

UMA REVISÃO ACERCA DO TRATAMENTO DA MATÉRIA ORGÂNICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Bruna Schmitt Schuster (*), Luiz Roberto Taboni Junior, Ana Cláudia Valério Soares, Hugo Gabriel Fernandes Viotto, Augusto Mazzuco.

* Universidade Estadual de Maringá – UEM, brunaschuster@hotmail.com

RESUMO

O avanço do processo de urbanização somado ao acesso facilitado aos bens de consumo nos países em desenvolvimento, como o Brasil, acelerou a taxa de geração dos resíduos sólidos urbanos (RSU) ao passo que soluções voltadas para essa problemática são incipientes. Desse modo observa-se a necessidade de adequar a gestão desses resíduos afim de torna-la sua destinação ou disposição ambientalmente correta. Esta pesquisa objetiva analisar as principais alternativas de tratamento dos resíduos orgânicos difundidas internacionalmente. Mediante essa abordagem busca-se incentivar a adoção de práticas, no âmbito nacional, que explorem as potencialidades dos resíduos orgânicos. Como resultado, verificou-se que a difusão da coleta seletiva em território brasileiro seria de grande valia, principalmente quando se refere a digestão anaeróbia e de compostagem. Práticas essas, que tem por objetivo reduzir o volume dos resíduos em aterros sanitários, que são estruturas que apresentam baixo impacto ambiental. Além do mais, essas alternativas geram subprodutos, denominados como biofertilizante e biogás. Já a incineração *waste-to-energy* (WTE) é uma alternativa viável quando o sistema de coleta não exige a segregação dos resíduos, sendo que esses devem possuir alto poder calorífico e pequena porcentagem de umidade. Por fim, com a adoção dessas práticas é possível obter retornos econômicos, assim reduzindo os custos operacionais do sistema de gestão de RSU, além de contribuir para o desenvolvimento sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo sólido orgânico, gestão, digestão anaeróbica, compostagem, incineração.

INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) se tornaram um grande desafio do século XXI, esse fato é reflexo da geração de resíduos em ritmo geométrico e da disposição final incorreta, assim provocando desperdício de matéria prima e energia, além do impacto ambiental (JUCÁ et al, 2014). Frente a crescente geração dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), observa-se, principalmente, nos países em desenvolvimento, como o Brasil, a dificuldade para a implantação de um programa de gestão eficiente e ambientalmente correto sobre os resíduos. Em contrapartida, os países desenvolvidos como Austrália, Japão, Estados Unidos da América (EUA) e membros da União Europeia (UE) têm difundido estratégias de mitigação das externalidades negativas referentes aos RSU em suas políticas públicas e em seu modelo de gestão. Estas práticas estão associadas a exploração do potencial econômico e energético dos resíduos orgânicos, assim contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

De acordo com Da Silveira et al, (2018), o tratamento e gerenciamento correto desses resíduos contribui para a redução dos impactos ambientais inerentes ao seu ciclo de vida e reduz o volume desses destinados aos aterros sanitários, além de explorar suas potencialidades. Por meio da inserção de ferramentas no sistema de gestão, as quais visam a recuperação e o aproveitamento energético dos resíduos, é possível prolongar a vida útil dos aterros, além evitar a degradação do solo, comprometimento dos corpos d'água e mananciais próximos, proliferação de vetores de doença e emissão de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. Essas práticas contribuem para o desenvolvimento sustentável, conforme estabelecido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos.

De acordo com o IPEA (2012) cerca de 51,4% dos RSU coletados no Brasil correspondiam aos resíduos orgânicos, 31,9% aos resíduos recicláveis e 16,7% aos rejeitos. Este fato reforça a característica acerca dos países em desenvolvimento, nos quais a fração orgânica possui maior representatividade em relação ao demais resíduos (EDWIGES, 2017). Enquanto a reciclagem é uma ferramenta amplamente difundida nos municípios brasileiros, iniciativas que visem o tratamento dos resíduos orgânicos são incipientes, como resultado, apenas 1,6% desses resíduos são tratados corretamente. Essa realidade é reflexo da maneira como os RSU são acondicionados, uma vez que frequentemente encontram-se misturados, sem qualquer critério de separação, dificultando a aplicação de qualquer prática que vise o tratamento desses (ZAMBON, 2017).

Nesse contexto, afim de minimizar os efeitos negativos ao meio ambiente e que o reaproveitamento dos resíduos promove benefícios sociais, econômicos e ambientais é de suma importância adequar o modelo de gestão de RSU adotado pelos municípios brasileiros, os quais destinam os resíduos, sem qualquer forma de tratamento aos aterros. Desse modo, o estudo aborda alternativas difundidas em outras localidades que visam a exploração dos resíduos orgânicos. Por meio dessa abordagem busca-se iniciativas que promovam a valorização dos resíduos orgânicos no âmbito nacional e que contribuam para o desenvolvimento sustentável.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Analisar as principais alternativas de tratamento dos resíduos sólidos orgânicos difundidas internacionalmente, afim de estimular o tratamento desses resíduos no Brasil.

Objetivos Específicos

- Identificar as principais tecnologias utilizadas para o tratamento dos resíduos sólidos orgânicos em nível global;
- Comparar as diferentes tecnologias existentes para o tratamento dos resíduos orgânicos sob o ponto de vista ambiental;
- Sugerir práticas e políticas que contribuam para maior abrangência dos tratamentos dos resíduos sólidos orgânicos no Brasil.

METODOLOGIA

Para Gerhardt e Silveira (2009) a pesquisa bibliográfica busca levantar dados por meio de referências teóricas já analisadas, de tal modo que se obtém diversas perspectivas de análises acerca de um problema. Desse modo, mediante consultas a artigos, livros, normativas, entre outros, afim de realizar uma abordagem qualitativa acerca da gestão brasileira de RSU e modelos internacionais que obtiveram sucesso. De acordo com os resultados obtidos foi possível comparar e identificar ações que contribuiriam para o desenvolvimento da gestão nacional, como a difusão de tratamentos via compostagem, digestão anaeróbia e incineração, aplicado aos resíduos orgânicos.

RESULTADOS

Resíduo Sólido Urbano

Para a NBR 10004:2004 os resíduos sólidos são aqueles que se encontram no estado sólido ou semissólido, provenientes das atividades comerciais, industriais, hospitalares, agrícolas, domésticas, entre outras atividades (ABNT, 2004). Já os resíduos sólidos urbanos (RSU) são os resíduos gerados nos domicílios, em atividades comerciais e provenientes da limpeza dos centros urbanos, como varrição, limpeza dos logradouros e vias públicas (BRASIL, 2011).

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) o termo resíduo deve ser diferenciado de rejeito, visto que o primeiro termo é utilizado para denominar os matérias que têm potencial para serem reaproveitados. Com relação aos rejeitos, tem-se que é um material que não apresenta potencial de tratamento ou de reutilização, devendo, deste modo, ser descartados em sistemas adequados de disposição final, como aterros sanitários (DA SILVEIRA; BERTÉ; PELANDA, 2018).

A composição qualitativa e quantitativa do RSU é influenciada pelos hábitos culturais, sociais e situação econômica do local (ALVES, 2016). Para a otimização da gestão desses resíduos, de acordo com Klaus (2014), é necessário o conhecimento das suas características físicas, químicas e biológicas, estado da matéria e origem. Por meio desses parâmetros é possível identificar as melhores alternativas técnicas e econômicas para o gerenciamento do RSU, como o sistema de coleta, tratamento e destinação final.

Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil

Conforme a Lei Federal nº 12.305:2010 a gestão dos RSU compreende um conjunto de ações exercidas de modo direto ou indireto que compreende a etapa de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final de maneira ambientalmente correta (BRASIL, 2010). Grande parte das tecnologias difundidas na gestão brasileira de RSU se referem à sua disposição final. Desse modo observa-se pouca representatividade das alternativas que visam a exploração das potencialidades desses resíduos mediante seu tratamento, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Destinação final dos RSU no Brasil em 2015. Fonte: Adaptação Edwiges, 2017.

Unidade de processamento	Quantidade (t.ano ⁻¹)	%
--------------------------	-----------------------------------	---

Lixão	7.170.885	11,4
Aterro Controlado	10.332.434	16,5
Aterro Sanitário	41.575.591	66,3
Unidades de Triagem	2.417.285	3,9
Unidades de Compostagem	283.203	0,5
Unidades de Incineração	16.225	0,03
Outros	911.491	1,5
Total	62.707.114	100

De forma a abordar mais especificamente a fração orgânica, de acordo com o IPEA (2012) mais de 50% do RSU nacional é constituído por resíduos orgânicos. No entanto, mesmo com sua grande representatividade, iniciativas que visam o tratamento dessa fração são incipientes, como exemplo, apenas 1,6% desses resíduos são tratados atualmente em território brasileiro. Esse cenário é reflexo da ausência da separação do RSU na fonte geradora pela maioria dos brasileiros e pela baixa cobertura do sistema de coleta seletiva nos municípios (BRASIL, 2011).

Tratamento dos Resíduos Orgânicos

O tratamento dos RSU compreende procedimentos físicos, químicos e biológicos (JUCÁ et al, 2014). O tratamento dos resíduos estimula sua valorização, promove ganhos ambientais, redução dos impactos ambientais e extração de matéria-prima, geração de renda e aumento da vida útil dos locais de disposição final (PROSAB, 2003).

Para maior eficiência do gerenciamento de RSU é de suma importância a adoção de práticas que visem o tratamento dos RSU, principalmente as alternativas que exploram as potencialidades econômicas e de energia. Ademais, a partir dessa aplicação é possível que o gerenciamento seja integrado, de tal modo que haja a união de diferentes métodos de coleta e tratamento do RSU. Ao introduzir práticas que contribuam para o tratamento, explora-se as potencialidades inerentes dos resíduos e contribui-se para a redução dos impactos ambientais decorrentes da sua disposição final. (DA SILVEIRA; BERTÉ; PELANDA, 2018).

Incineração

A incineração consiste em um tratamento físico-químico. Por meio deste processo é possível reduzir o volume dos resíduos dispostos em aterros sanitários e gerar energia mediante a liberação do calor ao longo da reação de incineração. Tendo em vista que a combustão de qualquer componente libera GEE, para que o processo de incineração não gere impactos ambientais, é de suma importância a utilização de filtros em seu sistema (DA SILVEIRA, BERTÉ, PELANDA, 2018).

Inicialmente os incineradores eram implantados em locais que careciam de espaço para a construção de aterros sanitários. No entanto, hodiernamente, esses são comumente utilizados para a recuperação de energia, na forma de eletricidade e calor. A tecnologia conhecida por *Waste to Energy* (WTE) é a mais aplicada no que se refere a incineração, esta realiza a conversão dos resíduos em água, dióxido de carbono e cinzas. Em vista da eficiência da sua reação é preferível a utilização de resíduos com baixo teor de umidade, caso contrário será necessário utilizar combustíveis para que ocorra a queima, tornando o processo oneroso e inviável para o tratamento dos resíduos (ZAMBON, 2017).

A incineração visa a exploração energética dos resíduos, no entanto, apesar de gerar energia esse processo é responsável pela emissão de GEE na atmosfera e particulados (cinzas de fundo e volantes). Desse modo afim de minimizar seus impactos ambientais é de suma importância que os produtos dessa reação sejam tratados antes de serem liberados na atmosfera (LOMBARDI, 2015).

Dentre as vantagens apresentadas na utilização deste sistema, destacam-se a redução do volume de resíduos dispostos no meio ambiente, maior potencialidade de exploração energética dos resíduos quando comparado aos aterros sanitários e redução da emissão de odores e proliferação de vetores de doença. No entanto deve-se considerar seu alto investimento e a inviabilidade do processo quando os resíduos possuem elevado grau de umidade ou pequeno poder calorífico (JUCÁ et al, 2014).

Compostagem

A compostagem é considerada uma forma natural de reciclagem, a decomposição da matéria orgânica em meio aeróbio tem como produto uma substância húmica, conhecida por adubo. O adubo é um composto com coloração escura, o qual pode ser utilizado para melhorar as características de produtividade do solo sem degradar o meio ambiente (JUCÁ et al, 2014). Como qualquer outro sistema de reaproveitamento de resíduos, a eficiência dessa

alternativa depende da qualidade do composto utilizado, desse modo, afim de otimizar a compostagem dos resíduos é de suma importância que esse seja coletado separadamente dos demais resíduos na sua fonte geradora (ZAMBON, 2017).

Essa alternativa de tratamento tem como vantagem seu baixo custo operacional, aproveitamento agrícola da matéria orgânica pelo uso do composto orgânico no solo, além do seu valor econômico. Ademais, os rejeitos podem ser dispostos nos aterros sanitários, reduzindo seus impactos ambientais por se tratar de um material biologicamente estabilizado (JUCÁ et al, 2014).

Digestão Anaeróbia

A digestão anaeróbia é um processo natural em que ocorre a decomposição da matéria orgânica por meio da interação metabólica dos microrganismos em meio anaeróbio. O principal produto dessa reação é o biogás que é composto por diversos gases dos quais o metano e o dióxido de carbono apresentam as maiores concentrações (ZAMBON, 2017). Esse tratamento contribui para a redução da emissão de GEE na atmosfera e tem como produto um efluente, com propriedades fertilizantes, e o biogás, fonte renovável de energia, assim contribuindo para o desenvolvimento sustentável (DA SILVEIRA, BERTÉ, PELANDA, 2018).

De acordo com Edwiges (2017) o processo anaeróbio apresenta vantagens com relação ao aeróbio, uma vez que o insumo operacional apresenta baixo consumo energético. Quanto às desvantagens deste processo, esse necessita de manutenção com maior frequência e não é capaz de eliminar totalmente bactérias patogênicas, vírus, protozoários dos resíduos, ao contrário da compostagem (ZAMBON, 2017).

Para maior eficiência dessa alternativa de tratamento é necessário que haja uma seleção e pré-tratamento para separar os resíduos adequados aos processos dos demais resíduos. Outro ponto importante a ser abordado acerca da digestão anaeróbia se refere aos seus ganhos econômicos visto que com a adoção dessa medida reduz os gastos referentes à operação do aterro sanitário, uma vez que o volume de resíduos aterrado diminui, além do mais há geração de receita com a venda do biogás (JUCÁ et al, 2014). Ademais, o aproveitamento do potencial energético do RSU é uma alternativa promissora, pois contribui para suprir a demanda energética e contribui para a resolução da problemática referente a poluição ambiental decorrente da destinação final inadequada desses resíduos (MORAES JUNIOR, 2012).

Comparativo entre as tecnologias de tratamento

Frente às diversas tecnologias disponíveis é interessante comparar as possíveis formas de tratamento abordando suas vantagens e desvantagens, conforme se apresenta no Quadro 1.

Quadro 1. Prós e contras dos tratamentos associados ao resíduo orgânico. Fonte: Adaptação Jucá et al, 2014; Zambon, 2017.

Tecnologia	Impactos associados	Impactos evitados	Resultado do processo	Investimento
Digestão anaeróbia	Necessário coleta seletiva	Emissão de GEE e queima de combustíveis fósseis	Energia (entre 120 a 290 kWh/t) e composto orgânico	Médio
Compostagem	Necessário coleta seletiva	Emissão de GEE e redução na utilização de fertilizantes sintéticos	Composto orgânico	Baixo
Compostagem descentralizada	Caso o manejo for incorreto há emissão de GEE	Emissão de GEE e redução na utilização de fertilizantes sintéticos	Composto orgânico	Baixo
Incineração (WTE)	Emissão de GEE, grande volume de resíduos para ser viável	Emissão de GEE, substituição de combustíveis fósseis	Energia (entre 450 a 700 kWh/t)	Alto

Conforme os dados apresentados, para que essas alternativas contribuam para a eficiência da gestão dos resíduos no âmbito nacional é necessário passar por um planejamento adequado. Esse deve se integrar com o processo urbanístico atual e com as características regionais, assim contribuindo para o equilíbrio ambiental, social e econômico (JUCÁ et al, 2014).

Tecnologias de tratamento aplicadas a nível global

Frente à necessidade da inserção de práticas que contribuam para o tratamento dos resíduos orgânicos no âmbito brasileiro, é interessante abordar casos bem-sucedidos aplicados em outros países. Essa abordagem é de suma importância visto que a gestão brasileira de RSU incentiva o reuso e reciclagem de resíduos como metal, vidro, papel, plástico, entre outros. Já os resíduos orgânicos são tratados como rejeitos, ledor engano, uma vez que esses possuem grande potencial de exploração quando submetidos à sistemas de compostagem, digestão anaeróbia ou incineração.

Diante dessa perspectiva, nos Estados Unidos a *Environmental Protection Agency* (EPA), agência regulamentadora nacional que visa a redução dos riscos ambientais inerentes às atividades americanas como a geração de RSU, definiu as prioridades no que tange a gestão dos resíduos alimentares no âmbito americano, sendo essa: redução da geração de resíduos, reaproveitamento da matéria orgânica por meio do seu tratamento e disposição final ambientalmente correta em aterros sanitários (EPA, 2016). Por meio dessas iniciativas somadas há uma regulamentação rígida a qual proíbe a destinação de resíduos biodegradáveis em aterros sanitários, observa-se um crescente aumento na porcentagem de resíduos orgânicos tratados e reaproveitados no país, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Principais tecnologias de tratamento utilizadas nos EUA. Fonte: Jucá et al., 2014.

Tecnologia	Percentual de RSU gerado (%)	Milhões de toneladas processadas
Reciclagem	26%	65
Compostagem	8%	20
Incineração com geração de energia	12%	29
Aterros	54%	135

A gestão de resíduos na UE está fundamentada em normativas que estabelecem os objetivos de cada Estado-Membro de acordo com suas características, de modo a incentivar a adoção de diretivas sustentáveis. De maneira geral, a política comunitária de resíduos do bloco econômico é fomentada nas seguintes diretrizes: utilização de técnicas favoráveis ao meio ambiente que contribuam para a não geração de resíduos, produção de bens de consumo suscetíveis ao reaproveitamento e ecologicamente corretos, inserção dos resíduos nos ciclos produtivos afim de reduzir o consumo de matéria prima, melhorias no que tange a disposição final dos resíduos e rejeitos e normas e dispositivos regulamentares rigorosos e saneamento dos locais contaminados (JUCÁ et al, 2014).

De acordo com este cenário, afim de reaproveitar os resíduos orgânicos, em 1999 instituiu-se a campanha *Landfill Directive*, a qual propõe que até 2020 sejam reduzidos em 35% o aterramento de resíduos biodegradáveis nos países membros. Além disso, para auxiliar na tomada de decisões e estimular o desenvolvimento sustentável, a UE disponibiliza estudos referentes a avaliação do ciclo de vida dos resíduos biodegradáveis no que tange as alternativas de tratamento e destinação final ambientalmente corretos. A aplicação dessas diretrizes contribui para a redução do volume de resíduos orgânicos dispostos nos aterros, assim reduzindo seus impactos ambientais de disposição final, emissão de GEE e produção de lixiviado (EUROPEAN COMMISSION, 2019).

De acordo com Jucá et al (2014) o incentivo da difusão de tecnologias de tratamento e disposição final dos RSU na UE obteve resultados positivos, visto que reduziu o volume de resíduos sólidos destinados aos aterros sanitários. Além do mais, com a implantação dessas práticas os resíduos orgânicos, antes considerados um problema ambiental, ganharam valor econômico, assim trazendo retorno financeiro ao Estado-membro.

De acordo com Zambon (2017) um dos países da UE que se destaca na gestão de RSU é a Alemanha. Desde 1990 a legislação alemã cria iniciativas que visam o desenvolvimento sustentável, como a coleta seletiva dos resíduos, proibição do aterramento dos RSU sem pré-tratamento e aplicação do sistema circular, esse sistema estimula o reaproveitamento dos resíduos e energia, assim substituindo o conceito de fim-de-vida intrínseco ao sistema linear.

Mediante a adoção dessas diretrizes, em 2015 cerca de 67% dos resíduos foram reciclados, 32% incinerados e apenas 1% destinado aos aterros sanitários. Ademais, visto o grande incentivo a geração de energia por fontes renováveis de energia observa-se que grande parte dos resíduos orgânicos são tratados mediante biodigestão anaeróbia (EUROSTAT, 2019).

Outro país exemplo na gestão de RSU na UE é a Dinamarca, em 2010 estima-se que apenas 4% do total dos resíduos coletados foram aterrados, uma vez que 54% foi incinerado para a produção de energia, enquanto os 42% restantes foram reciclados. No que se refere aos resíduos orgânicos, os resíduos segregados na fonte geradora são reaproveitados por meio da digestão anaeróbia, compostagem, podendo essa ser descentralizada. A parcela de RSU que não é segregada é reaproveitada por meio dos incineradores WTE. Em vista da otimização do aproveitamento das propriedades da matéria orgânica, primeiramente opta-se pela utilização desse resíduo nos processos de digestão anaeróbia, assim explorando o potencial energético. Posteriormente, o material é encaminhado para a compostagem

afim de produzir um composto rico em nutrientes utilizado no solo para aumentar a produtividade agrícola, com a utilização conjunta desses dois tratamentos é possível tirar maior proveito das vantagens de cada processo, além de reduzir o volume de rejeitos (ANDERSEN et al, 2012).

De acordo com Andersen (2012) há diversos benefícios ao explorar as potencialidades do resíduo orgânico, como a substituição dos fertilizantes sintéticos por biofertilizantes, fonte renovável de energia, substituição da turfa por compostos orgânicos nos sistemas de incineração e a redução da emissão dos GEE na atmosfera. É importante ressaltar que para o correto funcionamento do sistema descentralizado de compostagem é necessário que os usuários sejam treinados acerca do funcionamento desse sistema afim de garantir que esse opere de maneira aeróbica.

Diante dessa perspectiva acerca do país dinamarquês observa-se que essa realidade é reflexo da proibição da disposição de resíduos combustíveis e biodegradáveis nos aterros sanitários e a coleta segregada dos resíduos, medidas que contribuem para a reciclagem e tratamento desses. Como reflexo desta perspectiva na primeira década do século XXI houve um aumento de 5% dos resíduos orgânicos tratados (ZERO WASTE EUROPE, 2016).

Outro modelo internacional com destaque se refere a gestão de resíduos implantada na Austrália, essa gestão incentiva a responsabilidade compartilhada dos resíduos orgânicos, visto sua grande representatividade na composição do RSU. Em vista do elevado custo da coleta seletiva o Estado estimula o tratamento dos resíduos em sua fonte geradora por meio da compostagem descentralizada. Frente a possibilidade de redução dos custos referentes à gestão municipal do RSU pela adoção da compostagem descentralizada, o governo incentiva a adoção de medidas que viabilizem o tratamento dos resíduos pelos próprios geradores, assim realiza a capacitação do usuário por meio de treinamentos acerca dos processos envolvidos na compostagem descentralizada, subsídio para a instalação do sistema de compostagem e redução da tarifa referente a coleta de lixo (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2016).

Por fim, no continente asiático, o Japão é conhecido pelo avanço das tecnologias voltadas para o tratamento do RSU, visto que o país carece de espaço apropriado para a construção de aterros sanitários. Como reflexo dessa perspectiva o país é referência mundial visto a abrangência do sistema de reciclagem, utilização da incineração para a geração de energia e redução do volume de resíduos dispostos no meio ambiente. Frente ao fato observa-se que a incineração é a principal tecnologia adotada no país no que se refere ao tratamento dos RSU, desse modo utilizam-se os aterros sanitários apenas para dispor os rejeitos (JUCÁ et al, 2014).

CONCLUSÃO

De modo geral, observa-se a difusão de práticas voltadas ao tratamento dos resíduos orgânicos nos modelos internacionais de gestão de RSU abordados na pesquisa. Afim de contribuir para o desenvolvimento da gestão sustentável nota-se o incentivo dos órgãos responsáveis e Estado mediante a criação de normativas rigorosas, educação ambiental e implantação de diretrizes que otimizam o tratamento dos resíduos, como a coleta seletiva. Frente ao fato, para a difusão das práticas voltadas ao tratamento dos resíduos orgânicos na gestão de RSU nacional é de suma importância que haja a separação dos resíduos na fonte geradora, a fim de contribuir para a eficiência da coleta seletiva e as alternativas de tratamento adotadas.

Embora a PNRS esteja em vigor desde 2010 é necessário considerar que as práticas voltadas para o reaproveitamento dos resíduos orgânicos anteriormente à sua disposição final nos aterros sanitários são incipientes. Desse modo, é necessário analisar a aplicação e eficiência das políticas referentes à gestão de RSU, uma vez que é de suma importância que essas sejam mais rigorosas e que incentivem a sociedade a aderir às práticas voltadas para a eficiência da gestão de resíduos, como subsidiar investimentos que visem o tratamento de forma descentralizada ou a educação ambiental acerca dos direitos e deveres da população no que tange essa gestão.

No que se refere as formas de tratamento abordadas na pesquisa, em vista da composição do RSU gerado no Brasil, o qual conta com elevado percentual de resíduos orgânicos, ao optar pela compostagem e digestão anaeróbica há diversos benefícios, visto que mediante esses tratamentos ocorre a exploração do potencial econômico desse resíduo pela comercialização dos produtos resultantes das interações físico-químicas desses sistemas, o biofertilizante (adubo) e o biogás, respectivamente. Ademais, essas opções apresentam baixo impacto ambiental e investimento quando comparadas à incineração. É interessante ressaltar que aplicação desses tratamentos possuem diversas vantagens além da redução do impacto ambiental, uma vez pela exploração energética do resíduo orgânico pela digestão anaeróbica é possível diversificar a matriz energética e contribuir para o atendimento da demanda nacional.

O tratamento dos resíduos orgânicos por meio da incineração, mais especificamente a WTE, é uma alternativa viável quando o RSU não é segregado na fonte geradora. Com a utilização desses resíduos como combustível no processo de incineração é possível reduzir o consumo da turfa, componente que ao entrar em combustão libera gases poluentes. No entanto, deve-se considerar que para essa opção ser economicamente viável o resíduo orgânico utilizado deve ter alto poder calorífico e baixa porcentagem de umidade. Ademais, quando comparada com a produção de energia pela

captação do biogás em aterros sanitários é uma opção mais vantajosa, uma vez que apresenta menos impactos ambientais quando instalados filtros para a purificação dos gases liberados na atmosfera.

Por fim, no que se refere a exploração do potencial energético do resíduo orgânico, seja pela digestão anaeróbia ou por sistemas WTE, essa é uma alternativa que contribui para o desenvolvimento sustentável, visto seu caráter renovável. Além disso, é interessante considerar que esta opção contribui para o incremento de práticas sanitárias adequadas, como o uso correto dos aterros sanitários, implantação de sistemas de triagem eficientes e gestão ambientalmente correta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, I. R. de F. S. **Avaliação da codigestão na produção de biogás**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016.
2. ANDERSEN, J. K.; BOLDRIN, A.; CHRISTENSEN, T. H.; SCHEUTZ, C. Home composting as an alternative treatment option for organic household waste in Denmark: An environmental assessment using life cycle assessment-modelling. **Waste Management**, v. 32, n. 1, p. 31-40, 2012.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10004**: resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.
4. AUSTRALIAN GOVERNMENT. **Working Together to Reduce Foodwaste in Australia**, 2016
5. BARCELOS, B. R. **Avaliação de diferentes inóculos na digestão anaeróbia da fração orgânica de resíduos sólidos domésticos**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
6. BRASIL. Lei nº. 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília-DF, 2 ago. 2010.
7. BRASIL. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Versão Preliminar para Consulta Pública. Brasília, 2011. 102 p.
8. CHERUBINI, F.; BARGIGLI, S.; ULGIATI, S. Life cycle assessment (LCA) of waste management strategies: landfilling, sorting, plant and incineration. **Energy**, v. 34, n 13, p 2116-2123, 2009.
9. DA SILVEIRA, A. L.; BERTÉ, R.; PELANDA, A. M. **Gestão de Resíduos Sólidos: Cenários e mudanças de paradigmas**. 1. ed. Curitiba: InterSaber, 2018. 228 p.
10. EDWIGES, T. **Biodigestão anaeróbia de resíduos vegetais provenientes de central de abastecimento**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017.
11. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. Sustainable Management of food. 2016. Disponível em: <<https://www.epa.gov/sustainable-management-food>>. Acesso: 26 jun. 2019.
12. EUROPEAN COMMISSION. **Biodegradable waste**. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/environment/waste/compost/index.htm>>. Acesso: 27 ago, 2019.
13. EUROSTAT – EUROPEAN STATISTICS. **Municipal Waste Generation & Treatment, by treatment method**. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/eurostat/web/waste/municipal-waste-generation-and-treatment-by-treatment-method>>. Acesso: 27 ago, 2019.
14. GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1ª ed. 2009.
15. INSTITUTO DE PESQUISA DE ECONOMIA APLICADA – IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Brasil, 2012.
16. JUCÁ, J. F. T. et al. **Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. Jabotão dos Guararapes: Grupo de Resíduos Sólidos – UFPE, 2014.
17. KLAUS, L. O. **Potencial de Aproveitamento de Resíduos Sólidos Urbanos da Mesorregião Oeste do Paraná para Geração de Energia Elétrica**. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel. 2014.
18. LOMBARDI, L.; CARNEVALE, E.; CORTI, A. A review of Technologies and performances of thermal treatment systems for energy recovery from waste. **Waste Management**, v. 37, p. 26-44, 2015.
19. MORAES JUNIOR, L. T. R. **Recuperação energética de resíduos no médio vale do rio Itajaí Açu com foco na conversão em energia elétrica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Regional de Blumenau. Blumenau, 2012.
20. PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO – PROSAB. **Alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades**. Florianópolis: Rima Artes e Textos, 2003, 288 p.
21. ZAMBON, M. M. **Alternativas para a gestão dos resíduos orgânicos urbanos: Um estudo de caso na cidade de Florianópolis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

-
22. ZERO WASTE EUROPE. **Mechanical Biological Treatment (MBT) & Zero Waste**. 2016. Disponível em: <
<https://zerowasteurope.eu/2011/09/mechanical-biological-treatment-mbt-zero-waste/>>. Acesso: 26 jun. 2019.