13, n. 4, p. 1177-1177, 2020.

DE SOUZA, Luan Alves et al. Análise dos principais parâmetros que influenciam a compostagem de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 8, n. 3, 2020.

DIAS, Gilmara Emanuela Leobet et al. **Análise da secagem convectiva de resíduo proveniente da fabricação de vinho**. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade

Tecnológica Federal do Paraná.

DE OLIVEIRA, Rui Pedro Cordeiro Abreu et al. Compostagem acelerada de resíduos orgânicos: análise de caso por meio de uso de equipamento eletromecânico. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n.1, p. 66-72, 2020.

DE SOUZA, Luan Alves et al. Análise dos principais parâmetros que influenciam a compostagem de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 8, n. 3, 2020.

DE SOUSA, José Meireles. **Impacto ambiental e logística reversa**. Editora Senac São Paulo, 2019.

DOS SANTOS ARAÚJO, Cristina; SILVA, Viviane Farias. A gestão de resíduos sólidos em época de pandemia do Covid-19. **GeoGraphos: Revista Digital para Estudantes de Geografia y Ciencias Sociales**, v. 11, n. 129, p. 192-215, 2020.

EDLER, Gabriel Octacilio Bohn; RODRIGUES, Domingos Benedetti. **Meio ambiente urbano: principais problemas e instrumentos para a sustentabilidade**. Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM, v. 8, p. 399-412, 2013.

FELICORI, Thaís de Carvalho et al. Identificação de áreas adequadas para a construção de aterros sanitários e usinas de triagem e compostagem na mesorregião da Zona da Mata, Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p. 547- 560, 2016.

FONSECA, Alany Yngrid Souza da. **Crédito de carbono na esfera dos resíduos sólidos urbanos no Brasil**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

FUGII, Gabriel Massao et al. **Proposta de um modelo de dinâmica de sistemas aplicado à gestão de resíduos sólidos urbanos domiciliares de Curitiba**. 2019.

FRIESE, Aline Sasha Schatzmann et al. **Análise global do impacto da pandemia da Covid-19 na produção e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (RSU)**. 2022.

GODECKE, Marcos Vinicius; NAIME, Roberto Harb; FIGUEIREDO, João Alcione Sganderla. O consumismo e a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Revista Eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental**, v. 8, n. 8, p. 1700-1712, 2012.

GONÇALVES, Carla Maria Barreto. **O tratamento jurídico do consumo sustentável no Brasil e a proposta de uma abordagem complexa pelo Direito dos Resíduos**. 2021.

HEBER, F.; SILVA, E. M. **Institucionalização da Política Nacional de Resíduos Sólidos: dilemas e constrangimentos na Região Metropolitana de Aracaju (SE)**. Rev. Adm. Pública, Rio de Janeiro, v. 48, n. 4, p. 913-937, 2014.

INACIO, C. de T.; BETTIO, DBB; MILLER, PRM. O papel da compostagem de resíduos orgânicos na mitigação de emissões de metano. **Embrapa Solos- Documentos (INFOTECA-E)**, 2010.

JUNQUEIRA, Henrique Santos; MEDEIROS, Diego Lima; COHIM, Eduardo. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos de Feira de Santana: demanda energética e pegada de carbono. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 27, p. 125- 139, 2022.

KÖCHE, José Carlos. **Fundamentos de metodologia científica**. Editora Vozes, 2016.

KLEIN, Flávio Bordino; GONÇALVES-DIAS, Sylmara Lopes F.; OLIVIERI, Cecília. As transferências voluntárias do governo federal para a gestão de resíduos sólidos urbanos: um estudo da Região Metropolitana de São Paulo. **Cadernos Metr pole**, v. 22, p. 457-478, 2020.

SILVA, Pollyana Ferreira da. **Limites e potencialidades da coleta seletiva de resíduos sólidos em municípios de médio porte: o caso de Barreiras–BA**. 2018.

LEI N  12.305/2010. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 2, 2018.

LEITE, Filipe Ferreira de Oliveira et al. **Alternativas tecnológicas de tratamento de resíduos sólidos urbanos para o estado de Minas Gerais no contexto da economia circular**. 2020.

LEITE, Nirlania Diógenes et al. **Influência da Política Nacional de Resíduos Sólidos sobre o número de unidades de triagem e compostagem do Brasil**. 2019.

LICHTENFELS, Afonso de Faria Coimbra. Diagnóstico do modelo atual de gestão dos resíduos sólidos domiciliares, comerciais e públicos no município de Ribeirão Preto e proposta de adequa o da tecnologia com aproveitamento energético. **Mestrado em Tecnologia ambiental**, 2018.

LOURENÇO, Joaquim Carlos. **Gestão Dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Clube de Autores, 2019.

MAIELLO, Antonella; BRITTO, Ana Lucia Nogueira de Paiva; VALLE, Tatiana Freitas. Implementa o da política nacional de resíduos sólidos. **Revista de Administra o Pública**, v. 52, p. 24-51, 2018.

MATIAS, Marcelo Seleme et al. **Desenvolvimento e aplica o de ferramenta de apoio   decisão para avalia o de estratégias de gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares**. 2021.

MASSUKADO, Luciana Miyoko et al. Diagnóstico da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil: Uma análise pós PNSB 2008-ênfase na destina o final e nos resíduos orgânicos. **Revista DAE**, v. 61, p. 22-33, 2013.

MARCHI, Cristina Maria Dacach Fernandez. Novas perspectivas na gestão do saneamento: apresenta o de um modelo de destina o final de resíduos sólidos urbanos. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 7, p. 91-105, 2015.

MARQUES, Moacir et al. **Estrutura referencial para planos integrados de mobilidade urbana**. 2021.

MARQUES, Jonatas Fernandes. **Avalia o da viabilidade da compostagem de resíduos sólidos urbanos e de lodo de esgoto para a produ o de fertilizantes orgânicos no município de São Carlos**. 2022. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MELO, Catarina Xavier de; DUARTE, Sibeles Thaise. Análise da compostagem comot cnica sustentável no gerenciamento dos resíduos sólidos. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n. 10, p. 691-710, 2018.

MERSONI, Cristina. **Avalia o do ciclo de vida como técnica de apoio   decisão no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no município de Garibaldi/RS**. 2015. Tese de Doutorado.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Lei nº 9.795**, de 27 de abril de 1999. Diário Oficial da União, Brasília, 2000.

MORAIS, Carlos Alberto Silvestre; FIORE, Fabiana Alves; ESPOSITO, Elisa. Influência do uso de inóculo aclimatado em processo de compostagem. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, p. 499-510, 2022.

NASCIMENTO, Victor Fernandez et al. Evolução e desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, p. 889-902, 2015.

NASCIMENTO, Gabriela Soares do. **Proposta de gestão descentralizada de resíduos sólidos domésticos rurais: o caso da comunidade de Umburana–CE**. 2021.

OLIVEIRA, Liliane Tavares de. **Compostagem doméstica: uma solução para os resíduos sólidos urbanos**. 2019.

PAES, Michel Xocaira; BELLEZONI, Rodrigo Augusto; OLIVEIRA, José Antônio Puppim de. **Manual prático para inovação em gestão dos resíduos sólidos urbanos**. 2021.

PAES, Jaques Pures. **Sustentabilidade além dos rankings: uma análise de fatores para medição da sustentabilidade na mineração**. 2022. Tese de Doutorado.

PEIXOTO, Alan Amorim; FERNANDES, Juliana Gonçalves. Utilização da Técnica de Compostagem: uma proposta para destinação final dos resíduos orgânicos gerados em um restaurante universitário. **XIII SEGeT–Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, 2016.

PEREIRA, Jonathan Ennes. **Resíduos sólidos: um desafio nos municípios**. 2019.

PEREIRA, Luís Filipe Sá. **Gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos orgânicos do Campus da Liberdade e da Unidade Acadêmica dos Palmares da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira**. 2021. Tese de Doutorado.

PIMENTEL, Cristine Helena Limeira et al. A gestão das rotas tecnológicas de tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos no município de João Pessoa/PB/Management of technological routes for treatment and final destination of urban solid waste in the municipality of João Pessoa/PB. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 7063-7088, 2020.

PINTO, Willian Leandro Henrique et al. Gestão municipal de resíduos sólidos e proposta de indicadores de sustentabilidade. **Brazilian Applied Science Review**, v. 4, n. 1, p. 70-111, 2020.

PIRES, Isabela Cristina Gomes; DA ENCARNAÇÃO FERRÃO, Gregori. Compostagem no Brasil sob a perspectiva da legislação ambiental. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 9, n. 01, 2017.

PORTUGAL, Maira Nunes Farias; CONSTANTINO, Michel; DA COSTA, Reginaldo Brito. Logística reversa como alternativa de eficiência empresarial e sustentabilidade ambiental, no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Multitemas**, p. 41-56, 2018.

- QUEIROZ, ANTONIO. Projeções de cenários de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos em um município do semiárido do Nordeste do Brasil. **Gaia Scientia**, v. 15, n. 1, 2021.
- REBELO, Michele Alves Correa. **A adoção do pensamento sistêmico na Gestão Pública: uma mudança de paradigma**. 2019.
- REICHERT, Geraldo Antônio; MENDES, Carlos André Bulhões. Avaliação do ciclo devida e apoio à decisão em gerenciamento integrado e sustentável de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, p. 301-313, 2014.
- RESSETTI, Rolan Roney; CAMPOS, Sandro Xavier. Aceleração do Processo de Compostagem: Uma revisão. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 12, p. 1-12, 2020.
- RIBEIRO, Bárbara Maria Giacom. **Modelagem socioambiental de resíduos sólidos em áreas urbanas degradadas: aplicação na Bacia Mãe d'Água, Viamão, RS**. 2017.
- SANTOS, Luiz Henrique Mascarenhas et al. OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL E A POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS-LEI Nº 12.305/2010. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 2, 2018.
- SANTIAGO, Cristine Diniz. **Governança da gestão de resíduos sólidos brasileira: caminhos para a efetivação da Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 2021.
- SILVEIRA, Raquel Maria da Costa; FIGUEIREDO, Fábio Fonseca. Possibilidades e desafios para a gestão compartilhada de resíduos sólidos na Região Metropolitana de Natal (RN) à luz da Lei Federal nº 12.305/2010. **revista brasileira de estudos urbanos e regionais**, v. 23, 2021.
- SILVA, Janice Rodrigues da et al. **Automação do processo de compostagem: uso de sensores para monitoramento e controle de parâmetros de um processo sustentável**. 2019.
- SILVA, Rayane Félix et al. **Relações intergovernamentais de cooperação em resíduos sólidos no Brasil**. 2022.
- SILVA, Vanessa Pinto Machado; CAPANEMA, Luciana Xavier de Lemos. **Políticas públicas na gestão de resíduos sólidos: experiências comparadas e desafios para o Brasil**. 2019.
- SILVA, Tais et al. **USO DA COMPOSTAGEM COMO FERRAMENTA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM ESCOLA PÚBLICA DE RIO VERDE-GO**. 2020.
- SIQUEIRA, THAIS MENINA OLIVEIRA DE; ASSAD, MARIA LEONOR RIBEIRO CASIMIRO LOPES. Compostagem de resíduos sólidos urbanos no estado de São Paulo (Brasil). **Ambiente & Sociedade**, v. 18, p. 243-264, 2015.

SIQUEIRA, Thais Menina Oliveira de; ABREU, Marcos José de. Fechando o ciclo dos resíduos orgânicos: compostagem inserida na vida urbana. **Ciência e Cultura**, v. 68, n. 4, p. 38-43, 2016.

SOUSA, Ana Luiza; RIZZATTO, Márcia Luzia. Produção de biogás a partir de resíduos orgânicos: uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, v. 15, n. 2, 2022.

SUQUISAQUI, Ana Beatriz Valim. Elaboração e aplicação de ferramenta para avaliação da gestão e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos para municípios brasileiros. Estudo de caso: municípios de Araraquara (SP) e São Carlos (SP). 2020.

SCHNEIDER, Janaína Kollet et al. **Processos de comunicação e educação ambiental na formação de multiplicadores em resíduos sólidos no CIPAE G8 do Vale do Taquari-RS**. 2020. Dissertação de Mestrado. PPGAD; Ambiente e Desenvolvimento.

TOFFANO, Ana Luiza Meca de Souza. **Política e gestão de resíduos sólidos urbanos: desafios e possibilidades estudo de caso de Niterói, RJ**, 2021.

TORRES, Vitor Alvarenga; LANGE, Liséte Celina. Rotas tecnológicas, desafios e potencial para valoração energética de resíduo sólido urbano por coprocessamento no Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 27, p. 25-30, 2022.

VENTURA, Katia Sakihama; SUQUISAQUI, Ana Beatriz Valim. Aplicação de ferramentas SWOT e 5W2H para análise de consórcios intermunicipais de resíduos sólidos urbanos. **Ambiente construído**, v. 20, p. 333-349, 2019.

VICENTIN, Guilherme Caloi. **Percepção ambiental de estudantes de engenharia ambiental da UTFPR-Londrina acerca dos resíduos sólidos domiciliares no contexto da pandemia de COVID-19**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

ZAGO, Valéria Cristina Palmeira; BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos. Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil: do ordenamento jurídico à realidade. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, p. 219-228, 2019.

Atália Farias de Medeiros

Camilo Allyson Simões de Farias