

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a) o
texto completo desta Tese será
disponibilizado somente a partir de
04/02/2023.



Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho"
Programa Interunidades



Mestrado

Engenharia Civil e Ambiental

PEDRO LOPES LUCAS DE AMORIM

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA
COMPOSTAGEM DESCENTRALIZADA DE FEIRAS:
CASO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS**

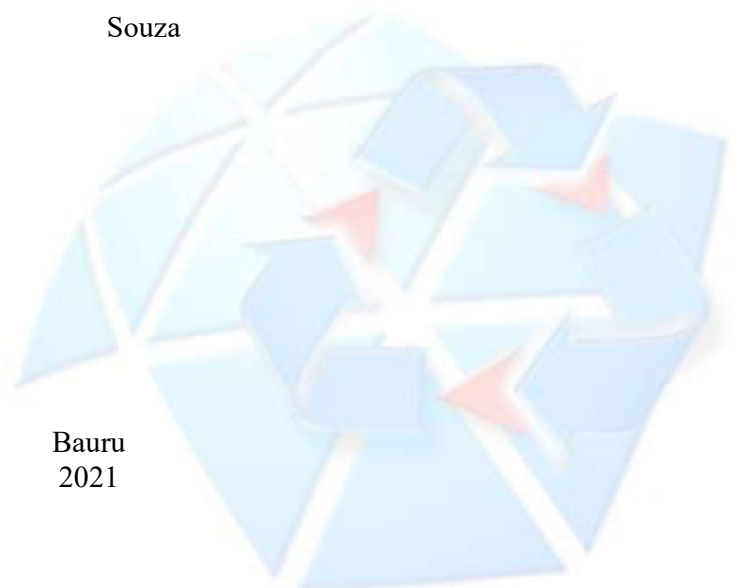
Bauru
2021

PEDRO LOPES LUCAS DE AMORIM

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA
COMPOSTAGEM DESCENTRALIZADA DE FEIRAS:
CASO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Área de Concentração em Saneamento Ambiental e Linha de Pesquisa em Manejo de Resíduos.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Gabbay de Souza



Bauru
2021

Amorim, Pedro Lopes Lucas de.

Viabilidade técnica e econômica da compostagem descentralizada de resíduos de feiras : Caso de São José dos Campos / Pedro Lopes Lucas de Amorim, 2021
81 f. : il.

Orientador: Ricardo Gabbay de Souza

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2021

1. Resíduos urbanos. 2. Resíduos orgânicos. 3. Compostagem descentralizada. 4. Feiras urbanas. 5. Avaliação de desempenho. 6. Viabilidade econômica. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. II. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE PEDRO LOPES LUCAS DE AMORIM, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL, DA FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 04 dias do mês de agosto do ano de 2021, às 09:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de PEDRO LOPES LUCAS DE AMORIM, intitulada **Viabilidade de sistema de compostagem descentralizada em São José dos Campos/SP**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. RICARDO GABBAY DE SOUZA (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Engenharia Ambiental / Instituto de Ciência e Tecnologia - Câmpus de São José dos Campos - UNESP, Prof. Dr. RAPHAEL TOBIAS DE VASCONCELOS BARROS (Participação Virtual) do(a) Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental / UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, Prof. Dr. GERMANO GÜTTLER (Participação Virtual) do(a) Agronomia / Universidade do Estado de Santa Catarina. Após a exposição pelo mestrando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final: _____ **APROVADO** _____. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.



Prof. Dr. RICARDO GABBAY DE SOUZA

PROPOSTA DE ALTERAÇÃO DO TÍTULO

A COMISSÃO EXAMINADORA PROPÕE A ALTERAÇÃO DO TÍTULO DO TRABALHO DO ALUNO: **PEDRO LOPES LUCAS DE AMORIM**

DE: "VIABILIDADE DE SISTEMA DE COMPOSTAGEM DESCENTRALIZADA EM SÃO JOSÉ DOS CAMPOS/SP"

PARA:

VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA COMPOSTAGEM DESCENTRALIZADA DE RESÍDUOS DE FEIRAS: CASO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

Bauru, 04 de agosto de 2021.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Ricardo Gabbay De Souza", enclosed within a large, loopy oval stroke.

Prof. Dr. Ricardo Gabbay De Souza
Orientador

Resumo

A fração orgânica representa uma porção significativa dos resíduos sólidos urbanos, e no Brasil a maioria desta é destinada para aterros. O uso de alternativas para tratamento como a compostagem pode fornecer benefícios ambientais, visto que valorizam o uso dos resíduos orgânicos para aplicações como a adubação do solo. A compostagem pode ser feita em diversas escalas, e, quando feita de maneira descentralizada, fornece um tratamento mais simples e próximo das fontes geradoras. Dentre as aplicações da compostagem descentralizada, as feiras urbanas representam uma fonte de resíduos que em geral contém elevada quantia de resíduos orgânicos e poucas impurezas, porém ainda é escassa a quantidade de estudos que abordam a viabilidade de seu tratamento, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico. Esta dissertação propõe analisar a viabilidade técnica e econômica da implantação de um modelo de compostagem de baixo custo em escala piloto para tratamento descentralizado de resíduos orgânicos de feiras urbanas no município de São José dos Campos, Brasil. Através da montagem e monitoramento do piloto foi observado que mesmo o modelo na configuração mais simples proposta possui potencial para tratamento destes resíduos, pois produziu compostos com parâmetros adequados de relação C/N final e coliformes termotolerantes, transformando a massa de resíduos inicial para aproximadamente 1/3 de composto dentro de um período de 2 meses. Pela análise econômica, concluiu-se que para a viabilidade dos cenários propostos é necessária compatibilização de alguns recursos já existentes. Porém, nas situações com menos requisitos a compostagem descentralizada pode ser mais interessante do que a manutenção da destinação para aterro, podendo arrecadar entre R\$ 284,11 e R\$ 41.492,01 até o fim do período considerado, enquanto que com a manutenção do aterramento haveria apenas despesas.

Palavras-chave: resíduos urbanos, resíduos orgânicos, compostagem descentralizada, feiras urbanas, aeração passiva, inoculante biológico, avaliação de desempenho, viabilidade econômica.

Abstract

The organic fraction represents a significant portion of urban solid waste, and in Brazil most of this is destined to landfills. The use of treatment alternatives such as composting provide environmental benefits, as they value the use of organic waste for applications such as soil fertilization. Composting can be done at different scales, and when done in a decentralized way can provide a simpler treatment closer to the generating sources. Among the applications of decentralized composting, street markets represent a source of waste that generally contains a high amount of organic waste and few impurities, but the number of studies that address the feasibility of its treatment is still scarce, both from a technical and an economic point of view. This dissertation proposes to analyze the technical and economic feasibility of implementing a pilot-scale low-cost composting model for decentralized treatment of organic waste from street markets in the city of São José dos Campos, Brazil. The assembly and monitoring of the pilot, concluded that even the model in the simplest configuration proposed has potential to treat these wastes, as it produced composts with adequate parameters of final C/N ratio and thermotolerant coliforms, transforming the initial waste mass to approximately 1/3 of compost within a 2 month period. The economic analysis concluded that for the viability of the proposed scenarios it is necessary to share some existing resources. However, in situations with fewer requirements, decentralized composting can be more interesting than maintaining the destination to landfill, which can collect between R\$ 284,11 and R\$ 41.492,01 by the end of the period considered, while with landfill there would be only expenses.

Keywords: urban waste, organic waste, decentralized composting, street markets, passive aeration, biological inoculant, performance evaluation, economic viability.

Índice de Figuras

Figura 1 – Exemplo de produtos alimentícios comercializados na feira da Vila Ema.....	7
Figura 2 – Caracterização gravimétrica da feira da Vila Ema na ETRS pela URBAM.....	8
Figura 3 – Esquema de aeração passiva nas composteiras montadas no estudo. Foram testadas configurações sem tubos, com tubo central apenas (a), e com tubos auxiliares além do tubo central (b).....	10
Figura 4 – Espaço no Parque da Cidade utilizado para o projeto de compostagem.....	12
Figura 5 – Contêineres para coleta manual dos resíduos orgânicos e registros da diversidade de resíduos coletados.....	13
Figura 6 – Termômetros adaptados com hastes para medição da temperatura nas composteiras.	14
Figura 7 – Fluxograma da análise estatística utilizada.	16
Figura 8 – Comparação da aparência da mistura inicial (13/11/2020) e do composto final (14/01/2021).	19
Figura 9 – Comparação dos perfis de temperatura entre tratamentos na 1ª rodada.....	21
Figura 10 – Comparação dos perfis de temperatura entre tratamentos na 2ª rodada.....	22
Figura 11 – Comparativo entre a divisão do município por regiões (esq.) e por setores (dir.) (PMSJC, 2017).	34
Figura 12 – Localização das 9 feiras que geram menos de 1.440 L de RSU por semana, e dos Parques Urbanos (com raio de 1 km).....	38
Figura 13 – Localização das 22 feiras que geram até 2880 L de RSU por semana	39
Figura 14 – Cenários analisados para as diferentes situações de despesas e receitas	41
Figura 15 – Alimentação das composteiras até estabilização do composto final.....	44
Figura 16 – Representação da área ocupada por um componto com 10 composteiras	45

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Características dos tratamentos das rodadas de compostagem realizadas.....	11
Tabela 2 – Balanço de massa nas composteiras.	18
Tabela 3 – Relação C/N conforme o tempo (em dias) de compostagem.	23
Tabela 4 – População e geração per capita dos resíduos da coleta comum (URBAM, 2018b).....	33
Tabela 5 – Detalhamento das feiras consideradas no cenário 2FC	45
Tabela 6 – Detalhamento das feiras consideradas no cenário 9FC	46
Tabela 7 – Detalhamento das feiras consideradas no cenário 22FC	47
Tabela 8 – Pesos (t/ano) e emissões de GEE (tCO ₂ e/ano) do aterro e da compostagem em cada cenário proposto.	48
Tabela 9 – Deslocamento evitado na coleta comum (km/mês) devido à implantação da compostagem em cada cenário.	48
Tabela 10 – Deslocamentos (km/ano) e emissões (tCO ₂ e/ano) da coleta comum e da compostagem para cada cenário.	49
Tabela 11 – Emissões de GEE (tCO ₂ e/ano) de cada cenário proposto.....	49
Tabela 12 – Despesas com equipamentos por componto (EQP_{fixos})	51
Tabela 13 – Despesas com paletes para montagem das composteiras (PLT).	51
Tabela 14 – Despesas com equipamentos que podem ser compartilhados entre compontos (EQP_{part})	52
Tabela 15 – Despesas com o veículo da coleta segregada nas feiras (VUC).	52
Tabela 16 – Despesas com infraestrutura (IE).....	53
Tabela 17 – Despesas mensais de produção por componto (PROD)	53
Tabela 18 – Despesas com análises laboratoriais para controle de qualidade da compostagem (LAB).	54
Tabela 19 – Despesas mensais com equipamentos de proteção individual (EPI).....	55
Tabela 20 – Receitas com custos evitados nas operações de aterro (At) e coleta comum (CC) dos RSU.....	55
Tabela 21 – Resumo das despesas e receitas para o cenário 2FC	56
Tabela 22 – Resumo das despesas e receitas para o cenário 9FC	56
Tabela 23 – Resumo das despesas e receitas para o cenário 22FC	57
Tabela 24 – Custos de instalação e operação para cada cenário em cada situação	57

Tabela 25 – Tempo de retorno (em anos) de cada cenário em cada situação.....	58
Tabela 26 – Potencial de arrecadação em cada cenário viável no período de interesse.....	60
Tabela 27 - Custo de destinação hipotético dos resíduos urbanos (R\$/t) para viabilizar a proposta de compostagem em cada situação de cada cenário	61

Sumário

RESUMO.....	V
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS.....	2
2.1 OBJETIVO GERAL.....	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3 PRIMEIRO ARTIGO	4
3.1 INTRODUÇÃO	4
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	5
3.2.1 Caracterização da área de estudo.....	5
3.2.2 Caracterização dos resíduos gerados nas feiras livres	6
3.2.3 Seleção do método de compostagem	8
3.2.4 Coleta dos resíduos e montagem do piloto.....	11
3.2.5 Monitoramento dos parâmetros operacionais.....	14
3.2.6 Análise estatística dos dados	15
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
3.3.1 Gravimetria e relação C/N inicial.....	16
3.3.2 Balanço de massa e aparência do composto final.....	17
3.3.3 Temperatura nas composteiras.....	20
3.3.4 Relação C/N final	23
3.3.5 Coliformes termotolerantes	24
3.4 CONCLUSÕES	25
4 SEGUNDO ARTIGO	26
4.1 INTRODUÇÃO	26
4.2 METODOLOGIA	29
4.2.1 Caracterização do município de estudo	29
4.2.2 Dimensionamento da unidade de compostagem.....	30
4.2.3 Coleta de dados para estimativa dos impactos ambientais	31
4.2.4 Coleta de dados para estimativa de custos de instalação dos componentes.....	35
4.2.5 Coleta de dados para estimativa de custos de operação dos componentes	36
4.2.6 Descrição e análise econômica dos cenários propostos	37
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.3.1 Dimensionamento do componente	43
4.3.2 Dados dos cenários	45

4.3.3	<i>Estimativa dos impactos ambientais com emissões</i>	<i>48</i>
4.3.4	<i>Viabilidade econômica dos cenários</i>	<i>51</i>
4.3.5	<i>Tempo de retorno para cada cenário</i>	<i>58</i>
5	CONCLUSÕES	62
6	REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

No Brasil é estimada a geração total de 79,0 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, sendo 45,3% destes resíduos orgânicos, como os restos de alimentos domésticos, por exemplo. O destino mais comum para os resíduos orgânicos urbanos é o aterramento, porém há alternativas ambientalmente mais sustentáveis, como a compostagem, que buscam reinserir os resíduos orgânicos como matéria prima para novas finalidades (ABRELPE, 2020).

O processo de compostagem consiste na decomposição dos resíduos orgânicos em formas mais simples pela ação de microrganismos em condições aeróbias, gerando como produto principal um material sólido chamado de composto orgânico, que pode ser utilizado para adubação do solo e demais produtos agrícolas (SMA, 2014). A compostagem pode ser feita em uma variedade de técnicas e escalas, sendo uma das alternativas os sistemas de compostagem descentralizada, que focam no tratamento dos resíduos orgânicos próximo à fonte geradora, e nos centros urbanos pode ser aplicada em escolas, restaurantes, feiras, entre outros (Siqueira, 2014; Pai *et al.*, 2019; Lu *et al.*, 2020).

Apesar de haver diversos focos de pesquisa na literatura sobre compostagem, ainda é incipiente a quantidade de publicações que abordam o potencial da compostagem descentralizada para tratamento dos resíduos orgânicos de fontes como as feiras urbanas (Brito, 2008; Nord, 2012; Souza *et al.*, 2019; Galvão, 2019). Outro ponto ainda pouco explorado é a viabilidade econômica desses sistemas de compostagem descentralizada, sendo informação relevante para prover referências dos requisitos, custos e benefícios desse tipo de alternativa (Fehr, 2009; Bortolotti *et al.*, 2018; Zhou *et al.*, 2020).

Dentro das possibilidades de aplicação da compostagem descentralizada, as feiras urbanas representam uma fonte de resíduos que em geral contém elevada quantidade de resíduos orgânicos e poucas impurezas (Brito, 2008; Nord, 2012; Galvão, 2019; Souza *et al.*, 2019). Os estudos que consideram o aspecto econômico da compostagem de resíduos de feira ainda são escassos, havendo uma lacuna de referências com foco em demonstrar a viabilidade econômica da instalação e operação desses sistemas, sobretudo na literatura nacional (Yenneti & Gamaralalage, 2012; Lim *et al.*, 2019; Leow *et al.*, 2020; Slomski *et al.*, 2020).

Assim, a dissertação foi estruturada na forma de 2 artigos, sendo que o primeiro teve como foco a montagem e avaliação do desempenho (viabilidade técnica) de um

modelo de compostagem de baixo custo proposto para as feiras urbanas, e o segundo a análise da viabilidade econômica de implantação desse modelo em cenários contemplando diferentes quantidades de resíduos orgânicos de feiras no município.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Esta dissertação teve como objetivo geral analisar a viabilidade técnica e econômica de implantação de um modelo de compostagem descentralizada para os resíduos orgânicos das feiras urbanas no município de São José dos Campos/SP.

2.2 Objetivos Específicos

O primeiro artigo possui os seguintes objetivos específicos:

- Obter informações sobre a geração e a composição das feiras na área de estudo;
- Montar unidades de compostagem em escala piloto pelo modelo selecionado de baixo custo, testando diferentes condições de compostagem pela variação de parâmetros como aeração passiva, microrganismos atuantes e quantidade de material estruturante;
- Monitorar os parâmetros de qualidade do processo e dos produtos finais;
- Comparar o desempenho das diferentes condições de compostagem testadas;
- Indicar quais condições testadas possuem viabilidade de aplicação para as feiras.

O segundo artigo possui os seguintes objetivos específicos:

- Estimar os impactos ambientais da destinação convencional dos resíduos sólidos urbanos no município de estudo, e os impactos ambientais considerando a destinação em cenários que incluam a implantação de unidades de compostagem de baixo custo;

- Estimar os custos de instalação e operação desses cenários considerando diferentes níveis de requisitos;
- Avaliar o tempo de retorno para que cada cenário seja economicamente viável dentro do período de interesse.
- Indicar quais cenários possuem viabilidade econômica e quais os investimentos e benefícios que estes podem gerar em comparação com a manutenção da destinação convencional em aterro.

5 CONCLUSÕES

O presente estudo analisou a viabilidade econômica da implantação de compostagem descentralizada de baixo custo como destinação alternativa para os resíduos orgânicos de feiras do município brasileiro de São José dos Campos/SP. Foram considerados diferentes níveis de despesas e receitas para avaliar a sustentabilidade econômica de cada cenário dentro de um tempo de retorno desejado de 10 anos.

A análise dos impactos ambientais da destinação dos resíduos orgânicos indicou que o cenário atual (CTA, focado em aterramento) possui emissões de GEE de 30.636 tCO₂e/ano, o que equivale a um desperdício anual de R\$ 1,46 milhões com emissões. Os resultados indicaram que, mesmo de forma modesta, os cenários propostos de compostagem de baixo custo podem colaborar para a redução das emissões do município, por usarem uma alternativa de menor impacto ambiental do que o aterro.

Sobre a análise econômica, apenas as situações com menos requisito (S5 e S6) apresentaram viabilidade econômica dentro do tempo de retorno de 10 anos, indicando que seria necessário um investimento com a instalação de compostos entre R\$ 11.411,00 (9FC em S6, tratando 5,23 t/mês) e R\$ 35.105,00 (22FC em S5, tratando 20,19 t/mês). Para essas situações, o potencial de arrecadação já descontando os custos operacionais seria entre R\$ 284,11 (9FC em S6) e R\$ 41.492,01 (22FC em S6), enquanto que com a manutenção do aterramento haveria apenas despesas.

O estudo fornece uma contribuição à gestão de resíduos no município, apresentando os requisitos e benefícios da implantação de uma alternativa mais sustentável para a destinação dos resíduos orgânicos das feiras livres. A compostagem feita de forma descentralizada pode ainda apresentar vantagens em relação a variáveis não exploradas

neste estudo, de modo que os cenários propostos podem ser ainda mais atrativos, a depender das oportunidades identificadas pelos interessados.

6 REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 10.004: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020. São Paulo, 2020.

Adhikari, B.K., Trémier, A., Martinez, J., Barrington, S. Home and community composting for on-site treatment of urban organic waste: perspective for Europe and Canada. *Waste Management & Research*. 2010.

Amorim, P.L.L., Souza, R.G., Sales, I.J.S. Avaliação de compostagem descentralizada de baixo custo para resíduos orgânicos de feiras urbanas. Working paper. 2021.

APHA – American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 2017.

ASTM – American Society for Testing and Materials. D5231-92 Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste. 2008.

Ayres, M., Ayres, D.L., Santos, A.A.S. BioEstat – aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas. Belém, 2007.

BCB – Banco Central do Brasil. Consulta de cotações e boletins – consulta dólar dos EUA entre 31/07/2021 e 31/08/2021. Disponível em: < https://www.bcb.gov.br/estabilidade_financeira/historicocotacoes>. Acessado em abril/2021.

Blair, A., Hollands, G., McIntosh, K., MacDonald, A., Mehta, B., Umali, H., Pagsuyoin, S. Alternative management of organic waste in Chatam-Kent, Ontario, Canada. Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS). 2014.

Bortolotti, A., Kampelmann, S. Muynck, S. Decentralised Organic Resource Treatments e Classification and comparison through Extended Material Flow Analysis. *Journal of Cleaner Production*. 2018.

Borba, S.M.P. Análise de modelos de geração de gases em aterros sanitários: Estudo de caso. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2006.

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. Brasília, 2010.

Bringhenti, J.R., Barreto, G.A.R., Gunther, W.M.R., Korres, A.M.N. Avaliação de sustentabilidade aplicada a iniciativas de compostagem e vermicompostagem de resíduos orgânicos: Estudo de caso em instituições de ensino superior. Congresso ABES/FENASAN. 2017.

Brito, M.J.C. Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial de utilização do composto como substrato. Universidade de Tiradentes. Aracaju, 2008.

Cekmecelioglu, D., Demirci, A., Graves, R.E., Davitt, N.H. Optimization of windrow food waste composting to inactivate pathogenic microorganisms. American Society of Agricultural and Biological Engineers. 2005.

Chen, Y. A cost analysis of food waste composting in Taiwan. Sustainability. 2016.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Quadro de fabricantes de veículos. 2012.

DNV – Det Norske Veritas Certification Ltd. Relatório de validação “URBAM/Arauna/ – projeto de gás de aterro sanitário (UAPGAS)” no Brasil. Relatório nº 2007-0086, Revisão nº 01. 2007.

Falahi, M., Avami, A. Optimization of the municipal solid waste management system using a hybrid life cycle assessment–emergy approach in Tehran. Journal of Material Cycles and Waste Management. 2020.

Faverial, J., Sierra, J. Home composting of household biodegradable wastes under the tropical conditions of Guadeloupe (French Antilles). Journal of Cleaner Production. 2014.

Fehr, M. Measuring the environmental impact of waste flow management in Brazilian apartment buildings. Environment Development and Sustainability. 2009.

Ferreira, C.A., Silva, H.D., Andrade, G.C., Magalhães, W.L.E. Módulo para compostagem rápida de resíduos orgânicos na pequena propriedade. Embrapa Florestas. 2005.

Galvão, R.G. Compostagem em áreas urbanas: lições aprendidas no projeto feiras e jardins sustentáveis da Lapa, São Paulo – SP, Brasil. Universidade Nove de Julho. São Paulo, 2019.

Gaspas. São José dos Campos – Preço dos combustíveis. Disponível em: < <https://precodoscombustiveis.com.br/pt-br/city/brasil/sao-paulo/sao-jose-dos-campos/3825> >. Acessado em agosto de 2021.

Gomes, L.P., Kohl, C.A., Souza, C.L.L., Rempel, N., Miranda, L.A.S., Moraes, C.A.M. Avaliação ambiental de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos precedidos ou não por unidades de compostagem. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2015.

Grosso, M., Nava, C., Testori, R., Rigamonti, L., Viganò, F. The implementation of anaerobic digestion of food waste in a highly populated urban area: an LCA evaluation. Waste Management & Research. 2012.

Guermandi, J. I. Avaliação dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos dos fertilizantes orgânicos produzidos pelas técnicas de compostagem e vermicompostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos coletada em estabelecimentos alimentícios de São Carlos/SP. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2020. Disponível em: <https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2020/POP2020_20210331.pdf>. Acesso em junho/2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Panorama do município de São José dos Campos. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-jose-dos-campos/panorama>>. Acessado em abril/2021.

Inácio, C. T., Miller, P. R. M. Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos. Embrapa solos. Rio de Janeiro, 2009.

IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5, Chapter 3: Solid Waste Disposal. 2006.

Jensen, M.B., Moller, J., Scheutz, C. Comparison of the organic waste management systems in the Danish–German border region using life cycle assessment (LCA). Waste Management. 2016.

Keng, Z.X., Chong, S., Ng, C.G., Ridzuan, N.I., Hanson, S., Pan, G., Lau, P.L., Supramaniam, C.V., Singh, A., Chin, C.F., Lam, H.L. Community-scale composting for food waste: A life-cycle assessmentsupported case study. Journal of Cleaner Production. 2020.

Kinuthia, P.K. Urban solid waste management system using Geographic Information Systems (GIS): A case study of Kayole – Soweto, Nairobi. University of Nairobi. 2005.

Kuroda, Y.B.S.M., Matsumoto, M.Y.N. Feasibility study of a passive aeration reactor equipped with vertical pipes for compost stabilization of cow manure. Waste Management & Research. 2006.

- Leow, C. W. Bong, C.P., Chua, L.S., Muhamad, I.I, Lee, C.T., Li, C., Klemes, J.J. Feasibility study of composting and anaerobic digestion plant at community scale in Malaysia. *Waste and Biomass Valorization*. 2019.
- Liikanen, M., Havukainen, J., Viana, E., Horttanainen, M. Steps towards more environmentally sustainable municipal solid waste management e A life cycle assessment study of São Paulo, Brazil. *Journal of Cleaner Production*. 2018.
- Lim, L.Y., Lee, C.T., Bong, C.P., Lim, J.S., Klemes, J.J. Environmental and economic feasibility of an integrated community composting plant and organic farm in Malaysia. *Journal of Environmental Management*. 2019.
- Lima Junior, R.G.S., Mahler, C.F., Dias, A.C., Luz Junior, W.F. Avaliação de novas práticas de compostagem em pequena escala com aproveitamento energético. *Engenharia Ambiental e Sanitária*. 2017.
- Liu, G., Hao, Y., Dong, L., Yang, Z., Zhang, Y., Ulgiati, S. An emergy-LCA analysis of municipal solid waste management. *Resources, Conservation and Recycling*. 2017.
- Lu, H.R., Qu, X., Hanandeh, A.E. Towards a better environment - the municipal organic waste management in Brisbane: Environmental life cycle and cost perspective. *Journal of Cleaner Production*. 2020.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa SDA nº 27, 05 de junho de 2006, que se refere às concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas para produção, importação ou comercialização de fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes. Brasília, 2006.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa SDA nº 25, 23 de junho de 2009, que trata sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. Brasília, 2009.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos. Brasília, 2017.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 61, de 8 de julho de 2020. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura. Brasília, 2020.

Matos, V.N., Santos, J.O., Marinho, M.M.O., Andrade, J.C.S. Quantificação de emissões de gases de efeito estufa no transporte de resíduos: Estudo de caso da UFBA. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)*. 2017.

McNeese, B. Bartlett's Test for Equality of Variances. BPI Consulting, 2009. Disponível em: < <https://www.spcforexcel.com/knowledge/comparing-processes/bartletts-test-for-equality-variances> >.

McLeod, C.A., Terazawa, M., Yamamura, E. Using Geographical Information Systems to Evaluate Decentralized Management of Municipal Food Waste. *Compost Science & Utilization*. 1997.

Mersoni, C., Reichert, G.A. Comparação de cenários de tratamento de resíduos sólidos urbanos por meio da técnica da Avaliação do Ciclo de Vida: o caso do município de Garibaldi, RS. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. 2017.

Minitab. Replicações e repetições em experimentos planejados. Disponível em: <<https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/doe/supporting-topics/basics/replicates-and-repeats-in-designed-experiments/>>. Acessado em agosto/2020.

Nair, J., Okamitsu, K. Microbial inoculants for small scale composting of putrescible kitchen wastes. *Waste Management*. 2010.

Nord, E. Qualidade química na compostagem de alguns resíduos urbanos com inoculação biológica. Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2012.

Oliveira, L.S.B.L., Oliveira, D.S.B.L., Bezerra, B.S., Pereira, B.S., Battistelle, R.A.G. Environmental analysis of organic waste treatment focusing on composting scenarios. *Journal of Cleaner Production*. 2017.

Ogunwande, G.A., Osunade, J.A. Passive aeration composting of chicken litter: Effects of aeration pipe orientation and perforation size on losses of compost elements. *Journal of Environmental Management*. 2011.

Padmi, T., Dewiandratika, M., Damanhuri, E. An environmental and economic comparison of fruit and vegetable waste treatment in the traditional markets. *International Journal of GEOMATE*. 2018.

Paes, M.X., Medeiros, G.A., Mancini, S.D., Gasol, C., Pons, J.R., Durany, X.G. Transition towards eco-efficiency in municipal solid waste management to reduce GHG emissions: The case of Brazil. *Journal of Cleaner Production*. 2020.

Pai, S., Ai, N., Zheng, J. Decentralized community composting feasibility analysis for residential food waste: A Chicago case study. *Sustainable Cities and Society*. 2019.

Pereira, F.M.R. Encargos sociais e custos do trabalho: Uma análise comparativa entre o Brasil e os Estados Unidos. Diferenças na legislação e os impactos na economia. Universidade de Brasília. 2017.

Pires, A.B. Análise de Viabilidade Econômica de um Sistema de Compostagem Acelerada para Resíduos Sólidos Urbanos. Universidade de Passo Fundo. 2011.

PMSJC - Prefeitura Municipal de São José dos Campos. Pregão presencial nº 002/2017, para prestação de serviços de coleta regular e transporte de resíduos sólidos domiciliar/público no município de São José dos Campos. São José dos Campos, 2017.

PMSJC - Prefeitura Municipal de São José dos Campos. Feiras. Disponível em: <<https://www.sjc.sp.gov.br/servicos/inovacao-e-desenvolvimento-economico/turismo/feiras/>>. Acesso em dezembro de 2020.

PMSJC – Prefeitura de São José dos Campos. São José em dados. Disponível em: <<https://www.sjc.sp.gov.br/servicos/governanca/sao-jose-em-dados/>>. Acesso em junho de 2021.

Razali, N.M., Wah, Y.B. Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*. 2011.

Sabki M.H., Lee C.T., Bong C.P.C., Klemes J.J. A review on the economic feasibility of composting for organic waste management in asian countries. *Chemical Engineering Transactions*. 2018.

Silva, A.S.F. Avaliação do processo de compostagem com diferentes proporções de resíduos de limpeza urbana e restos de alimentos. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2016.

SIMA – Secretaria de Estado de Infraestrutura e Meio Ambiente. Resolução SIMA nº 69 de 08 de setembro de 2020. Dispõe sobre a dispensa de licenciamento ambiental das atividades de compostagem e vermicompostagem de resíduos orgânicos compostáveis de baixo impacto ambiental, sob condições determinadas. São Paulo, 2020.

Siqueira, T.M.O. Compostagem de resíduos sólidos urbanos no Estado de São Paulo. Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. São Carlos, 2014.

SIURB – Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras de São Paulo. Tabelas de custos sem desoneração para Infraestrutura Urbana. Disponível em:

<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/tabelas_de_custos/index.php?p=310197>. Acessado em dezembro de 2020.

Slomski, V.G., Lima, I.C.S., Slomski, V., Slavov, T. Pathways to urban sustainability: An investigation of the economic potential of untreated household solid waste (HSW) in the city of São Paulo. Sustainability. 2020.

SMA – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Plano de resíduos sólidos do estado de São Paulo. São Paulo, 2014.

Souza, L.A., Carmo, D.F., Silva, F.C. Uso de microrganismos eficazes em compostagem de resíduos sólidos orgânicos de feira e restaurante. Rio de Janeiro, 2019.

Swagemakers, P., Garcia, M.D.D., Wiskerke, J.S.C. Socially-Inclusive Development and Value Creation: How a Composting Project in Galicia (Spain) ‘Hit the Rocks’. Sustainability. 2018.

Timm, L.L. Sistemas Referenciais de Custos Rodoviários Federais: evolução histórica e métodos de reajuste. Universidade de Brasília. Brasília, 2018.

Tonini, D., Wandl, A., Meister, K., Unceta, P.M., Taelman, S.E., Sanjuan-Delmás, D., Dewulf, J., Huygens, D. Quantitative sustainability assessment of household food waste management in the Amsterdam Metropolitan Area. Resources, Conservation & Recycling. 2020.

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change. Methodological tool. TOOL04: Emissions from solid waste disposal sites. Version 08.0. 2015.

URBAM – Urbanizadora Municipal. Edital de concurso público n.º 07/18. Concurso público para o cargo de Auxiliar de serviços gerais. 2018a.

URBAM – Urbanizadora Municipal. Estudo de Caracterização Gravimétrica São José dos Campos – SP. 2018b.

URBAM – Urbanizadora Municipal. Questionário de transição 2020. Disponível em: <<https://www.sjc.sp.gov.br/transicao/URBAM/AAA%20-20Question%C3%A1rio%20Final%20Transi%C3%A7%C3%A3o%202020.pdf>>. Acessado em abril de 2021.

Vásquez, M.A., Sen, R., Soto, M. Physico-chemical and biological characteristics of compost from decentralised composting programmes. Bioresource Technology. 2015.

Vaz, L.M.S., Costa, B.N., Gusmão, O.S., Azevedo, L.S. Diagnóstico dos resíduos sólidos produzidos em uma feira livre: o caso da feira do Tomba. Sitientibus. Feira de Santana, 2003.

Wichuk, K.M., McCartney, D. A review of the effectiveness of current time-temperature regulations on pathogen inactivation during composting. *Journal of Environmental Engineering and Science*. 2007.

Yenneti, K.; Gamaralalage, P.J.D. Carbon Finance and Decentralized Composting in Asia: Potential and Future Considerations. *Environment and Urbanization Asia*. 2012.

Zhou, H., Meng, A., Long, Y., Li, Q., Zhang, Y. Classification and comparison of municipal solid waste based on thermochemical characteristics. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 2014.