

Análise da compostagem como técnica sustentável no gerenciamento dos resíduos sólidos

Catarinne Xavier de Melo*, Sibeke Thaise Duarte

Universidade Estadual da Paraíba. Rua Alfredo Lustosa Cabral, S/Nº. Salgadinho. Patos-PB, Brasil (CEP 58706-560). *E-mail: catarinnex@gmail.com.

Resumo. Os resíduos sólidos urbanos estão no centro de uma das principais discussões sobre qualidade ambiental. A técnica de compostagem, utilizada nesse artigo, é uma estratégia sustentável no gerenciamento desses resíduos; técnica que tem como proposta a reciclagem da matéria orgânica descartada, de forma ecologicamente e economicamente viável, pois tem como resultado final um produto incapaz de gerar danos ao meio ambiente. O presente estudo analisa o gerenciamento e operacionalização através do retorno de bens e materiais após seu consumo, tendo como fim a minimização de prejuízos ambientais, através do tratamento adequado dos rejeitos. A pesquisa classifica-se como: aplicada, sob o ponto de vista da natureza, pois objetiva gerar conhecimentos práticos dirigindo à solução de problemas específicos, envolvendo interesses socioambiental e socioeconômico. Tem por objetivo apresentar a compostagem como método adequado para gerenciamento de resíduos sólidos urbanos e avaliar a técnica como uma proposta de canal logístico reverso na geração de valor ambiental, social e econômico. Além de, analisar a decomposição dos resíduos; verificar as vantagens que a técnica apresenta na complementação da reciclagem biológica e utilização do composto orgânico na agricultura; como identificar os benefícios sustentáveis qualitativos e econômicos com a produção do adubo. Como conclusão, revela a diversidade de alternativas favoráveis com a utilização da técnica, ao meio ambiente. O experimento aponta uma brecha para possibilidade lucrativa com a comercialização do fertilizante orgânico, intui melhorias quanto à redução dos resíduos urbanos nos aterros sanitários, além de contribuir para agricultura, permitindo a implantação de uma cultura racional de gestão ambiental.

Palavras-chave: Resíduos sólidos urbanos; Compostagem; Gestão ambiental; Adubo orgânico.

Abstract. *Analysis of composting as a sustainable technique in the management of solid waste.* Urban solid waste is at the center of one of the main discussions on environmental quality. The composting technique, used in this article, is a sustainable strategy in the management of this waste; a technique that proposes the recycling of the organic matter discarded, in an ecologically and economically viable way, as it has as final result a

Recebido:
16/05/2018

Aceito:
09/08/2018

Publicado:
31/08/2018



Acesso aberto



ORCID

0000-0003-0847-0915
Catarinne Xavier de Melo

0000-0002-8412-3002
Sibeke Thaise Duarte

product incapable of generating damages to the environment. The present study analyzes the management and operationalization through the return of goods and materials after their consumption, with the purpose of minimizing environmental damages, through the appropriate treatment of the tailings. The research is classified as: applied, from the point of view of nature, because it aims to generate practical knowledge leading to the solution of specific problems, involving socio-environmental and socioeconomic interests. Its objective is to present composting as an appropriate method for urban solid waste management and to evaluate the technique as a proposal for a reverse logistics channel in the generation of environmental, social and economic value. Besides, analyze the decomposition of the residues; to verify the advantages that the technique presents in the complementation of the biological recycling and use of the organic compound in agriculture; how to identify the sustainable qualitative and economic benefits of fertilizer production. As conclusion, it reveals the diversity of favorable alternatives with the use of the technique, to the environment. The experiment points to a lucrative possibility with the commercialization of organic fertilizer, intuiting improvements in the reduction of urban waste in landfills, besides contributing to agriculture, allowing the implementation of a rational culture of environmental management.

Keywords: Urban solid waste; Composting; Environmental management; Organic fertilizer.

Introdução

O crescimento populacional desenfreado, os explícitos impactos negativos das atividades mercadológicas, frente à produção de bens e consumo, com aumento do descarte de resíduos sólidos no meio urbano, torna-se nítido o desafio da gestão desses quanto à disposição final. Denotando sérios problemas ambientais enfrentados indistintamente por países ricos, industrializados e pelas sociedades em desenvolvimento. Em face ao aumento gradativo da produção de resíduos sólidos e a maior disponibilização dos serviços urbanos de limpeza e coleta, há maiores preocupações quanto ao destino final destes. Pois, o gerenciamento inadequado causa impactos ambientais e para saúde da população.

Em meio às alternativas de destino final, destacam-se: aterros sanitários, incineração, reaproveita-

mento, reciclagem e a compostagem. O aterro, por sua vez é ainda a solução mais adotada, devido à disponibilidade de áreas e ao menor custo de investimento e operação quando comparado à incineração, por exemplo. No entanto, devido à carência de áreas próprias para o destino dos resíduos nos grandes centros, tem-se adotado outras formas de tratamento e destino final dos resíduos, como: coleta seletiva, digestão anaeróbica e compostagem (Reis, 2005).

A compostagem é a ciência de fazer compostos orgânicos de resíduos, é um método de decomposição de materiais biodegradáveis, sob condições adequadas, de forma a se obter um adubo para utilização na agricultura. Quando adicionado ao solo, melhora as suas características físicas, físico-químicas e biológicas. Os resíduos urbanos por meio dessa técnica e da logística reversa voltam ao sistema produtivo como matéria orgânica; capaz

de trazer benefícios em nível de economia do enriquecimento do produto final que retorna ao meio ambiente, de forma limpa e sustentável (Scholttfeldt, 2013).

A compostagem é o processo de reciclagem da matéria orgânica que propicia um destino útil para os resíduos orgânicos, evitando sua acumulação em aterros e melhorando a estrutura dos solos. Compreendendo simultaneamente o crescimento econômico, proteção ambiental e a equidade social no âmbito imperativo da sustentabilidade e da viabilidade financeira em longo prazo (Rondinelli e Berry, 2000).

Visto que, muitos autores asseguraram o ideal que o lixo e/ou resíduos sólidos é algo sem valor, sem importância e que deve ser jogado fora por gerar complicações contemporâneas, o presente estudo propõe a técnica de compostagem, como uma alternativa sustentável que por sua vez, ameniza os problemas socioambientais e socioeconômicos no âmbito das políticas públicas e dos problemas quanto aos gastos relacionados ao gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, como também, no comprometimento do bem-estar e cuidado com saúde da população.

A pesquisa tem por objetivo apresentar a compostagem como método adequado para gerenciamento de resíduos sólidos urbanos e avaliar a técnica como uma proposta de canal logístico reverso na geração de valor ambiental, social e econômico. Dentre esses temos objetivos específicos respaldados nos seguintes enfoques: analisar a decomposição dos resíduos sólidos urbano, utilizando da compostagem aeróbia (processo de fermentação onde há presença de ar na massa); verificar as vantagens que a técnica apresenta na complementação da reciclagem biológica e utilização do composto orgânico na agricultura; como identificar os benefícios sustentáveis qualitativos, na redução dos resíduos urbanos no meio ambiente e avaliar o

valor econômico do composto final em possibilidades mercadológicas.

Atualmente, o tema ambiental permeia todas as questões mundiais relevantes. Não existe compatibilidade entre desenvolvimento socioeconômico e consumo excessivo dos recursos naturais. O modelo de produção contemporâneo não coincide com os limites ambientais do planeta. Assunto presente nos constantes debates entre o setor produtivo, o estado e a sociedade. Os resíduos sólidos urbanos estão, hoje, no centro de umas das principais discussões sobre a qualidade ambiental. O ascendente descarte dos resíduos urbanos, gera consequências ambientais intensas, como emissões de gases de efeito estufa, contaminação da água e solos, provocando sérios impactos ao ecossistema e a vida das pessoas.

Contanto, um dos principais desafios para essa problemática no Brasil está no campo do gerenciamento. Dentro da ótica da gestão ambiental, desenvolvimento sustentável e logística, este fato pode ser questionado de diferentes formas: como os resíduos sólidos urbanos são tratados e condicionados? Quais os riscos destes resíduos ao meio ambiente e a saúde? Quais alternativas podem ser tomadas para o tratamento e gerenciamento dos resíduos, e quais os benefícios? Surte efeitos positivos adotar técnicas de reciclagem biológica para melhor gerenciamento dos resíduos? O composto orgânico obtido da compostagem, ao voltar à cadeia produtiva tem valor econômico?

A presente pesquisa apresenta a compostagem, como uma solução no tratamento e reciclagem de resíduos sólidos. Esta iniciativa insere em um processo de produção limpa, capaz de trazer benefícios ao meio ambiente e à saúde, diminuindo impactos e consequências para gerações futuras; como para as questões mercadológicas e econômicas em especial ao setor primário. A técnica de compostagem

através da logística reversa se propõe a contrapor o modelo atual “one way”, uma vez que, os resíduos não voltam como matéria orgânica para a produção, mas ficam nas ruas, lixões, aterros e rios, sendo parte integrante do velho paradigma econômico de jogar fora por não ter mais nenhuma utilidade (Santos e Fehr, 2008). Portanto, o presente estudo vem desmistificar esse ideal, onde o “desprezível” ou “inútil” pode voltar à cadeia produtiva, como ser base de subsídios nutritivos no plantio e gerar um valor monetário com a possível comercialização do adubo.

Como afirma Bley Jr. (1993), a grande justificativa de se construir unidades de triagem e compostagem reside nas vantagens diretas de saneamento com redução de volumes a aterrar, tornando-se uma opção essencial dos administradores públicos, pois através da adoção do processamento em usina de triagem e compostagem configura-se como uma alternativa sustentável segura e de longo prazo. A proposta de realizar a técnica de compostagem propicia ao composto um possível valor agregado, na redução significativa do volume de rejeito, que seria destinada ao aterro sanitário ou lixões.

Sob outra ótica, esta abordagem com análise de viabilidade econômica de um sistema de compostagem para resíduos sólidos urbanos justifica-se pelo fato da necessidade de buscar informações que venham a contribuir na vida profissional de gestores ambientais, aliando a busca de alternativas no campo do gerenciamento de resíduos e agregando os fatores sociais e ambientais ao estudo, a fim de promover os preceitos do desenvolvimento sustentável.

Revisão bibliográfica

Compostagem

Praticada desde, épocas remotas, de forma empírica, onde povos orientais, como também gregos e romanos, já sabiam que os resíduos orgânicos

podiam ser retornados ao solo colaborando para sua fertilidade. No entanto, só meados 1920 com Alberto Howard, é que o método passou a ser pesquisado cientificamente e aplicado de forma racional. Décadas seguintes, várias pesquisas e estudos científicos lançaram a base dessa técnica sustentável, que hoje pode ser utilizada em larga escala ambiental (Fernandes e Silva 1999).

A compostagem é um processo de decomposição biológica de resíduos orgânicos, controlado por uma população diversificada de microrganismos, em condições controladas de aerobiose, temperatura, pH, umidade e tipos de nutrientes disponíveis que após as etapas de degradação e maturação, gera um produto estável e rico em matéria orgânica, denominado composto ou adubo orgânico. De tal modo, ocorre uma decomposição microbiana, de oxidação e oxigenação de uma massa heterogênea de matéria orgânica, onde sob condições ideais os microrganismos, utilizam essa matéria como alimento e sua eficiência baseia-se na interdependência e inter-relacionamento do fator de estabilização que varia de poucos dias a várias semanas, dependendo do ambiente (Kiehl, 1985; Texeira, 2002).

Esta prática constitui uma das melhores alternativas para o tratamento de resíduos orgânicos, porque transforma uma externalidade negativa em positiva: sob o manejo adequado produzindo adubo com grande potencial para uso agrícola e para recuperação de solos degradados. Essa técnica de gestão de Resíduo Sólido Urbano- RSU diminui o volume de material, evita uma ocupação desnecessária em aterros sanitários e gera um produto de importantes funções ecológicas (Peixoto, 2005; Silva, 2008).

Conforme Siqueira (2014), em uma perspectiva ideal com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a compostagem vem a ser uma tecnologia apropriada ao tratamento dos resíduos que não puderam ser evitados, transformando-os em material estabilizado, com a possibilidade de

ajuste de suas composições nutricionais de acordo com a cultura alvo. De tal modo, que requer condições especiais, de temperatura, umidade, aeração, pH e relação C:N, nos diversos estágios do processo de degradação biológica da compostagem.

Compostagem uma alternativa sustentável e limpa

Investir na produção limpa, biológica e sustentável, a exemplo da compostagem, visa ao fortalecimento econômico e a prevenção da poluição. No entanto, os diversos elementos presentes neste método, envolvem desde a ideia primária da não geração a geração mínima de resíduos, o processo de redução da sua emissão, a reutilização e reciclagem, o tratamento e disposição adequada.

Segundo Jardim et al. (2012), a este processo denominamos a responsabilidade compartilhada, ou seja, uma cadeia de elementos interligados e relacionados com a logística reversa; que segundo o entendimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos, o gerenciamento e operacionalização através do retorno de bens e materiais após seu consumo e sua comercialização, tendo como fim a minimização de prejuízos ao meio ambiente, através do tratamento adequado dos dejetos. O material compostado terá retorno às origens, agregando valores aos mesmos, entretanto, a compostagem se insere na produção limpa a partir, da transformação dos resíduos em composto enriquecido.

Do ponto de vista energético e ambiental a justificativa é proveniente respectivamente, considerando o aspecto sustentável, que sem a energia, a economia não teria o mesmo desenvolvimento e, conseqüentemente, a qualidade e a condição de vida das populações se deteriorariam com o passar do tempo, e com o meio ambiente degradado, o homem teria seu tempo de vida reduzido devido à escassez de produtos, gerando perdas graduais no

ciclo dos nutrientes. De tal modo, a iniciativa da sustentabilidade poderia ser aplicada de forma ecologicamente correta e economicamente viável. Contudo a ação da compostagem é a reciclagem da matéria, que tem como resultado final um produto incapaz de gerar danos ao meio ambiente (Schlottfeld, 2013).

Defender a ideia da implementação da produção mais limpa, como no caso em questão, a compostagem, gera benefícios: ambiental, com uma produção sustentável, benefícios sociais (imagem pública, por exemplo) menor condicionamento de resíduos sólidos expostos em aterros, e econômicos (economicamente viável), diminuindo gastos com fertilizantes e tratamentos mecânicos na produção de alimentos. Como também comparando aos aspectos administrativo a produção limpa, é um importante diferencial competitivo para empresas que adotam-na; no âmbito de uma gestão de qualidade baseada na ISO 14001:2015, que mostra sobretudo o compromisso com as políticas de gestão ambiental (ABNT, 2015).

Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)

A escolha dos resíduos e métodos deve levar em consideração os seguintes aspectos: a proteção ambiental, o gerenciamento do processo, a comercialização dos subprodutos e a sustentabilidade da solução adotada, esta que, apresenta-se a um elevado potencial para reaproveitamento da matéria orgânica nos resíduos sólidos urbanos, provenientes de diversas fontes, como: resíduos sólidos domiciliares, resíduos verdes de podas urbanas, resíduos de coletas especiais em abastecimentos comerciais, industriais e feiras. Os RSU podem ser divididos em três categorias: a matéria orgânica facilmente decomposta (restos de alimentos e similares); matéria orgânica de difícil biodegradabilidade (madeiras, galhos verdes, papel e papelão não plastificado)

e materiais inertes (plásticos, vidros, metais e outros sintéticos). Os diversos processos de tratamento em unidades de triagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos envolvem etapas de purificação/maturação para garantir a máxima recuperação e qualidade do composto orgânico (Lima, 2004; Pereira Neto, 2007).

A norma ABNT NBR 10.004:2004 (ABNT, 2004) define resíduos como resíduos nos estados sólidos e semissólidos, que resultam de atividades da comunidade de origem: urbana, agrícola, radioativa e outros (perigosos e/ou tóxicos). Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgoto ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis, em face à melhor tecnologia disponível (Zanella, 2011).

Conforme diagnóstico são coletadas 183,5 mil toneladas de resíduos sólidos por dia no Brasil, em 90% do total de domicílios, o que representa 98% das moradias urbanas, mas apenas 33% das rurais. Dos resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil, 51,4% são orgânicos, o que equivale a mais de 94 mil toneladas por dia deste tipo de resíduo. Deste total, estima-se que só 1,6% é submetido ao processo de compostagem (IPEA, 2012). Onde, a maior parte continua sendo destinada a aterros sanitários e lixões a céu aberto, de modo que toneladas de nutrientes são perdidos devido à falta de um gerenciamento eficaz e um incentivo dos governantes para sistemas de tratamento sustentáveis, em pequena, média e grande escala.

Os resíduos sólidos urbanos de natureza orgânica, parcela significativa do lixo, constituem um habitat favorável à proliferação de vetores responsáveis pela transmissão de doenças ao homem e

a outros animais. Com a contínua modificação dos tipos de matérias descartadas, os cuidados com o lixo devem ser redobrados, de modo a minimizar os riscos à saúde da sociedade que tem contato direto ou indireto com ele (Bettoni, 2014).

Importância da compostagem de resíduos sólidos para sociedade

A compostagem de resíduos sólidos urbanos é uma forma de economizar recursos e devolver biomassa e nutrientes para o solo. É ainda uma estratégia a solucionar os problemas existentes em ambos os lados da cadeia produtiva de alimentos, como: perda de fertilidade dos solos e a poluição e o desperdício de recursos gerados pela deposição de resíduos em aterro e lixões (Dreshsel e Kunze, 2001).

Conforme Tränkler et al. (2002), quando a compostagem antecede o aterro de resíduos, a demanda química oxigênio e os compostos nitrogenados do percolado do aterro podem ser reduzidos em, respectivamente, 77% e 89%. Além disso, com cerca de 20 anos a formação de gás pode ser reduzida em mais de 35%, e o aquecimento global diminuído em mais que 63%. Assim, os impactos vão ser ainda menor se, ao invés de ser aterrado e jogados a lixões de céu aberto, o composto for aplicado no solo. Alimentando o ciclo da vida e da volta dos nutrientes a terra.

Após 21 anos de tramitação no Congresso Nacional, a Lei nº 12.305/2010 (Brasil, 2010), instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A lei cita a compostagem como destinação final ambientalmente apropriada para os RSU, competindo ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana inserir a técnica de compostagem para resíduos sólidos e articular com agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido. Isso significa que, em longo prazo, todos os resíduos orgânicos (inclusive os coletados em residências) precisarão ser

compostados (MMA, 2012; Siqueira, 2014).

A partir da vigência da PNRS existe uma hierarquia a ser seguida no gerenciamento dos resíduos sólidos, tem como prioridade as ações: não geração, redução, reutilização, tratamento e, em último caso, disposição final. Desse modo, apenas rejeitos necessitam ser enviados à disposição final ambientalmente adequada. Coleta seletiva, de resíduos secos e úmidos, logística reversa e cadeias de reciclagem, com prioridade à inclusão dos catadores, devem ser estruturadas. Os municípios passam a ter prazos para elaboração de planos municipais de gestão de resíduos, sem os quais não receberão repasses da União para a implantação da política, e prazo de quatro anos para encerramento de lixões (Siqueira, 2014).

É premissa que para benefício da sociedade, atitudes devam ser tomadas no âmbito da educação ambiental e na vigência das políticas e programas previamente estabelecidos no plano de gestão integrada de resíduos sólidos. Contudo, desde janeiro de 2007, a compostagem de RSU é uma exigência da Política Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007) aos municípios (Brasil, 2007). Gerando, assim, uma expectativa de que a forma de gerenciar resíduos sólidos no nosso país modifique. Esta mudança, da implantação da técnica sustentável, com benefício socioambiental e socioeconômico, dependerá da ação administrativa e cultural.

Viabilidade econômica do composto orgânico

Conforme Pires (2011), os resíduos sólidos urbanos estão no centro de uma das principais discussões sobre qualidade ambiental. As usinas de triagem e compostagem são alternativas dentro do contexto que envolve o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. Estudos de viabilidade econômica voltados a compostagem desses resíduos ainda são pouco realizados no nosso país, mesmo porque

esta prática somente ganhará força a partir do real cumprimento da PNRS, sancionada pela Lei nº 12.305/2010.

Sob um ponto de vista amplo, pode-se afirmar que o simples fato de gerar renda com a comercialização de algo que estava disposto no lixo das residências e estabelecimentos comerciais, já significa grande vantagem econômica, ambiental e social. Entretanto, a coleta seletiva, somada à geração de composto orgânico dos resíduos úmidos pode trazer uma diminuição de custos nos centros urbanos com o aterramento em valores muito superiores aos arrecadados com a venda destes produtos (Bettoni, 2014).

Embora o valor comercial dos materiais recicláveis e do composto gerado seja baixo, essa renda, quando somada ao valor economizado mensalmente pelos orçamentos públicos, devido à diminuição do volume de resíduos que serão dispostos em aterro sanitário pela prática de compostagem, pode ressaltar em uma economia considerável para população que adotar essa prática sustentável. O serviço de limpeza pública teria uma diminuição de custos com aterramento dos resíduos coletados e os catadores e moradores residentes nos lixões um retorno financeiro obtido com as práticas, de reciclagem (venda do material passado por triagem) e compostagem (comercialização do fertilizante natural obtido). A adoção da prática de compostagem dos resíduos coletados poderá ainda, viabilizar geração de emprego com o investimento em usinas de compostagem (Bettoni, 2014).

Compostagem uma tendência nacional

A prática da PNRS trouxe ao Brasil novas perspectivas de definição de resíduos sólidos, criando metas e objetivos para os municípios cumprirem, a fim de extinguir lixões e aterros irregulares. Além disso, a PNRS se tornou uma ferramenta de justificativa plausível para o meio acadêmico ao mostrar que o

assunto além de atual, é importante para a ciência e principalmente para a sociedade, possibilitando, assim, maior aprendizado, crescimento e desenvolvimento sustentável (MMA, 2012; Jabbour et al., 2014).

A proporção da fração orgânica no volume global de resíduos, a alta capacidade em contaminar o ar, a água e o solo e os custos dispendiosos da disposição final adequada não foram razões suficientes para se definir estratégias que suplantassem as limitações técnicas, administrativas e políticas vividas pela gestão de resíduos no Brasil. É fundamental questionar porque a compostagem não é conhecida e nem foi adotada como método de tratamento de resíduos orgânicos no meio urbano. Mesmo em áreas vulneráveis, a compostagem domiciliar, de baixo custo, nunca foi amplamente difundida como forma de tratar resíduos e promover a saúde coletiva. Ainda, os resíduos gerados em grandes volumes por estabelecimentos como empórios, feiras, supermercados e restaurantes são mais facilmente destinados aos aterros do que aproveitados por meio da compostagem (Siqueira, 2014).

O Brasil possui em média 260 usinas de compostagem as quais são responsáveis pela compostagem de 5% dos resíduos orgânicos da geração nacional. As usinas no território brasileiro, pode-se constatar a heterogeneidade com que ocorre, uma vez que 90% do montante das usinas de compostagem existentes estão concentradas nas regiões sul e sudeste. Contudo, nota-se que a compostagem é uma alternativa que possui benefícios do aspecto social e ambiental, que pode contribuir na gestão de resíduos sólidos no Brasil, pois objetiva destinar os resíduos orgânicos de maneira a privilegiar a reciclagem sobre o aterramento destes resíduos (IBGE, 2010; Pires e Ferrão, 2017).

Embora o Brasil seja considerado um país ideal para a compostagem, a atividade vem sendo tratada apenas sob

perspectiva de se eliminar o lixo e não como um processo que gera um produto comercial, que necessita de cuidados ambientais, ocupacionais, aplicação da legislação e melhorias na qualidade do composto. Ao mesmo tempo em que, usinas de triagem e compostagem no Brasil não devem ser encaradas como um empreendimento industrial segundo um ponto de vista estritamente comercial; deve-se ponderar ganhos indiretos, nos aspectos ambientais e sociais (Silva et al., 2009; Monteiro, 2001).

Estudos indicam que o sistema de compostagem brasileiro varia de região para região, de acordo com as configurações políticas que se formam, com as opções tecnológicas que se dispunham, com os grupos mais aptos e influentes a oferecer tais serviços e com o nível de capacitação, esclarecimento e comprometimento dos gestores públicos envolvidos. No entanto, observa-se que a gestão de resíduos no Brasil tem sido guiada pelas demandas de mercado, com escassa atuação do estado para organizar e disciplinar ações públicas e privadas, servindo a uma população pouco organizada frente às inúmeras situações socioambientais emergenciais e cotidianas, preocupante da atualidade (Siqueira, 2014).

Metodologia

Classificação da pesquisa

De acordo com Silva e Menezes (2005), a pesquisa classifica-se como: aplicada, sob o ponto de vista da natureza, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos, envolvendo interesses socioambiental e socioeconômico; sendo que a pesquisa é movida pela necessidade de contribuir para fins práticos, buscando soluções para problemas ambientais concretos.

Nesta pesquisa foram analisados dados relacionados ao tratamento dos resíduos sólidos urbanos. Como forma de abordagem da pesquisa pode ser

classificada como quantitativa e/ou qualitativa; onde a natureza do problema e/ou o nível de aprofundamento irão determinar a escolha entre os métodos. A pesquisa faz uso de recursos, técnicas e procedimentos estatísticos para traduzir em números as informações obtidas em estudos de caso realizados sobre o tema de interesse e correlacionados, como também, avaliação ambiental na observação das composteiras, visando cultivar e adequar os resultados à realidade do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil.

A análise, quanto aos objetivos, é classificada como exploratória, sendo que a mesma envolve levantamento bibliográfico, e análise de exemplos e/ou resultados acadêmicos que estimulem a compreensão. Esta classificação também está de acordo com Köche (1997), que afirma que o objetivo fundamental de uma pesquisa exploratória é o de descrever ou caracterizar a natureza das variáveis que se quer conhecer.

No que se trata de procedimentos práticos, o trabalho caracteriza-se como um estudo de caso, pois o estudo permite amplo e detalhado conhecimento referente à técnica sustentável, a compostagem, e o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, observando a viabilidade da geração de valor socioeconômico mediante a logística reversa, do composto orgânico obtido da degradação dos resíduos sólidos.

De acordo com Yin (2001), o estudo de caso é uma estratégia de pesquisa abrangente, na qual o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real.

Procedimentos e métodos

O processo de fazer composto orgânico é constituído de duas fases distintas: tratamento físico e biológico. Na etapa física é onde se dá o preparo dos resíduos, fazendo-se uma separação entre a matéria a ser decomposta e

outros materiais (potencialmente recicláveis), e em seguida uma homogeneização. A etapa biológica consiste da fermentação e da digestão do material, realizadas sob condições controladas, num período que varia, geralmente, de 30 a 120 dias, tempo satisfatório para decomposição exotérmica da matéria pelos microrganismos autóctones, num ambiente úmido, aquecido e aeróbio. A homogeneização e a fermentação são realizadas em tabuleiros, montes, leiras ou em equipamentos específicos (Lima, 2004).

O presente estudo foi desenvolvido sob avaliação do processo de compostagem, realizado em leiras de pequeno volume. Foram montadas leiras com resíduos sólidos de fontes específicas (poda de árvore, capim braquiária, restos vegetais, bagaço de cana, serragem de madeira e esterco bovino), com diferentes composições, peso equivalente e mesma altura. A leira nº 1 teve como composição: o esterco bovino, serragem de madeira e bagaço de cana de açúcar. A nº 2 foi composta por: esterco bovino, serragem de madeira e resíduos sólidos orgânicos. Já a nº 3 teve: esterco bovino, serragem de madeira, capim braquiária e poda de árvore. Com finalidade de verificar nos experimentos, a eficiência do processo da compostagem.

Primeiramente, em cada uma das etapas, foram preparadas as bases das leiras, confeccionadas em caixas de madeira fornida, medindo um metro quadrado. As três pilhas de compostagem foram construídas utilizando materiais ricos em carbono (serragem de madeira, bagaço de cana, folha e capim braquiária) e outro rico em nitrogênio, cuja análise química e relação carbono/nitrogênio (C/N) estão apresentadas na Tabela 1. Sendo utilizado como fonte de nitrogênio o esterco bovino, obtido no semiárido rural, como, restos de alimentos, intitulado como resíduos vegetais.

Tabela 1. Caracterização química dos materiais orgânicos empregados no preparo do composto orgânico.

MATERIAIS	C/N	Carbono - C	%	Nitrogênio - N
Esterco bovino curtido - EB	19/1	36,0		1,92
Bagaço de cana - BC	38/1	41,5		1,07
Capim braquiária - CB	64/1	50,6		0,79
Serragem de madeira - SM Resíduos vegetais - RV Podas de árvore - PA	865/1	55,1		0,50

A importância da caracterização química para o experimento está na produção de dióxido de carbono, água, minerais e uma matéria orgânica estabilizada, definida como composto. A relação C/N é usada para determinar a taxa de decomposição da matéria prima a ser compostada, além de ser fator limitante do processo. O processo da transformação da matéria orgânica na compostagem é semelhante ao que ocorre na natureza com a diferença que são oferecidas condições para facilitar e reduzir o tempo de decomposição.

O esterco e os demais materiais foram misturados, visando a atingir a

relação carbono/nitrogênio de 30/1. Em seguida esse material foi empilhado, formando três pilhas de compostagem (tratamentos: EB + BC + SM+ PA; EB + CB + SM; EB + SM+ RV) com as seguintes dimensões: 0,40 m de altura, 1,0 m de largura e 1,0 m de comprimento.

Para se calcular a quantidade de cada material a ser utilizado, para obter uma mistura com a relação C/N entre 30/1, o importante é fazer as análises da composição de cada resíduo orgânico. Para tanto, para o cálculo, utilizar-se-á a seguinte fórmula:

$$PMRC = \frac{(30 \times Nn) - Cn}{Cc - (30 \times Nc)}$$

onde:

PMRC = partes de material rico em carbono;

Nn = teor de nitrogênio (N) do material rico em nitrogênio;

Cn = teor de carbono (C) do material rico em N;

Cc = teor de carbono do material rico em carbono;

Nc = teor de N do material rico em C

Cada leira foi montada com uma camada de, aproximadamente 10 cm de serragem de madeira, adicionado a 5 cm de esterco bovino, 5 cm do resíduo a ser degradado; recobrimo com mais 10 cm de serragem e 5 cm de esterco, no intuito de enriquecimento do composto como,

evitar proliferação de moscas e geração de odores. As composteiras foram montadas no dia três de março; as fotos estão caracterizadas nos resultados e apêndices.

As pilhas de compostagem foram regadas frequentemente para manter a

umidade entre 40% e 60%, que são as umidades mínima e máxima para que o processo de compostagem seja otimizado (Kiehl, 1985), além de ter a função de diminuir a temperatura, quando esta se elevar demasiadamente.

Foi realizado revolvimentos manuais das três pilhas aos 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56 e 63 dias, que teve como objetivos o fornecimento de oxigênio aos microrganismos (aeração), diminuição da temperatura, homogeneização do material e aceleração do processo de decomposição. Procurando que obtivesse uma mistura homogênea para a compostagem, foi realizada a mistura com pá e enxada após uma semana de processo. Subsequente a cada etapa de compostagem, com um mês do início do processo, foi adicionado reatores biológicos (minhocas californianas vermelhas), com o intuito de acelerar a decomposição dos resíduos sólidos e enriquecer o processo. A técnica foi concluída com dois meses e três dias.

Resultados e discussão

Ao redor do mundo com variados graus de estímulos, sistemas de compostagem de resíduos sólidos urbanos têm sido desenvolvidos e implantados. Diferentes tipos de sistemas de compostagem, tanto artesanais e/ou caseiros à tecnologia de alto custo, fechados ou abertos, de grande ou pequena escala, vêm sendo praticado em países desenvolvidos e ainda de forma elementar no Brasil. Considerando a economia do processo, qualidade e benefícios socioambiental do produto e a demanda do mercado pelo composto produzido.

A bibliografia indica que as causas da falência do sistema de compostagem brasileira variam de região para região, de acordo com as configurações sociopolíticas que se formam, com as opções tecnológicas que se dispunham, com os grupos mais aptos e influentes a oferecer tais serviços e com o nível de capacitação, esclarecimento e

comprometimento dos especialistas e gestores públicos envolvidos. Em geral, observa-se que a gestão de resíduos sólidos no Brasil tem sido provida pelas demandas mercadológicas, com insuficiente atuação do estado para organizar e disciplinar ações públicas e privadas, servindo a uma população indiferente e pouco organizada frente às inúmeras situações emergenciais cotidianas; uma soma de fatores que leva à situação ambiental caótica dos dias atuais (Siqueira, 2014).

Figueiredo (2009) corrobora com o pensamento que é importante atentar para mais um fator mediante a situação atual; diante de tantos benefícios evidentes, porque a compostagem ainda é tão pouco utilizada no Brasil, um país predominantemente agrícola? A resposta sucinta a esta questão aponta para a precariedade de nossas políticas públicas e para a falta de sensibilidade e competência das organizações responsáveis pelas tomadas de decisão nas áreas de saneamento, tratamento dos resíduos sólidos urbanos e gestão ambiental do nosso país. Uma avaliação comparativa no setor agrícola, envolvendo os clássicos insumos artificiais (fertilizantes químicos etc.), e compostos orgânicos produzidos de forma científica, com estrito controle de qualidade, certamente apontaria para uma segunda alternativa. Partindo desse pressuposto, considero que não interessa à indústria de fertilizantes químicos o fomento para o desenvolvimento científico e para as experiências envolvendo a técnica de compostagem. Pois se ressalta que o setor produtivo de fertilizantes químicos é constituído por grandes corporações internacionais que exercem influência nas tomadas de decisão de setores públicos, particularmente no setor agrícola.

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos mantém estreita relação com a Política Nacional de Educação Ambiental e com outros planos nacionais, tais como o de Mudanças do Clima, de Recursos Hídricos, de Saneamento Básico e de Produção e Consumo Sustentável.

Resultando de um esforço empreendimento de várias entidades que integram o governo federal e o Comitê Interministerial, criado pelo Decreto que regulamentou a Política Nacional de Resíduos Sólidos (MMA, 2012).

Com relação aos resíduos orgânicos, o PNRS sugere como meta para o país, uma redução de 28% da parcela orgânica destinada aos aterros até o ano de 2019 (Tabela 2). Como formas de estímulo à compostagem, menciona a implantação de unidades de tratamento de RSU (acompanhadas prioritariamente da coleta seletiva) e o aproveitamento da capacidade já instalada de usinas de compostagem nos grandes centros. É fundamental citar estratégias descentralizadas e locais, como o incentivo ao tratamento por compostagem domiciliar e suas modalidades (vermicomposteiras e composteiras) e incentivo aos grandes geradores de resíduos, para que destinem áreas específicas em seus estabelecimentos para a prática da

compostagem, sugerindo a utilização do composto na: agricultura urbana e rural, na implantação de hortas e cultivos em escolas e empresas, na geração de renda extra a sindicatos de catadores (adotando a técnica sustentável), na viabilidade econômica com a venda do composto; aportar recursos visando a contribuir para o encerramento dos lixões e aterros sanitários em todos os municípios do território nacional. Além disso, a estratégia centralizada que leva ao cuidado para com o meio ambiente e todo ecossistema.

O Plano de Resíduos Sólidos Urbanos recomenda a intensificação de campanhas de educação ambiental com relação à separação dos resíduos da fração orgânica e a realização da coleta seletiva de resíduos orgânicos. Também aconselha que os critérios técnicos para obtenção do licenciamento ambiental das novas unidades de compostagem sejam feitos de acordo com a quantidade de resíduos a serem tratados.

Tabela 2. Metas estabelecidas, na redução de resíduos orgânicos dispostos em aterros (adaptado de PNRS; MMA, 2012).

Plano de metas	2019	2023	2027	2031
Brasil	28%	38%	46%	53%
Região Norte	20%	30%	40%	50%
Região Nordeste	20%	30%	40%	50%
Região Sul	40%	50%	55%	60%
Região Sudeste	35%	45%	50%	55%
Região Centro Oeste	25%	35%	45%	50%

Com base nesses dados é possível verificar que nos próximos treze anos teremos uma redução significativa dos resíduos orgânicos dispostos nos lixões e aterros controlados; diminuindo assim, os impactos ambientais e reduzindo os gastos públicos com a destinação final dos resíduos. Tudo isso associado a conscientização e conhecimento da população e dos governantes em adotar a

técnica de compostagem como outras técnicas sustentáveis para tratamento dos resíduos sólidos urbanos.

Percebe a necessidade de estabelecer estratégias e ações que venham corroborar com o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos. Plano este que tem por premissa o trabalho integrado entre as áreas da administração pública e os

setores da sociedade civil, visando uma gestão participativa, a fim de permitir que o processo atenda as questões básicas de administração da limpeza urbana (MMA, 2005).

Como sugestões no gerenciamento dos resíduos, faço menção à compostagem em pequenas escalas, ou seja, compostagem de resíduos orgânicos em estudos de regionalização; a implantação de unidade de compostagem; incentivo à compostagem doméstica; implantação de integrações de valorização de orgânicos (compostagem simplificada ou acelerada); coleta seletiva de resíduos sólidos orgânicos; estruturação de iniciativas educacional e mercadológica como (escola lixo zero; feira limpa; compostagem em instituições privadas) e indução de processo de logística reversa de resíduos sólidos e resíduos úmidos.

Conforme os objetivos específicos sugeridos, os resultados da técnica de compostagem obtidos nessa pesquisa aplicada, faz referência aos benefícios do desenvolvimento sustentável trazido pela técnica, ao devolver para origem os elementos orgânicos exportados para sociedade, onde o composto volta para o ciclo de origem, sendo utilizado como um fertilizante orgânico rico em nutrientes, favorecendo a agricultura na reciclagem dos nutrientes, muitas vezes desperdiçados na interface rural-urbana. Traz vantagens quanto o aumento da capacidade de absorção e armazenamento de água no solo; aumenta a estabilidade do pH do solo; fornece nutrientes as plantas, como nitrogênio, fósforo, cálcio, enxofre e potássio; aumento da retenção do nitrogênio no solo e estimula a vida microbiana, aumentando a homeostase do solo, reduzindo o risco de pragas e doenças.

No aspecto socioeconômico, o composto final obtido mostrou similaridade a adubos já comercializados, confirmando uma proposta de geração de valor e viabilidade econômica. Para comprovar este ideal, Garré et al. (2016)

evidenciam os preços aplicados e demanda no comércio no Rio Grande do Sul do adubo orgânico, onde se vende 2 kg por R\$ 1,25 e demanda de 2.000 kg/mês. Quanto ao pressuposto da redução dos resíduos urbanos descartados no meio ambiente e menor comprometimento dos aterros sanitários, ficou evidente no experimento a degradação dos substratos e diminuição do volume das leiras em 25%, em apenas dois meses, portanto a indução do uso da técnica nos municípios, pode ser uma alternativa na redução nos custos com a destinação final dos resíduos sólidos urbanos.

Em complemento de ideal para a técnica de compostagem no desenvolvimento urbano rural, Thomazini, (2011) observa que nas cidades, a compostagem local de resíduos além de reduzir custos com coleta e destinação final, estimula o desenvolvimento da agricultura urbana; contanto um desenvolvimento social e econômico associado. De modo que hortas residenciais, comunitárias, escolares e em outros ambientes, fecham o ciclo de nutrientes com resíduos orgânicos produzidos localmente. A compostagem nesse aspecto, auxilia programas de alimentação e bem estar, com a produção orgânica de alimentos nas cidades aproveitando os espaços ociosos para horticultura, produção de grãos e ervas, legumes, fruteiras, floricultura, projetos paisagísticos, reflorestamento e instalação de mini agroindústrias.

No entanto, mediante o experimento realizado no presente estudo, que faz alusão ao gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos por meio da técnica de compostagem no âmbito de se obter valor social, ambiental e econômico; os resultado de caráter prático, permite consentir os benefícios da referida técnica sustentável nos aspectos conceituados e atender os objetivos estabelecidos.

Inicialmente foi observado e comprovado, mediante estudos supra citados, que a técnica de compostagem

evita o acúmulo dos resíduos sólidos, devolve a terra os nutrientes que ela necessita por meio do canal logístico reverso, pode trazer uma diminuição de custos municipais e estadual no adotar da técnica nos seus espaços de controle sanitário e ao executar os planejamentos de políticas gerenciais dos resíduos sólidos. Quanto ao atributo do composto orgânico produzido, ele pode vir a ser uma fonte de renda extra para as cooperativas que adotarem e trazer benefícios socioeconômicos, além de ser um meio de cidadania e inclusão social no âmbito das boas práticas de gestão ambiental.

Apoiado no experimento das três composteiras, obteve-se os seguintes resultados: a leira de nº 1, onde o resíduo sólido estava representado pelo bagaço de cana pode-se constatar um resultado ameno e não tão proveitoso quanto a degradação rápida do resíduo. Apesar da contribuição nutricional da cana de açúcar para o composto, o material não conseguiu no tempo de experimento, sua decomposição por completo. Contudo, fica uma sugestão para futuras pesquisas com esse substrato, é necessário uma trituração do material com o auxílio de uma forrageira para subsequente ser misturado ao esterco e a serragem. Outra forma de obter um composto orgânico homogêneo nessa composteira de nº 1 seria um maior tempo para compostagem de aeração e ação microbiológica, 60 dias a mais do que foi utilizado nesse experimento, e a vermicompostagem associada à técnica

de compostagem. Já as composteiras de nº 2 onde foi misturada por resíduos sólidos (legumes, restos de frutas e verduras, casca de ovo, pó de café, sementes, pão e resto de alimentos) e nº 3 composta por podas de árvore e capim braquiária, obteve o resultado esperado. Os resíduos tiveram uma decomposição rápida e eficaz, formando um composto orgânico homogêneo, rico em nutrientes, com boa absorção de água e atendendo todos os parâmetros de melhoramento das propriedades físico-química da matéria orgânica, inteiramente diferente da matéria original.

As Figuras 1 a 4 mostram as leiras de compostagem, discriminado por semanas da utilização da técnica e subsequente o produto final condicionado nos caixotes de madeira, composto orgânico pronto pra uso na agricultura e horticultura, como para comercialização.

Nas primeiras semanas da técnica, os resíduos ainda não tinham uma homogeneidade, cada material permanecia empilhado de forma independente, depois dos sete primeiros dias, foi realizado a compostagem por aeração, dando assim, condições necessárias para melhor desenvolvimento das bactérias e fungos na degradação dos substratos empilhados. Na medida em que o processo de aeração, controle da temperatura e umidade do composto era acurado, ficava perceptível o enriquecimento do material e no passar das semanas mais homogêneo era o adubo.



Figura 1. Demonstração da composteira com resíduo orgânico e composteira verde (podas de árvore e capim), na primeira semana da utilização da técnica.



Figura 2. Compostagem com 21 dias.

Cada composteira teve, de início, um total 120 kg de matéria, estando compostado o substrato, foi diminuindo o volume gradativamente nas três leiras analisadas. O produto final em cada leira foi, em média, de 90 kg. Essa compactação confirma a eficiência da técnica na degradação e redução dos resíduos sólidos, além do enriquecimento do adubo. É importante

ressaltar que a rapidez da decomposição da matéria orgânica dá-se de acordo com a estrutura molecular de cada material, ou seja, a relação carbono: nitrogênio. A decomposição é a grande proposta de geração de valor da técnica, trazendo benefícios quanto à redução significativa do volume do rejeito, redução dos impactos hídricos, atmosféricos e do solo.



Figura 3. Compostagem com 42 dias.

Compreende então que a técnica de compostagem se apresenta em etapas, sendo a primeira correspondente à decomposição dos componentes facilmente biodegradáveis, a segunda

etapa, onde os resíduos são degradados pela atividade de oxidação dos nutrientes através da ação microbiológica e a terceira etapa à de maturação e estabilização do composto.



Figura 4. Compostagem com 60 dias, mostrando o adubo orgânico finalizado, pronto para utilização na agricultura e possível comercialização.

Portanto, o produto principal da compostagem é um fertilizante orgânico, no qual, é denominado de composto e/ou adubo orgânico. Esta prática constitui uma das melhores alternativas para o gerenciamento dos resíduos orgânicos, pois transforma uma externalidade negativa em uma ação positiva. Sob o manejo adequado produz um adubo com grande potencial para uso agrícola e ainda para recuperação de solos degradados. No aspecto sustentável, a técnica diminui o volume de material descartado nas cidades, evita ocupação desnecessária em aterros sanitários e gera um produto que presta significativas funções ecológicas.

Considerações finais

Conforme apontado a geração de resíduos sólidos tornaram-se um dos problemas mais graves da sociedade contemporânea, e tende a aumentar visto o crescimento gradativo e desordenado

da população, a aceleração do processo de ocupação do território urbano e o crescimento acentuado dos bens de consumo com conseqüente aumento dos descartes. Com isso fica evidente que a política de gestão de resíduos deve atuar de forma a garantir a coleta seletiva, o tratamento e a disposição final, mas principalmente, deve estimular a geração de uma menor quantidade de resíduos desde o início do processo produtivo.

Diante deste cenário e da necessidade de fomento às alternativas que minimizem a geração de resíduos sólidos urbanos, políticas e programas que priorizem mudanças comportamentais de amplo alcance são fundamentais. A PNRS é o amparo legal que obriga a existência deste envolvimento, mas é importante frisar, que a eficácia plena da legislação depende de uma cadeia de atores, planejamento técnico e recursos humanos e ambientais para sua concretização.

O presente trabalho buscou apresentar a problemática gerada pelos resíduos sólidos, tendo amparo legal através da PNRS, apontando uma solução para o problema, que é a utilização da técnica sustentável à compostagem, técnica de gerenciamento e tratamento dos RSU, onde promove a decomposição biológica dos resíduos orgânicos, efetuado por uma população diversificada de microrganismos autóctones, em condições controladas, gerando um produto estável e rico em nutrientes. Transformando uma externalidade negativa em positiva no âmbito social, ambiental e econômico.

Acredita-se então, que a implementação e eficiência do canal logístico reverso em relação aos resíduos sólidos, considerando a técnica de compostagem, aliado a ações contínuas de educação ambiental, contribua para uma mudança da realidade atual dos aterros sanitários e lixões, diminuindo assim os agravos socioambientais e contribuindo para agricultura com a produção do adubo orgânico, implantando uma cultura racional de gestão dos resíduos. No entanto, providências nesse aspecto são necessárias, precisa de uma integração entre políticas econômicas, sociais e ambientais além da ação humana a fim de diminuir os problemas ambientais e, subsequente, cuidar da saúde de todo ser humano.

Assim, caminharemos rumo a um desenvolvimento mais saudável, em uma perspectiva socialmente justa, ambientalmente sustentável, sanitariamente correta e economicamente solidária.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 10.004:2004** - **Resíduos Sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR ISO 14001:2015 - Sistemas de gestão ambiental - Requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- Bettoni, L. O. **Estudo da viabilidade econômica da coleta seletiva e da compostagem dos resíduos sólidos do município de Guaratinguetá (SP)**. Bauru: Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho", Faculdade de Engenharia, 2014. (Dissertação de mestrado).
- Bley Jr., C. As usinas de processamento de lixo no Brasil. 1993. Disponível em: <<http://www.ecoltec.com.br/publicacoestecnicas.htm>>. Acesso em: 16 set. 2011.
- Brasil. **Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 19 mar. 2018.
- Brasil. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em: 19 mar. 2018.
- Drechsel, P.; Kunse, D. Introduction. In: Drechsel, P.; Kunse, D. (Orgs.). **Waste composting for urban and peri-urban agriculture: Closing the rural-urban nutrient cycle in Sub-Saharan Africa**. Oxon, UK: CABI Publishing for International Water Management Institute, 2001.
- Fernandes, F.; Silva, S. M. C. P. **Manual prático para compostagem de biossólidos**. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1999.
- Figueiredo, P. J. M. Resíduo sólido, sociedade e ambiente. In: Silva, F. C.; Pires, A. M.; Rodrigues, M. S.; Barreira, L. (Org.). **Gestão pública de resíduo sólido urbano: compostagem e interface agroflorestal**. Botucatu: FEPAF, 2009. p. 11-23.
- Garré, S. O.; Luz, M. L. G. S.; Luz, C. A. S.; Gadotti, G. I.; Navroski, R. A análise econômica para implantação de uma usina de

- compostagem de resíduo orgânico urbano. **Revista Espacios**, v. 38, n. 17, 2017. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a17v38n17/a17v38n17p03.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2018.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.
- IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos: diagnóstico dos resíduos urbanos, agrosilvopastoris e a questão dos catadores**. Brasília: IPEA, 2012. (Comunicado do IPEA, 145). Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/comunicado/120425_comunicadoipea0145.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2018.
- Jabbour, A.B.L.S.; Jabbour, C.J.C.; Sarkis, J.; Govindan, K. Brazil's new national policy on solid waste: challenges and opportunities. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 16, n. 1, p. 7-9. 2014. <https://doi.org/10.1007/s10098-013-0600-z>
- Jardim, A.; Machado F. J. V.; Yoshida, C. **Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos**. Barueri: Manole, 2012. (Coleção ambiental).
- Kiehl, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985.
- Köche, J. C. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e prática da pesquisa**. 14. ed. rev. e ampl. Petrópolis: Vozes, 1997.
- Lima, L. M. Q. **Lixo: tratamento e biorremediação**. São Paulo: Hemus, 2004.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Gestão integrada de resíduos sólidos na Amazônia: a metodologia e os resultados de sua aplicação**. Brasília: MMA/IBAM, 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/168/_publicacao/168_publicacao_03022009105728.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2018.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Versão preliminar apreciada pelos Conselhos Nacionais. Brasília: MMA, 2012. Disponível em: <<http://www.sinir.gov.br/web/guest/plano-nacional-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 13 mar. 2018.
- Monteiro, J. H. P. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.
- Peixoto, R. T. G. Compostagem: princípios, práticas e perspectivas em sistemas orgânicos de produção. In: Aquino, A. M.; Assis, R. L. (Org.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília: EMBRAPA, 2005. p. 388-422.
- Pereira Neto, J. T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. Viçosa: Ed. UFV, 2007.
- Pires, A. B. **Análise de viabilidade econômica de um sistema de compostagem acelerada para resíduos sólidos urbanos**. Passo Fundo: Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Curso de Engenharia Ambiental, 2011.
- Pires, I. C. G.; Ferrão, G. E. Compostagem no Brasil sob a perspectiva da legislação ambiental. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 9, n. 1, p. 1-18, 2017. Disponível em: <<http://www.periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/ccaatropica/article/view/5685/4110>>. Acesso em: 13 mar. 2018.
- Reis, M. F. P. **Avaliação do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, 2005.
- Rondinelli, D. A.; Berry, M. A. Environmental citizenship in multinational corporations: social responsibility and sustainable development. **European Management Journal**, v. 18, n. 1, p. 70-84, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0263-2373\(99\)00070-5](https://doi.org/10.1016/S0263-2373(99)00070-5)
- Santos, F. C.; Fehr, M. Diagnóstico e modelo pró-ativo para a gestão ambiental dos resíduos sólidos urbanos em Ituiutaba-MG. **Revista Perspectiva Geográfica**, v. 4, n. 4, p. 57-76, 2008. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/pgeografica/article/view/3635/2886>>. Acesso em: 13 mar. 2018.
- Schlottfeldt, D. D. **Produção mais limpa (P+L): A compostagem como alternativa no tratamento de resíduos industriais**. São Paulo: UNISA-SP, 2013.

- Silva, C. A. Uso de resíduos orgânicos na agricultura. In: Santos, G. A.; Silva, L. S.; Canellas, L. P.; Camargo, F. A. O. (Org.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 597-624.
- Silva, E. L.; Menezes, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. rev. atual. Florianópolis: UFSC, 2005.
- Silva, F. C.; Mendes, D. G.; Barreira, L. P. Procedimentos para o aproveitamento de resíduo sólido urbano orgânico em municípios. In: Silva, F. C.; Pires, A. M.; Rodrigues, M. S.; Barreira, L. (Orgs.). **Gestão pública de resíduo sólido urbano: compostagem e interface agroflorestal**. Botucatu: FEPAF, 2009. p. 69-91.
- Siqueira, T. M. O. **Compostagem de resíduos sólidos urbanos no Estado de São Paulo**. São Carlos: UFSCar, 2014.
- Teixeira, R. F. F. Compostagem. In: Hammes, V. S. (Org.). **Educação ambiental para desenvolvimento sustentável**. Brasília: EMBRAPA, 2002. v. 5. p. 120-123.
- Thomazini, D. Fome oculta afeta 2 bilhões no mundo. **Gazeta do Povo**, 25 maio 2011. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/vidaecidadania/conteudo.phtml?id=1129507>>. Acesso em: 08 abr. 2018.
- Tränkler, J.; Ranaweera, R. M.; Visvanathan, C. Mechanical biological pretreatment, a case study for Phitsanalok landfill in Thailand. Proceedings of the 2nd. Asian Pacific Landfill Symposium, Seoul, Aplas, 2002. p. 258-265.
- Yin, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- Zanella, B. P. **Aproveitamento de resíduos da indústria de celulose e papel em argamassa mista de revestimento interno**. Bauru: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/98297/zanella_bp_me_bauru.pdf>.



Informação da Licença: Este é um artigo Open Access distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Attribution, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.