



**Universidade de São Paulo**  
**Faculdade de Saúde Pública**



**Avaliação do Potencial de Valorização dos Resíduos**  
**Orgânicos da Cidade de São Roque-SP**

**Rodrigo Santos de Souza**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, da Faculdade de Saúde Pública, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Ambiente, Saúde e Sustentabilidade

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Ednilson Viana

**SÃO PAULO**

**2023**

# **Avaliação do Potencial de Valorização dos Resíduos Orgânicos da Cidade de São Roque - SP**

**Rodrigo Santos de Souza**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, da Faculdade de Saúde Pública, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Ambiente, Saúde e Sustentabilidade

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Ednilson Viana

**Versão corrigida**

**SÃO PAULO**

**2023**

**Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.**

Catálogo da Publicação

Ficha elaborada pelo Sistema de Geração Automática a partir de dados fornecidos pelo(a) autor(a)  
Bibliotecária da FSP/USP: Maria do Carmo Alvarez - CRB-8/4359

Santos de Souza, Rodrigo  
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS  
ORGÂNICOS DA CIDADE DE SÃO ROQUE-SP / Rodrigo Santos de  
Souza; orientador Ednilson Viana. -- São Paulo, 2023.  
110 p.

Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Saúde Pública da  
Universidade de São Paulo, 2023.

1. Limpeza urbana. 2. Valorização de resíduos. 3.  
Otimização. 4. Resíduos orgânicos. 5. Feira livre. I. Viana,  
Ednilson, orient. II. Título.

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Santos de Souza, R. **Avaliação do Potencial de Valorização dos Resíduos Orgânicos da Cidade de São Roque - SP**. 2023. Dissertação (Mestrado Profissional em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

Aprovado em: 25 de maio de 2023.

### Banca Examinadora

Prof. Dr. Ednilson Viana (Presidente)

Instituição: Escola de Artes, Ciências e Humanidades – EACH/USP

Julgamento: Aprovado

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ligia Cristina Gonçalves de Siqueira

Instituição: CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

Julgamento: Aprovado

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Claudete Bezerra dos Santos Canada

Instituição: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Naturais - Prefeitura de Poá - SP

Julgamento: Aprovado

## AGRADECIMENTOS

À Deus, Jesus Cristo e Nossa Senhora, por permitir mais esta conquista.

À Faculdade de Saúde Pública (FSP) da Universidade de São Paulo (USP) pela oportunidade de ingresso neste curso.

Ao meu orientador Prof<sup>o</sup>. Dr. Ednilson Viana, pela amizade, oportunidade concedida, a confiança, o entusiasmo, a perseverança e ensinamentos valiosos na construção deste Mestrado Profissional em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade.

Ao amigo Prof<sup>o</sup>. Me. Fabrício Dorado Soler, pela amizade, confiança, apoio e aprendizados valiosos.

A Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ligia Cristina Gonçalves de Siqueira e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Claudete Canada, pelo apoio e incentivo, que tanto contribuíram para o meu crescimento profissional e humano e pela participação na banca examinadora e sugestões valiosas.

Aos meus pais Sebastião e Josefa e ao meu irmão Rafael e sua família que apesar da distância foram sempre importantes para mais essa conquista. Minhas tias Cida e Zefa pelo acolhimento desde o início.

*In memoriam* da minha tia Darci, meu sobrinho Rafael, minha amiga Dona Vanilda, minha amiga Eliza Akemi, meu amigo Vá, minha amiga Lúcia e Tiago funcionário da empresa.

A todos os familiares e amigos, que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e que dividem comigo esta conquista.

Aos amigos e conselheiros Prof<sup>o</sup>. Me. Ezequiel Santos Silva, Prof<sup>o</sup>. Me. Fabiano Fernandes Toffoli, Prof<sup>o</sup>. Dr. Marcelo Teixeira, Prof<sup>o</sup>. Dr. Fabrício Reis, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Silvia Almeida, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Eliane Cruz e Prof<sup>o</sup>. Me. Germano Güttler, pelas orientações, apoio e incentivo. Muito obrigado pelos conselhos, apoio e amizade.

Aos amigos Cristina, Felipe e Robson, pelo suporte e incentivo, meus sinceros agradecimentos. Aos funcionários da firma que deram um suporte durante a construção desse trabalho.

Aos Professores do Curso de Mestrado Profissional em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, Prof<sup>o</sup>. Dr. Arlindo e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Wanda Maria Risso, por contribuírem para a minha formação profissional e pessoal.

Aos amigos do Curso de Mestrado Profissional em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, Mariana, Paulo, Rodrigo, André, Danyela, Adriana, Natália e Kenzo pela ajuda em todos os momentos.

A todos que, no decorrer do curso, contribuíram de alguma forma, para a realização deste trabalho (funcionários, alunos e professores), cujos nomes não citei, agradeço por toda a ajuda.

## RESUMO

Santos de Souza, R. **Avaliação do Potencial de Valorização dos Resíduos Orgânicos da Cidade de São Roque - SP**. 2023. Dissertação (Mestrado Profissional em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

Dentre os serviços de limpeza pública destaca-se a grande quantidade de resíduos orgânicos (resíduos verdes e de feira livre) resultantes da manutenção e conservação de áreas verdes e da arborização urbana como galhos, gravetos, troncos, cascas, folhas, aparas de capina e roçada de áreas públicas, assim como aqueles provenientes das sobras de feiras livres como frutas, legumes, verduras além de carcaças de peixes, moluscos e crustáceos. Estes resíduos representam uma biomassa preciosa e de composição variada, que podem ter uma destinação mais nobre ao invés de gerar altos custos e ocupar espaço nos sistemas de disposição final dos municípios. A solução para esse problema pode ser um conjunto variado de alternativas de valorização, que merecem um estudo na área. Nesse contexto, o presente estudo teve por objetivo caracterizar e apontar os caminhos de valorização dos resíduos orgânicos no município de São Roque - SP.

Para tanto, foi feita a seleção de áreas para coleta dos resíduos verdes e de feira livre gerados *in situ*. A intenção foi caracterizar estes resíduos para buscar a solução mais adequada de valorização. Além disso, foi feita uma busca em literatura para apoiar nesta etapa de encontro dos melhores recursos tecnológicos e obter uma resposta sustentável.

Os resultados obtidos sustentam uma reflexão do atual panorama dos resíduos orgânicos, sua geração e tratamento, assim como o compromisso em relação à sua destinação e valorização. Portanto, com um desfecho satisfatório, a compostagem por leiras estáticas aeradas demonstrou possuir um desenvolvimento que atende melhor às atuais necessidades da cidade em relação às outras tecnologias estudadas. Com características e controles necessários para a produção de um composto de qualidade, dentro dos padrões exigidos por lei e nas condições de tempo e área demandadas pelo município de São Roque - SP, sendo uma solução viável para vencer esse desafio na gestão dos RSU localmente e assim contribuir na edificação de cidades mais sustentáveis pelo Brasil.

**Palavras-chave:** Compostagem, Resíduos Verdes, Resíduos Orgânicos, Feira Livre, Valorização de Resíduos e Otimização.

## ABSTRACT

Santos de Souza, R. **Evaluation of the Potential for Valorization of Organic Waste in the City of São Roque – SP.** 2023. Dissertação (Mestrado Profissional em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

Among the public cleaning services, the large amount of organic waste (green waste and free fair waste) resulting from the maintenance and conservation of green areas and urban afforestation stands out, such as branches, sticks, trunks, bark, leaves, weeding and mowing from public areas, as well as those from leftovers from free fairs such as fruits, vegetables, greens, as well as carcasses of fish, molluscs and crustaceans. These residues represent a precious biomass with varied composition, which can have a more noble destination instead of generating high costs and occupying space in the municipal final disposal systems. The solution to this problem can be a varied set of valuation alternatives, which deserve a study in the area. In this context, the present study aimed to characterize and point out the ways of valuing organic waste in the municipality of São Roque - SP.

For this purpose, the selection of areas for the collection of green waste and open-air waste generated in situ was made. The intention was to characterize these residues in order to find the most appropriate recovery solution. In addition, a literature search was carried out to support this step in finding the best technological resources and obtaining a sustainable response.

The results obtained support a reflection on the current panorama of organic waste, its generation and treatment, as well as the commitment in relation to its destination and valorization. Therefore, with a satisfactory outcome, composting using aerated static windrows demonstrated a development that better meets the current needs of the city in relation to the other technologies studied. With characteristics and controls necessary for the production of a quality compost, within the standards required by law and in the conditions of time and area demanded by the municipality of São Roque - SP, being a viable solution to overcome this challenge in the management of MSW locally and thus contribute to the construction of more sustainable cities in Brazil.

**Keywords:** Composting, Green Waste, Organic Waste, Free Market, Waste valuation and optimization.

**LISTA DE ABREVIATURAS / SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ASSEMAE – Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento

BIG BAG – Embalagem Para Transportar Materiais Sólidos ou Pastosos

CADTERC – Estudos Técnicos de Serviços Terceirizados

CEMAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura

CNM – Confederação Nacional dos Municípios

COMPOSTCALC – Planilha Eletrônica ou Procedimento Informatizado que Realiza Cálculos da Proporção de Matérias-Primas Utilizadas Para Processos de Compostagem

DNMET – Instituto Nacional de Meteorologia

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPC – Equipamento de Proteção Coletiva

EPI – Equipamento de Proteção Individual

FLV – Frutas, Legumes e Verduras

FSP – Faculdade de Saúde Pública

GEE – Gases de Efeito de Estufa

HORTIFRUTIGRANJEIRO – Atividades Exercidas Simultaneamente em Hortas, Pomares e Granjas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICSM – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

INSTITUTO PÓLIS – Instituto de Estudos, Formação e Assessoria em Políticas Sociais

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

LEA – Leira estática Aerada

MÉTODO UFSC – Técnica de Compostagem Com Mais de 20 Anos de Pesquisa da UFSC

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MPROASAS – Mestrado Profissional em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade

MSW – Municipal Solid Waste

ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

PMVA – Programa Município Verde Azul

PMSP – Prefeitura Municipal de São Paulo

PMSR – Prefeitura Municipal de São Roque

PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente

PNSB - Plano Nacional de Saneamento Básico

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PVC – Policloreto de Vinila

RFL – Resíduos de Feira Livre

RI – Resíduos inorgânicos

RO – Resíduos Orgânicos

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

RV – Resíduos Verdes

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

TRUCK – Caminhão Trucado ou Pesado

UERN – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

UESC – Universidade Estadual de Santa Cruz

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UFV – Universidade Federal de Viçosa

UNESPAR – Universidade Estadual do Paraná

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

USP – Universidade de São Paulo

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Coleta dos resíduos gerados na roçada e capina entre os dias 19 e 20/04/2022 em quatro pontos distintos para obtenção de uma amostragem aleatória.....	55
<b>Gráfico 2</b> - Perda de volume do resíduo verde armazenado ao longo do tempo.....	58
<b>Gráfico 3</b> - Representatividade de cada ponto na geração de resíduos verdes e inorgânicos.....	62
<b>Gráfico 4</b> - Tempo decorrido para capina e roçada em 10 metros lineares mensurados entre os dias 19 e 20/04/2022, medido durante a execução dos serviços.....	68
<b>Gráfico 5</b> - Tipos de barracas da feira livre de São Roque- SP.....	73
<b>Gráfico 6</b> - Variação dos volumes coletados ao longo do tempo dos resíduos de feira-livre. Coleta e pesagem dos resíduos gerados na feira livre da Avenida Bandeirantes em São Roque - SP entre os meses de maio e junho de 2021.....	75
<b>Gráfico 7</b> - Segregação dos resíduos coletados na feira livre da Avenida Bandeirantes entre o período de maio a junho de 2021. Apresentou as parcelas de resíduos orgânicos e inorgânicos totais. ....	77
<b>Gráfico 8</b> - Segregação das coletas de resíduos de feira livre. ....	79
<b>Gráfico 9</b> - Representatividade das campanhas por coleta realizada.....	80
<b>Gráfico 10</b> - Média mensal da geração dos resíduos coletados em feira-livre durante cinco semanas.	81

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Diagnóstico da gestão municipal de resíduos sólidos no Brasil sobre compostagem. ....	18
<b>Figura 2</b> - Disposição e tratamento de resíduos sólidos em diversos países e continentes, 2011 a 2017. .....	21
<b>Figura 3</b> - Os caminhos da valorização de resíduos orgânicos.....	25
<b>Figura 4</b> - Prolongamento de vida útil de aterro sanitário com uso da compostagem.....	26
<b>Figura 5</b> - Funcionamento de uma leira de compostagem e sua composição C/N para produzir um composto orgânico. ....	30
<b>Figura 6</b> - Planilha eletrônica CompostCalc. ....	31
<b>Figura 7</b> - Montagem de leira utilizando o método UFSC. ....	32
<b>Figura 8</b> - Variação de temperatura na pilha em função do tempo de decomposição.....	33
<b>Figura 9</b> - Infograma, etapas da compostagem de acordo com a PNRS. ....	36
<b>Figura 10</b> - Projeto de implantação de compostagem dos resíduos orgânicos de feira livre.....	38
<b>Figura 11</b> - Mapa dos municípios paulistas com até 100 mil habitantes / Região administrativa. ....	39
<b>Figura 12</b> - Temperaturas e precipitações médias de 30 anos do município de São Roque - SP.....	41
<b>Figura 13</b> - Plano diretor da Estância Turística de São Roque com as Áreas de Interesse Ambiental, Urbanístico e Social. ....	44
<b>Figura 14</b> - Limite do município de São Roque – SP e seus pontos de coleta de RVs. ....	45
<b>Figura 15</b> - Área de extensão da feira livre da Avenida Bandeirantes, São Roque-SP, onde houve as coletas de resíduos resultantes de sua atividade. ....	48
<b>Figura 16</b> - Resíduos verdes, aparas de grama, coletados em 10 metros lineares no U1, após roçagem mecanizada e rastelamento para coleta. E identificação de espécies e pesagem da biomassa coletada.	53
<b>Figura 17</b> - Depósito de resíduo verde gerados em serviços de manutenção e conservação na área de estudo. ....	54
<b>Figura 18</b> - Área do ponto 4 delimitada em 10 metros. E os sacos com os resíduos coletados e identificados. ....	56
<b>Figura 19</b> - Galhadas de árvores derrubadas por ação de chuvas e ventos fortes. ....	59
<b>Figura 20</b> - Resíduos verdes de manutenção e conservação com recolhimento de palhas e remoção de galhos e gravetos, gerados por municípios. ....	59
<b>Figura 21</b> - Descarte irregular de resíduos verdes (pequenos galhos) gerados por municípios.....	60
<b>Figura 22</b> - Área com manejo de roçada mecanizada no ponto 4.....	60
<b>Figura 23</b> - Área delimitada antes e depois de receber a roçada mecanizada.....	61
<b>Figura 24</b> - Coleta de Ris e RVs no ponto 3.....	63
<b>Figura 25</b> - Escadaria, passagem de pedestres entre as ruas próximas do ponto 2.....	63
<b>Figura 26</b> - Pesagem dos resíduos de aparas de grama no big bag, com peso total de 15.300Kg.....	64
<b>Figura 27</b> - Caminhão Volkswagen Delivery 11.180, capacidade de 5.500 Kg utilizado na coleta das aparas de grama de roçada mecanizada.....	65
<b>Figura 28</b> - Resíduos verdes de manutenção e conservação com coleta em trator com reboque feito por moradores de área rural.....	65
<b>Figura 29</b> - Demarcação de área no ponto rural 1. ....	66
<b>Figura 30</b> - Aparas de RVs aguardando a coleta. ....	67
<b>Figura 31</b> - Operador executando manutenção com roçadeira movida a gasolina em área de 10 metros lineares no Morro do Sabó (Ponto 1). ....	67
<b>Figura 32</b> - Comparação entre os três tratamentos utilizando as seguintes técnicas de compostagem: leiras revolvidas, leiras estáticas aeradas e sistema acelerado. ....	85
<b>Figura 33</b> - Viabilidade das tecnologias para valorização. ....	99

## TABELA

<b>Tabela 1</b> - Diagnóstico da gestão municipal de resíduos sólidos urbanos no Brasil. ....	17
<b>Tabela 2</b> - Unidades de processamento de resíduos verdes. ....	28
<b>Tabela 3</b> - Perda de volume ao longo do tempo. Coleta de resíduos verdes oriundos dos serviços de limpeza pública em São Roque em 18/06/2021. Estimativa de produtividade em 10 metros lineares foi de 24,580Kg e em seguida a observação da desidratação da biomassa coletada ao longo de 120 dias	57
<b>Tabela 4</b> - Geocalização da execução dos serviços de manutenção de área verde e de coleta de resíduos de manutenção de áreas verdes. ....	69
<b>Tabela 5</b> - Relação da composição de espécies vegetais identificadas nos pontos de coleta de resíduos verdes. ....	69
<b>Tabela 6</b> - Feiras livres da cidade de São Roque - SP. ....	71
<b>Tabela 7</b> - Quantidades de barracas na feira livre de São Roque - SP. ....	72
<b>Tabela 8</b> - Estimativa de produtividade durante o acompanhamento da execução dos serviços. ....	78
<b>Tabela 9</b> - Estimativa dos preços referenciais (R\$/m <sup>2</sup> e R\$/ha), segundo o tipo de serviço executado. ....	87
<b>Tabela 10</b> - Valor unitário, quantitativo mínimo e vida útil de EPI's. ....	88
<b>Tabela 11</b> - Composição química dos resíduos verdes a serem utilizados. ....	91

## QUADRO

<b>Quadro 1</b> - Parâmetros das tecnologias e cuidados.....	23
<b>Quadro 2</b> - Arcabouço da compostagem para valorização dos Resíduos Orgânicos.....	34
<b>Quadro 3</b> - Caracterização da área de estudo do município de São Roque-SP.....	40
<b>Quadro 4</b> - Informações comparativas entre métodos de compostagem.....	84

## SUMÁRIO

<b>1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2 – REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>22</b>
2.1 - Caminhos da valorização de resíduos orgânicos.....	22
2.2 - Estudo Técnico sobre a Prestação de Serviços Terceirizados de Manutenção e Conservação de Jardins - CADTERC .....	26
2.3 - SNIS - Resíduos Sólidos.....	27
2.4 - Tecnologias .....	29
2.5 – Normas e legislações aplicáveis.....	33
2.6 - Gestão pública.....	37
2.7 - Área de estudo .....	39
<b>3 - OJETIVOS.....</b>	<b>42</b>
3.1 - Objetivos específicos .....	42
<b>4 - METODOLOGIA .....</b>	<b>43</b>
4.1 – Caracterização quali-quantitativamente dos Resíduos Verdes e Resíduos de Feira Livre no município estudado .....	43
4.1.1 – Resíduos verdes.....	43
4.1.2 – Resíduos de feiras.....	47
4.2 - Análise do potencial de valorização dos resíduos verdes e de feiras livre do local de estudo..	48
4.3 - Avaliação dos custos/benefícios da valorização dos Resíduos Verdes e Resíduos de Feira Livre do município de São Roque-SP.....	50
4.3.1 – Custo benefício econômico .....	50
4.3.2 – Custo benefício ambiental/saúde.....	51
4.4 - Elaboração de um manual de valorização dos resíduos verdes e de feiras livres para municípios de pequeno porte .....	51
<b>5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>52</b>
5.1 - Caracterização quali-quantitativamente os Resíduos Verdes e Resíduos de Feira Livre .....	52
5.1.1 – Resíduos de feira livre.....	70
5.2 - Análise do potencial de uso dos resíduos verdes e de feira livre através de processos de valorização do local de estudo .....	82
5.3 - Avaliação do custo/benefício da valorização dos Resíduos Verdes e Resíduos de Feira Livre do município de São Roque-SP.....	86
5.4 - Elaboração de um manual de valorização dos resíduos verdes e de feiras livres para municípios de pequeno porte .....	88
5.4.1 – Conhecer.....	88
5.4.2 – Objetivo.....	92
5.4.3 – Espaço .....	92
5.4.4 – Recursos disponíveis .....	94

5.4.5 – Execução/manutenção .....	95
5.4.6 – Aplicação do produto obtido .....	96
5.4.7 – Ganhos do fluxo de valorização .....	97
<b>6 – CONCLUSÕES.....</b>	<b>98</b>
<b>7 - SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....</b>	<b>101</b>
<b>8 - REFERÊNCIAS .....</b>	<b>102</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>109</b>
Anexo I - Proposta de modelo para elaboração de um manual técnico de valorização de resíduos orgânicos (ROs) .....	109

## 1 – INTRODUÇÃO

Segundo o Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS) em seu Diagnóstico Temático de Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos, aponta que o país produziu em 2021 por volta de um quilo de resíduos sólidos urbanos (RSU), individualmente por mais de 213 milhões habitantes e coletou aproximadamente 65,5 milhões de toneladas desse material em suas 5.570 cidades e Distrito Federal. Nesses estudos foram apontados mais de 77,30% de municípios com população menor que 30 mil habitantes país afora. Os RSU possuem um valor de 60,14% aproximadamente de composição orgânica, fato que abre caminho para aplicação de processos de compostagem.

Sendo os serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos compostos pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais como coleta, varrição manual e mecanizada, asseio e conservação urbana, transporte, transbordo, tratamento, destinação e disposição final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbana em todo o Brasil.

Por mais de duas décadas, tramitando no legislativo federal, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi aprovada em 02 de agosto de 2010. Anteriormente, nosso país já possuía a Lei Federal 9.605/98 de crimes ambientais (Brasil, 1998) e a Lei Federal 6.938/81 da Política Nacional de Meio Ambiente - PNMA (Brasil, 1981) referente a esta temática, a exemplo de um entendimento jurídico, que oportunizou uma proposta para elaboração da PNRS foi o Projeto de Lei do Senado Federal 354/89, que dispunha sobre o acondicionamento, coleta, tratamento, transporte e disposição final de resíduos de saúde (MMA, 2020). A PNRS é um marco no setor por apontar em pauta o cenário caótico que existe na destinação de resíduos sólidos e por definir diretrizes, princípios, abordando pontos fundamentais ao tema, como a hierarquia de resíduos que envolve a não geração, redução, reutilização, reciclagem e disposição final apenas dos rejeitos, assim como o ciclo de vida do produto e a logística reversa (BRASIL, 2010).

O SNIS 2022 destaca quatro tipos, por natureza jurídica, de prestadores de serviços de limpeza urbana, órgãos e manejo de resíduos sólidos: sendo o primeiro a administração pública direta, composta pelos órgãos da prefeitura como secretarias e departamentos; em segundo as autarquias que apresentam autonomia administrativa e patrimônio próprio sob controle municipal ou estadual; em terceiro as empresas públicas constituídas por uma ou várias entidades com capital exclusivamente público; e em quarto as sociedades de economia

mista com administração pública, geridas com capital público e privado e gestão pública.

Estes dados demonstram uma preocupante desaceleração de 1,9% no número de municípios brasileiros que apresentaram algum tipo de iniciativa no reaproveitamento dos resíduos verdes gerados nos serviços de limpeza pública das cidades. Enquanto setores como a coleta seletiva obteve um avanço de 3,5% e a criação de novos consórcios ficou praticamente estagnada nesse período.

A falta de equipamentos e estruturas para fazer um melhor aproveitamento. E ainda ações tímidas na criação de políticas públicas que incentivem a disseminação dessa cultura de compostagem de forma mais concreta e perene pelos munícipes e gestores públicos locais. Refletindo a baixa capacidade da gestão municipal de atuar com mais afinco nos trabalhos.

Atualmente o maior desafio para valorizar os resíduos verdes, esses oriundos da atividade de limpeza urbana como a poda, capina, roçada e a coleta dos resíduos orgânicos de feiras livres, passa por muitos obstáculos, como a redução de participação do poder público, conforme evidenciado na tabela 01, demonstra uma redução na participação dos gestores municipais nessa temática. E seu pouco conhecimento sobre as técnicas e meios para atingir ações de compostagem efetivas. Estes causados pela limitada capacidade técnica e política locais.

Mas esses pontos carecem de um maior suporte nessas tratativas de forma mais consolidada, além disso, existe um cenário em que a União e Estados não atendem às demandas municipais de apoio técnico e financeiro a contento. Colocando os entes federados numa conjuntura muito desfavorável (CNM, 2020).

**Tabela 1** - Diagnóstico da gestão municipal de resíduos sólidos urbanos no Brasil.

<b>DIAGNÓSTICO DA GESTÃO MUNICIPAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL</b>						
<b>ANO</b>	<b>LIXÃO / ATERRO CONTROLADO</b>	<b>ATERRO SANITÁRIO</b>	<b>PMGIRS</b>	<b>COLETA SELETIVA</b>	<b>COMPOSTAGEM</b>	<b>CONSÓRCIOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS</b>
<b>2015</b>	50,6%	48,3%	36,3%	49,1%	13,6%	29,4%
<b>2017</b>	48,1%	47,5%	38,3%	48,3%	12,2%	29,5%
<b>2019</b>	47,7%	52,2%	44,5%	52,6%	11,7%	29,5%
<b>Obs.:</b> Pesquisa de 2019 com dados de 4.175 municípios (75% do total)						

Fonte: Diagnóstico da política nacional de resíduos sólidos – CNM, 2020.

A figura 1 mostra que dos 5570 municípios brasileiros, apenas 10,41% (580) estão envolvidos em alguma atividade ligada a compostagem, 11,17% não informaram sobre as ações nessa área e quase 80% das cidades no Brasil não tem nenhum projeto que trabalhe a compostagem no reaproveitamento dos resíduos orgânicos em seus territórios, ou que aponte a utilização de algum tipo de protocolo de valorização (CNM, 2023).

Devido aos problemas advindos de uma má gestão dos resíduos sólidos uma solução para esse problema deve ser feita em conjunto com toda a sociedade, já que a nossa Constituição Federal diz em seu artigo 25 que o meio ambiente equilibrado é direito de todos, sendo papel do Poder Público e da coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 2016).

**Figura 1** - Diagnóstico da gestão municipal de resíduos sólidos no Brasil sobre compostagem.



Fonte: CNM, 2023.

Desde a publicação da PNMA, fica entendido em seu artigo 3º, que o lançamento de material ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos em legislação, caracteriza poluição e prejuízo à qualidade ambiental. E ainda é proposto no artigo 4º a compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico (Brasil, 1981). Por outro lado, após 39 anos da publicação da PNMA, o debate sobre a gestão de resíduos, fez um levantamento e são apontadas 97.703,80 toneladas de resíduos verdes coletadas no país que foram encaminhados para unidades de triagem e de compostagem (SNIS, 2022).

No ano passado, o país encaminhou cerca de 460 mil toneladas deste material para aterros ou lixões (SNIS, 2022). Dentre os problemas envolvendo o não reaproveitamento dos resíduos, um dos mais relevantes é a necessidade de alocação de grandes espaços para a sua disposição final. Entre 1974 e 2007, no município de São Paulo, foram demandados 2,3 milhões de metros quadrados de território para dispor quase 42 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (ABRELPE, 2018). Os resíduos orgânicos coletados, transportados e dispostos nesses aterros, incluindo aqueles encerrados e os em operação, foram indicados como responsáveis pela emissão de 14% dos gases de efeito estufa (GEE) emitidos no município (PMSP, 2011). Em 2018, aproximadamente 81 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, ou 40,5% do total gerado no país, foram dispostos inadequadamente em lixões, terrenos baldios ou aterros controlados (ABRELPE, 2019). Este lançamento contribui de forma significativa com o agravamento de riscos à saúde humana, especialmente pela precariedade das condições sanitárias e propensão à proliferação de vetores de doenças infecciosas e zoonoses destes locais.

Por isso, desenvolver meios que reduzam o envio de resíduos para aterros sanitários, aumentar sua vida útil (Figura 6), em parceria com ações que barateiem os serviços e materiais para prefeituras, indica um potencial enorme para sanar desafios locais e obter ganhos sustentáveis reais. Com a produção de material agregado, com oportunidade de ser comercializado no setor privado ou distribuído para as populações locais, por meio da implantação e operação de processos de geração de composto oriundo de resíduo orgânico, como a compostagem, peletização e biodigestão.

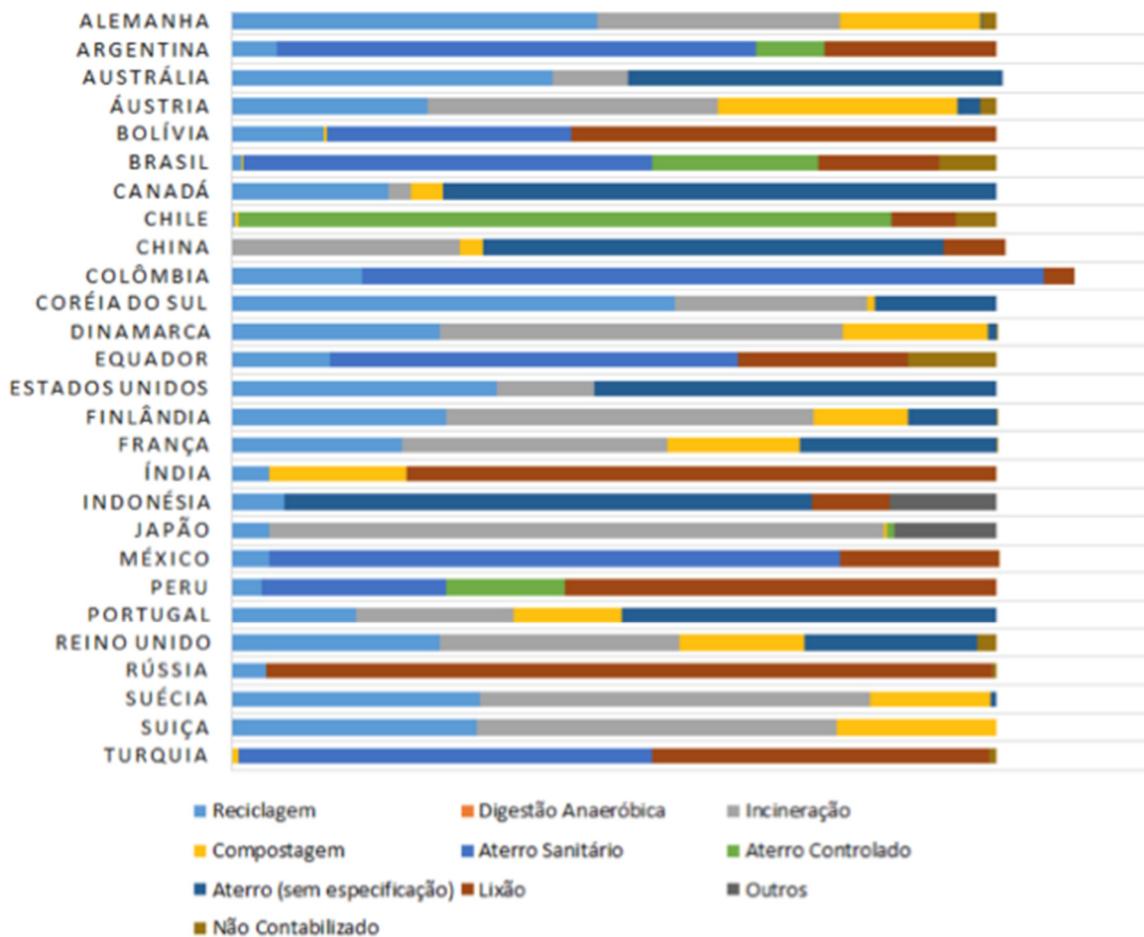
Para restabelecer uma relação harmônica entre o homem e a natureza, ter uma vegetação saudável, pode gerar diversos benefícios ao ambiente urbano, exercendo um protagonismo no ganho de mais qualidade de vida (Pivetta e Silva Filho, 2002). Devido a gestão deficiente das municipalidades no Brasil, o desperdício desses resíduos é algo constante. Mas seu potencial de utilização é enorme, por serem abundantes na maioria das cidades e não terem ligação direta com o setor econômico e industrial. (CORTEZ, 2011).

Outro aspecto a considerar é que há poucos casos conhecidos do uso da reciclagem de resíduos verdes e de feira livre (Xiaoqiang Gong *et. al.*, 2018) nos locais onde são gerados, o que traz a possibilidade de testar métodos, tendo como desafios a falta de tecnologia de baixo custo, compacta, rápida e de fácil uso para o tratamento de resíduos orgânicos. M. Reyes-Torres *et. al.* (2018), cita que existem poucas pesquisas em produção na América Latina e no Caribe. A aplicação desta técnica é um caminho sustentável, eficaz e prático para as dificuldades existentes, que será demonstrado nos estudos aplicados.

E ainda com processos acelerados de compostagem, compostos orgânicos são produzidos com características muito boas, que atende um contexto de escassez nos municípios do Brasil (Beltrame, 2018). Esses fatos comprovam que o sistema de compostagem acelerada, com leiras estáticas, reduz a incidência de animais sinantrópicos entre outros vetores de doença, gerando pouco ou quase nenhum chorume, devido à atividade em alta temperatura, boa aeração e adição de carbono.

Em outros países a tecnologia de decomposição avança de forma modesta, representando uma solução que carece de ser mais reconhecida e implementada por diferentes nações mundo afora. Conforme aponta estudo publicado pelo banco mundial (Figura 2). Processos de valorização de resíduos inorgânicos, como metais, papéis, plásticos entre outros, são mais difundidos em diversos países como pode ser observado na barra de cor azul, no trabalho sobre gerenciamento de resíduos urbanos do Banco Mundial, enquanto a quantidade de ações sobre compostagem, barra amarela, está presente em aproximadamente 50% dessas nações. E ainda a confirmação da existência da prática de uso de lixões em vários países, números semelhantes aos de aterros sanitários.

**Figura 2** - Disposição e tratamento de resíduos sólidos em diversos países e continentes, 2011 a 2017.



Fonte: World Bank (2018), What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050.

Cortez (2011) cita que devido sua independência de uma conexão com a indústria, os resíduos verdes possuem um enorme potencial de utilização, são abundantes e desvinculados do mercado. Com a constante perda de insumos, devidos a pouca habilidade em executar uma gestão eficiente destes materiais, o maior desafio fica no engajamento mais sólido das municipalidades brasileiras, de uma maior aporte no compromisso de obter acordos e parcerias, para obter um controle mais amplo das quantidades geradas e transportadas, saindo de ações poucos eficazes e alcançando resultados satisfatórios. Produzir composto com resíduos da poda da arborização urbana é uma opção viável para as municipalidades. Além de reduzir o descarte irregular e o acúmulo deste material em pontos viciados, essa opção ajuda de forma sustentável e econômica as ações ligadas à atividade ambiental e paisagística (Baratta, 2020).

Devido aos programas implantados, como a UFSC e UNB, com seus resultados satisfatórios, os casos que utilizam a compostagem por meio de leiras têm ganhado visibilidade. A compostagem assume papel fundamental na gestão adequada dos resíduos orgânicos. Deste modo, a destinação de resíduos orgânicos para compostagem representa um caminho próspero na valorização deste material.

A utilização de um manual técnico de orientação para a valorização dos resíduos verdes e de feira livre pelas municipalidades de nosso país, para os trabalhos de destinação e disposição final trará uma alternativa. Este é um modelo que pode ser aplicável em órgãos públicos e empresas do setor privado e sociedade civil, gerando ganhos ambientais, sociais e diminuição dos gastos com os envio de resíduos para aterros, deixando um capital para ser investido em outras frentes carentes de recursos e valorando os Resíduos Orgânicos (ROs).

## **2 – REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 - Caminhos da valorização de resíduos orgânicos**

Para obter uma valorização mais adequada, todos os meios de tratar os resíduos orgânicos devem receber uma ponderação sobre a melhor tecnologia a ser utilizada em um cenário específico. Protocolos como a Compostagem (LEA), Biodigestão, Peletização, Aproveitamento de galhos e folhas e Aproveitamento de galhos acima de 80 mm de espessura devem ser apreciados de forma ampla e terem um análise de todas suas possibilidades de aplicação (Quadro 1). Levando em conta sua viabilidade após diagnósticos para identificar o melhor protocolo a ser utilizado.

**Quadro 1** - Parâmetros das tecnologias e cuidados.

<b>Métodos de valorização de resíduos orgânicos</b>	<b>Características a considerar</b>	<b>Impactos do não reaproveitamento</b>
<b>Compostagem</b>	A compostagem requer uma série de cuidados com relação a umidade, nutrientes(C/N), aeração e granulometria dos resíduos orgânicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redução da vida útil do aterro;</li> <li>- Gastos com tratamento de chorume;</li> <li>- Mais despesas com manutenção corretiva.</li> </ul>
<b>Biodigestão</b>	O processo de biodigestão requer cuidados com relação a composição nutricional (C/N), teor de sólidos e a temperatura do processo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mais emissão de gases que contribuem para o efeito estufa;</li> <li>- Perda de geração de energia elétrica;</li> <li>- Aumento nos casos de doenças respiratórias.</li> </ul>
<b>Peletização</b>	Na peletização os resíduos são transformados em um material denso e pouco úmido, o que permite um maior aproveitamento energético.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior utilização de gás de cozinha;</li> <li>- Maior gasto de energia para aquecer ambientes;</li> <li>- Mais despesas com transporte.</li> </ul>
<b>Aproveitamento de galhos acima de 80 mm de espessura</b>	Os cuidados necessários são a secagem após o corte do material e muita atenção no manejo das máquinas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento da presença de animais sinantrópicos;</li> <li>- Perigo de incêndios.</li> </ul>
<b>Aproveitamento de galhos e folhas</b>	Os cuidados necessários são a secagem após o corte do material.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento da presença de animais sinantrópicos;</li> <li>- Maior disseminação de insetos em áreas próximas.</li> </ul>

Fonte: Próprio autor.

A valorização dos resíduos verdes e de feira livre, é uma saída que demonstra ter capacidade para solucionar esta situação com a geração destes resíduos. Um meio possível é o uso da compostagem, para reduzir a quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários, gerar ganhos ambientais e reduzir despesas para a municipalidade, o Ministério do Meio Ambiente tem como referências, neste âmbito de compostagem o projeto Revolução dos Baldinhos (Farias, 2020), e alguns estudos da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC (Favaretto, 2020), ambos sediados em Florianópolis. Também o “São Paulo composta, cultiva”, programa da prefeitura da capital paulista (Instituto Pólis, 2020), iniciado em 2020, com metas de compostagem que tendem a aumentar o reaproveitamento dos RVs.

Sendo que a valorização contém o julgamento próprio e do outro em relação ao fazer, torna esse material nobre de acordo com relevância na melhoria do meio ambiente e da saúde coletiva das pessoas que vivem e desenvolvem suas atividades localmente. E a valoração diz respeito ao preço, à negociação entre oferta e procura. As demandas no mercado que devem ser atendidas com o fornecimento de material oriundo da compostagem para o maior público possível ou serviços que necessitam desse tipo de material.

Alguns pontos devem ser levados em consideração entre as tecnologias utilizadas para tratar os resíduos orgânicos, no quadro podem ser observados os métodos: Compostagem, Biodigestão, Peletização, Aproveitamento de galhos e folhas e Aproveitamento de galhos que possuam mais de 80 mm de espessura.

Storel (2018) cita que as leiras com dois metros de altura e 0,80m de largura, método UFSC, pode utilizar resíduos oriundos de áreas urbanizadas, como galhadas e resíduos de feiras para compor as leiras e fazer um composto com mais qualidade em espaços urbanos próximos, por terem odor e acesso de animais sinantrópicos controlados, o que permite boa aceitação das vizinhanças próximas. Fator esse fundamental para viabilizar economicamente a operação de pátios de compostagens nas cidades, pois esse acolhimento da comunidade facilita a implantação de plantas de compostagens em um número maior de possíveis áreas. Essa tomada de decisão é embasada pela escolha de um método que traga mais benefícios e seja mais facilmente aplicada naquele cenário.

Todos os caminhos que focam na valorização dos resíduos orgânicos - ROs (Figura 3), tem de passar por uma apreciação criteriosa, pois uma análise prévia da região, acesso e caracterização podem definir o melhor caminho a ser utilizado nessa seleção tão importante. Todas as soluções direcionadas para uma valorização que traga um aproveitamento adequado destes resíduos.

**Figura 3** - Os caminhos da valorização de resíduos orgânicos.



Fonte: Próprio autor.

A vida útil de um aterro sanitário totalmente regulamentado e bem gerido dura em média em 30 anos, pois com o uso da compostagem e da reciclagem, esse período pode se estender por até 60 anos (Figura 4). Pela composição dos RSU gerados serem compostos por mais de 50% de ROs e com técnicas de valorização bem aplicadas e desenvolvidas a vida útil destas plantas podem se prolongar por mais tempo. (MORITA DOS SANTOS, *et. al.*, 2018).

**Figura 4 -** Prolongamento de vida útil de aterro sanitário com uso da compostagem.



Fonte: MORITA DOS SANTOS, *et. al.*, 2018.

Utilizando o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11 - Cidades e comunidades sustentáveis como o mais alinhado ao objetivo do estudo, pois a valorização visa contribuir para que cidades e assentamentos humanos possam se tornarem mais inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, juntamente com o desenvolvimento de serviços ambientais que gerem benefícios concretos e perenes para as presentes e futuras gerações. E reduzir os impactos ambientais negativos *per capita* das cidades, focando na boa gestão de resíduos municipais (IPEA, 2020).

## **2.2 - Estudo Técnico sobre a Prestação de Serviços Terceirizados de Manutenção e Conservação de Jardins - CADTERC**

Segundo o CADTERC (2022) é definido como unidade de medida para a contratação de serviços o metro quadrado, mas as calçadas, travessias, passeios ou qualquer tipo de vias de circulação exclusiva de pedestres e seus similares nem sempre seguem um padrão de dimensões padronizadas. Nelas devem conter 0,70m, de faixa de serviço, espaço onde fica acomodado o mobiliário, os canteiros, as árvores e os postes de iluminação ou sinalização e mais 1,20m incorporados unicamente para livre circulação de pedestres (ABNT NBR 9050:2020). Esse padrão nem sempre é atendido nas vias urbanas, ficando as empresas limitadas a seguirem a medida de um metro linear para atender as atividades de manutenção e conservação de áreas

verdes, serviços de capina e roçada, para prestar os serviços da melhor forma possível e resolver os problemas da limpeza pública.

Outro método não citado anteriormente pelo CADTERC é a *capina química* que utiliza agrotóxicos para fins agrícolas em áreas urbanas, é expressamente proibida. A empresa contratada deve empregar somente produtos inseticidas, fungicidas, formicidas, herbicidas, moluscicidas, nematocidas, acaricidas, bactericidas, reguladores de crescimento, abrilhantadores de folhas e outros produtos de origem química ou biológica para uso em jardinagem amadora de venda direta ao consumidor, aprovados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

Toda remoção, carga, transporte e descarregamento dos materiais resultantes da limpeza geral devem seguir rigorosamente as normas técnicas e legislações que regulamentam a matéria, em especial a NBR 10004:2004, tratando-se da origem e composição dos ROs.

### **2.3 - SNIS - Resíduos Sólidos**

Além disto no artigo 54 da Lei Federal nº 9.605/98 de crimes ambientais, é classificado como crime ambiental, o lançamento de resíduos sólidos em desacordo com leis e regulamentos ambientais, que causem poluição, assim como a disposição final de resíduos sólidos em lixões (BRASIL, 1998).

No Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, diz que as unidades de tratamento são as instalações onde os resíduos sólidos passam por processos físicos, químicos e/ou biológicos para recuperação e redução de volumes e capacidade de poluição, (SNIS, 2022). Contemplando a compostagem de materiais orgânicos. Já a compostagem é um sistema de reciclagem de resíduos orgânicos úmidos (folhas, restos de comida e verduras). Que atua por meio de processos de decomposição biológica, transformando a massa reciclável tratada em nutrientes, como adubo e húmus, que podem ser utilizados na produção de alimentos, recuperação de áreas degradadas e aplicações paisagísticas.

A unidades de compostagem, como pátios de compostagem até um biodigestor, são o agrupamento de instalações dotadas ou não de equipamentos eletromecânicos, destinadas ao processamento de resíduos orgânicos facilmente biodegradáveis, de modo a transformá-los em composto orgânico, fertilizante e condicionador de solo, sob controle e monitoramento sistemáticos.

Os biodigestores possuem câmaras encarregados pela biodigestão da matéria orgânica onde se obtém como produto final o biofertilizante, riquíssimo em micronutrientes e também biogás que pode ser convertido para a geração de térmica e/ou elétrica para atender as necessidades energéticas de algum setor interessado (BONTURI; DIJK, 2012).

São compostáveis os resíduos originários da poda de árvores e gramados, a fração orgânica resultante de processo de separação feita em unidades de triagem e os provenientes de coletas específicas em conjunto com residências ou a supermercados, centrais de abastecimento, feiras livres, mercados e sacolões entre outros locais em que esse tipo de resíduo seja gerado em maior concentração e com frequência regular.

As pesquisas apresentadas pela Confederação Nacional dos Municípios - CNM mostram um diagnóstico da gestão municipal de resíduos sólidos no que concerne às obrigações municipais da Política Nacional de Resíduos Sólidos em todos os entes federativos do Estado, como pode ser visto na tabela 2. As 77 unidades de compostagem, como pátios e usinas, e as 58 unidades de manejo de galhadas e podas, que atuam com manejo de galhadas e podas, podem receber resíduos úmidos, oriundos de sobras de alimentos, galhadas e folhas de árvores e como destinação final. Essas 135 unidades de tratamento (Tabela 2), espalhadas pelo país, receberam aproximadamente 400 mil toneladas desses materiais, pois a utilização de compostagem para tratamento dessa biomassa contribui ainda na diminuição do aterramento de resíduos, e a valorizar esses resíduos orgânicos como matéria-prima na geração de compostos orgânicos enriquecedores de solo (SNIS, 2022).

**Tabela 2** - Unidades de processamento de resíduos verdes.

Tipo de unidade de processamento de resíduos sólidos	Quantidade de unidades de processamento na amostra por macrorregião geográfica					Total de unidades na amostra	
	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Unidade de compostagem (pátio ou usina)	1	8	49	15	4	77	57,04 %
Unidade de manejo de galhadas e podas	6	7	17	25	3	58	42,96 %
Total - 2021	7	15	66	40	7	135	100,00 %

Fonte: SNIS, 2022.

## 2.4 - Tecnologias

Segundo a ABNT, os processos que promovem a transformação de resíduos orgânicos, compostagem ou biodigestão, também podem ser entendidos como processos de reciclagem. Desta forma, resíduos orgânicos não são considerados rejeitos, e esforços para promover sua reciclagem devem estar presentes nas estratégias de gestão de resíduos sólidos em todos os níveis do poder público, setor privado e terceiro setor. No Brasil, 58% da composição dos resíduos sólidos urbanos é constituída de matéria orgânica, porém recicla-se apenas 0,6% do resíduo verde gerado (IPEA, 2019) e este índice tem se mantido estável nos últimos anos (ABRELPE, 2018), implicando em alto desperdício de recursos ambientais e financeiros. A PNRS traz ainda a necessidade de implantação de sistemas de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articulação com os agentes econômicos e sociais, com diversas formas de utilização do composto produzido.

Um dos métodos mais usados em projetos no Brasil é o método de Compostagem Termofílica em Leiras Estáticas com Aeração Passiva (Figura 5), ou Método UFSC, tendo em vista sua simplicidade, sua versatilidade, seu baixo custo de aplicação e a quantidade de material informativo existente para servir como base teórica (TEIXEIRA, 2012). Os resíduos verdes (RVs) e os resíduos de feira livre (RFL) são formados por uma vasta composição de materiais e sua sazonalidade limita a produção de alguns itens vegetais (M. Reyes-Torres et. al., 2018), mas sua caracterização é mais trabalhosa devido a eles serem desiguais gerando amostras totalmente diferentes (PEREIRA, 2013).

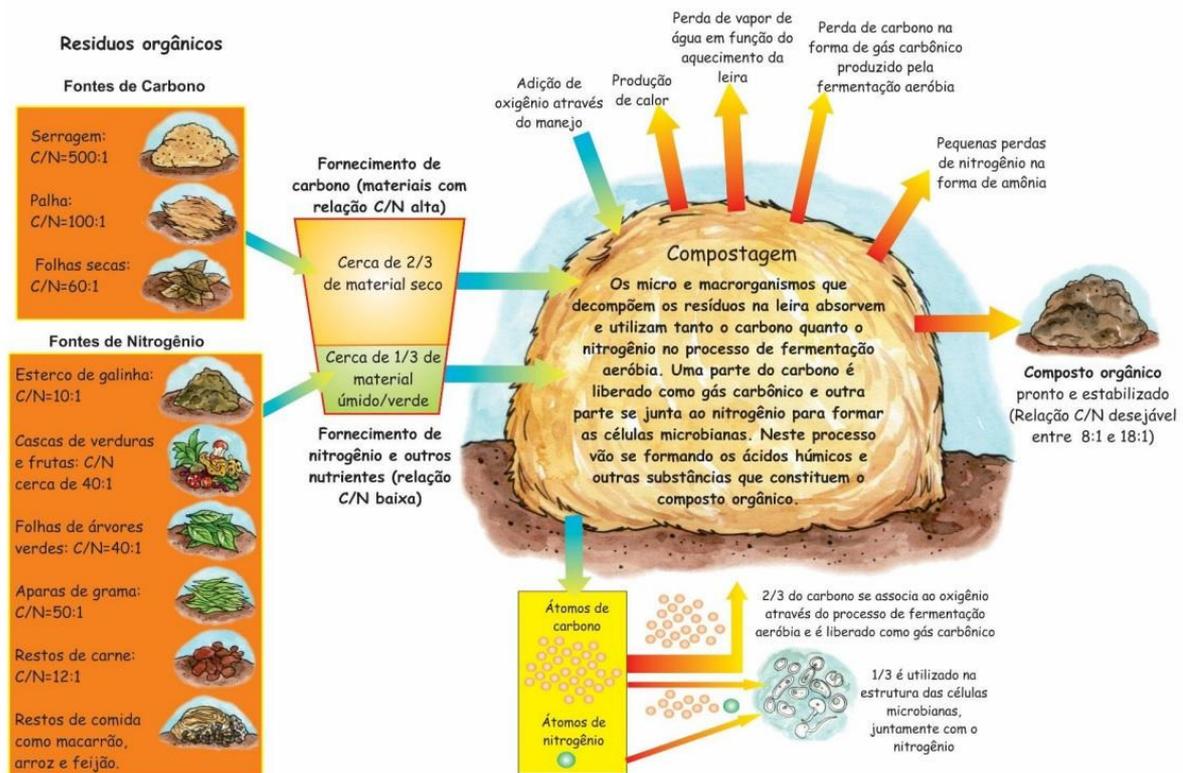
O insumo gerado deste processo é um composto que pode ser utilizado como adubo, rico em diversas substâncias como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio que são assimilados pelas raízes, além do ferro, zinco, cobre, manganês e boro absorvidos conforme a fisiologia vegetal do indivíduo (PAIXÃO et al., 2012). O processo de compostagem por leira estática aerada deverá gerar um volume suficiente para ser integralmente utilizado na cidade e por demais interessados, estando estruturado com uma lógica sistêmica. Entretanto, o monitoramento do processo de compostagem deverá seguir as recomendações encontradas na literatura, com um controle contínuo.

Segundo Epstein (1997), a compostagem é uma alternativa ambientalmente adequada quanto à destinação dos resíduos vegetais. Este método é definido como o meio de decomposição biológica, aeróbica e termofílicas, controlado e manejado, de degradação destes materiais verdes, que gera um produto orgânico mais consistente, biológica e quimicamente.

**Figura 5** - Funcionamento de uma leira de compostagem e sua composição C/N para produzir um composto orgânico.

### Como funciona a dinâmica da relação carbono/nitrogênio na compostagem?

"A relação entre a quantidade de carbono e a quantidade de nitrogênio (relação C/N) é essencial para se obter um composto orgânico de boa qualidade. Em termos químicos (número de átomos), a relação ideal na compostagem é de 30 átomos de carbono para cada átomo de nitrogênio (relação 30:1). Em termos práticos, esta relação é obtida misturando-se 2/3 em volume de material seco (rico em carbono) com 1/3 de material úmido (rico em nitrogênio). Se a mistura tiver excesso de material rico em carbono (como palha e serragem), a fermentação pode não ocorrer. Se houver excesso de material rico em nitrogênio (como macarrão, arroz, carnes), haverá perda de nitrogênio na forma de amoníaco."



Fonte: Adaptado do MMA, 2017.

Costa (*et al*, 2020) fala que a compostagem acelera a decomposição da matéria orgânica, desencadeando o aumento brusco da temperatura (fase termofílica) devido a uma intensa proliferação de microrganismos (fungos e bactérias), consequentemente ocorre a extinção da maioria dos patógenos (coliformes totais e bactérias do gênero *Salmonella*) e sementes de plantas daninhas que podem se proliferar caso não seja feito seu correto manejo.

Resíduos verdes (RVs) é aquele resultante da manutenção da arborização urbana do corte, poda, remoção de árvores e plantas. Desse modo, fica entendido que são resíduos da arborização urbana e áreas verdes. Este tipo de substrato possui uma composição muito diversa de materiais orgânicos de origem vegetal, como cascas, galhos, gravetos, troncos de árvores, folhas verdes ou secas, flores, sementes, raízes, arbustos, gramas entre outros (LIMA, 2004). Além da fração oriunda do serviço de coleta das feiras livres da cidade. Devido a sazonalidade influenciar na sua produção, essa conjuntura nos remete a uma amostragem

muito heterogênea, o que restringe obter uma boa caracterização do material. (PEREIRA, 2013).

A planilha *CompostCalc*, uma planilha eletrônica (Figura 6), faz cálculos sobre as melhores formas de compor uma leira de compostagem de acordo com o material disponível, desse modo, equilibrando a relação Carbono/Nitrogênio (C/N) da leira. Isso gera um suporte mais preciso no momento de compor a leira (Figura 5) para alcançar um resultado mais adequado de composição química da mesma para depois ser aplicado em projetos de paisagismo, recomposição e manutenção vegetal urbana nos municípios, aproveitando os resíduos gerados nos serviços de limpeza pública urbana, pois a proporção escolhida para aplicação deve ser a mais proveitosa possível (EMBRAPA, 2021).

**Figura 6 - Planilha eletrônica *CompostCalc*.**

The screenshot shows the Excel interface for the *CompostCalc* spreadsheet. The title bar indicates the file is 'CompostCalc Excel v 2.0p...'. The ribbon includes 'Arquivo', 'Página Inicial', 'Inserir', 'Layout da Página', 'Fórmulas', 'Dados', 'Revisão', 'Exibir', 'Automatizar', and 'Ajuda'. The spreadsheet content is as follows:

**Menu:**

- Considerações sobre o cálculo de compostagem
- Cálculo de composto formulado com DOIS materiais
- Cálculo de composto formulado com TRÊS materiais
- Tabela de materiais
- Cálculo de misturas
- Determinação dos valores de densidade úmida e do teor de matéria seca
- Sobre

**Legend:**

- As células de cor amarela devem, obrigatoriamente, ser preenchidas com os dados necessários para o cálculo da compostagem.
- Os valores contidos nas células de cor alaranjada foram estimados com base nos dados já fornecidos, mas podem ser substituídos por valores obtidos pelos usuários.
- As células de cor verde apresentam os valores calculados.
- Se as células ficarem da cor vermelha, é um alerta sobre a impossibilidade da realização do cálculo com os valores fornecidos.

**Inputs:**

- Volume desejado (litros) = 1000
- Relação C:N desejada = 30

**Calculations:**

**Cálculo das proporções em %**

	% C	% N	C:N
Material 1			
Material 2			

**Resultados:**

	Massa Seca (%)
Material 1	
Material 2	
Soma =	0,0

**Cálculo das proporções também em volume**

	Densidade Úmida (kg/m <sup>3</sup> )	% Matéria Seca	Densidade Seca (kg/m <sup>3</sup> )
Material 1			0
Material 2			0

**Resultados:**

	Volume (%)	Litros
Material 1		
Material 2		
Soma =	0,0	0

**Notes:**

- O composto deve utilizar um material com relação C:N MAIOR que este valor, misturado com outro material com relação C:N MENOR que este valor.
- Orientações sobre como determinar a densidade úmida e a % de matéria seca podem ser obtidas na planilha "Determinação ...", que pode ser acessada pela opção do menu principal.
- É provável que o volume da mistura seja menor do que a soma dos volumes dos dois materiais, pois materiais mais finos podem se alojar entre as partículas dos materiais mais grossos.

Fonte: EMBRAPA, 2021.

Na figura 7 é visto a montagem de uma leira pelo projeto *Semeia Compostagem*, utilizando o método UFSC, com resíduos verdes e de feira livre, ainda é possível identificar a estruturação das camadas intercaladas de nitrogênio constituída de frutas, cascas de legumes e restos de verduras (FLV), e outra camada de carbono com folhas e palhas secas. Um trabalho que rendeu grandes resultados para a cidade de São Carlos-SP. Com a adição de resíduos de FLV, resíduos secos, em leira estática de aeração passiva (Método UFSC) e posterior cobertura com palha a leira fica finalizada com palha para proteção e bloqueio de geração de mau cheiro, e acesso de possíveis vetores.

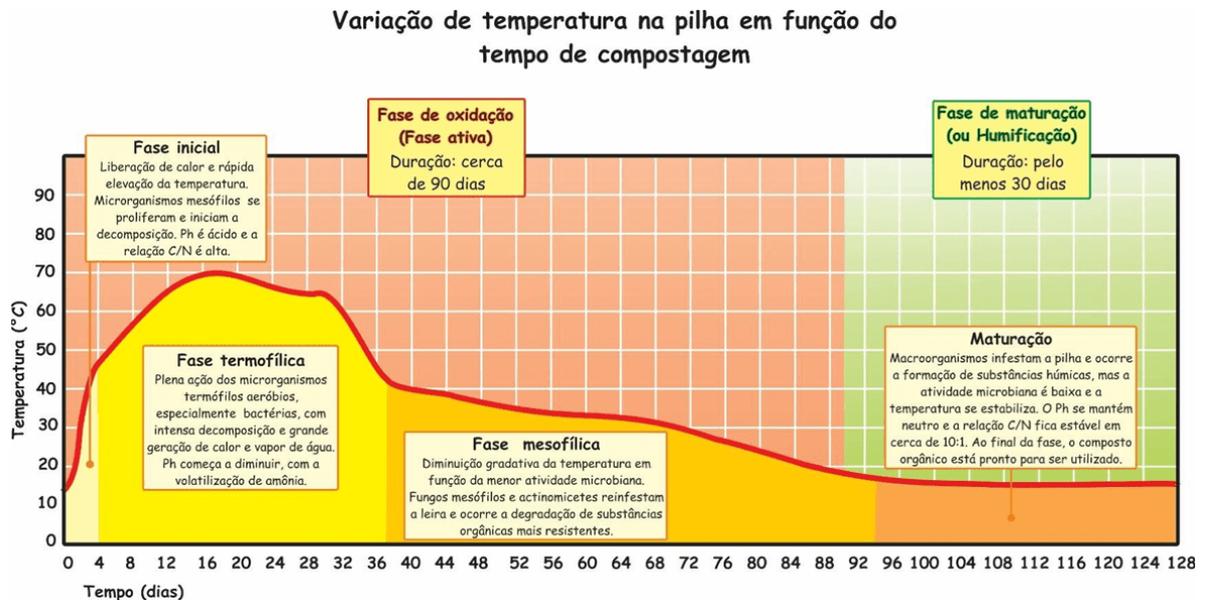
**Figura 7** – Montagem de leira utilizando o método UFSC.



Fonte: Semeia Compostagem, 2021.

É mostrada na figura 8 a variação de temperatura na leira, descrevendo suas fases durante todo o processo de compostagem usando o método de leiras estáticas. Como as fases de oxidação onde que ocorre num período próximo de 90 dias nos quais as etapas inicial, termofílica e mesofílica se desenvolvem, e o estágio de humidificação (maturação) que dura até 30 dias fica concluído, momento em que o material compostado está pronto para ser aplicado (MMA, 2017).

**Figura 8 -** Variação de temperatura na pilha em função do tempo de decomposição.



Fonte: MMA, 2017.

## 2.5 – Normas e legislações aplicáveis

São classificados de acordo com (Conceito PNRS) a ABNT NBR 10.004/2004, como *Resíduos Classe II A* não inertes, aqueles que não se enquadram na *Classe I* ou *Classe II B*, por terem propriedades como: Biodegradabilidade, combustabilidade ou solubilidade em água (ABNT, 2004). Estes provenientes dos serviços de limpeza urbana, como poda, capina e roçada, coletados em ruas, calçadas, praças, campos de futebol, acostamentos de estradas, terrenos baldios e demais áreas públicas.

A CNM coloca a compostagem como uma atribuição dos municípios ressaltando a importância da realização desta ação, segundo sua nota técnica 09/2022, tanto para ampliar a vida útil de aterros sanitários, como para geração de um novo produto, mas principalmente para redução de gasto público com coleta, transporte, transbordo e disposição final de resíduos orgânicos. E desse modo aumentar o nível de sustentabilidade utilizando esse processo de forma constante em seus territórios.

No quadro 2 é listado algumas legislações que abordam a temática de aproveitamento desses resíduos orgânicos e os meios legais que os mesmos passam para serem valorizados por diferentes técnicas de aproveitamento, variando de região para região, mas sempre focando na não geração e no desperdício zero.

**Quadro 2 - Arcabouço da compostagem para valorização dos Resíduos Orgânicos.**

<b>Arcabouço da compostagem para valorização dos RVs</b>	
Resolução SMA Nº69/2020	Dispõe sobre a dispensa de licenciamento ambiental das atividades de compostagem e vermicompostagem de resíduos orgânicos compostáveis de baixo impacto ambiental, sob condições determinadas. Estado de São Paulo.
Resolução SMA/SSRH nº 05/2013	Disponibiliza recursos para criação de usinas de compostagem.
Lei Estadual nº12.300/2006;	Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes. Estado de São Paulo.
Decreto Estadual nº54.645/2009;	Regulamenta dispositivos da Lei nº 12.300 de 2006, que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos, e altera o inciso I do artigo 74 do Regulamento da Lei nº 997, de 1976, aprovado pelo Decreto nº 8.468, de 1976. Estado de São Paulo.
Lei Federal nº11.445/2007	Conceitua os serviços públicos de manejo de resíduos sólidos, em seu artigo 7º, estabelece entre suas atividades o tratamento dos resíduos domésticos e daqueles oriundos da limpeza de logradouros e vias públicas, “inclusive por compostagem”.
NBR16.246-1/2013	Florestas urbanas — Manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas
Resolução CONAMA Nº481/2017	Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências.
Lei Federal nº12.305/2010 Artigo 3º, inciso VII;	Considera a compostagem como uma forma de destinação final ambientalmente adequada de resíduos.
Lei Federal nº12.305/2010 Art. 36º, inciso V;	No âmbito da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, cabe ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, observado, se houver, o plano municipal de gestão integrada de resíduos

	<p>sólidos:</p> <p>V - Implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido.</p>
Lei Municipal nº 10.501/2019	Dispõe sobre a obrigatoriedade da reciclagem de resíduos sólidos orgânicos no Município de Florianópolis - SC.
Lei Municipal nº3.853/2019	Disciplina a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, instituindo a Política Municipal de Resíduos Sólidos de Diadema-SP e dá outras providências.
Lei nº 6518/2020	Dispõe sobre a obrigatoriedade de tratamento dos resíduos sólidos orgânicos no Distrito Federal por processos biológicos.
Lei Municipal nº2.179/2010	Autoriza o município a conceder Permissão de Serviço Público de Usina de Tratamento e Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos e dá outras providências, Cambuquira-MG.
Lei Municipal nº201/2017	Refere-se a concessão de uso dos bens públicos descritos no art.4º, se dará pelo prazo de até 10 (dez) anos, prorrogável uma vez, por até igual período e deverá ser utilizada com a finalidade de proceder à triagem, reciclagem e compostagem do resíduo sólido domiciliar ou equiparado coletado no Município de Itapagipe-MG cabendo a este, complementar o necessário para a consecução deste objetivo.
Lei Nº 6518 de 12/03/2020	Dispõe sobre a obrigatoriedade de tratamento dos resíduos sólidos orgânicos no Distrito Federal por processos biológicos. Brasília – DF.

Fonte: Próprio autor.

Logo abaixo na figura 09, um infograma é apresentado revelando um panorama didático dos caminhos percorridos da compostagem no país e a geração dos resíduos verdes.

Figura 9 - Infograma, etapas da compostagem de acordo com a PNRS.



Fonte: Brada, 2012.

## 2.6 - Gestão pública

Mais alinhamento de ações entre os gestores públicos se fazem necessário, (MEIRA, 2010), pois decisões importantes sempre são seguidas de uma alta complexidade para alcançar boas ações, diante de um cenário de baixa oferta de ambientes saudáveis e com uma produção em torno de 37 milhões de toneladas de resíduos orgânicos no país (ABRELPE, 2019), aproximadamente 51% do total gerado em 2018. Um meio de trazer vantagens ambientais e socioeconômicas seria a compostagem dos resíduos orgânicos.

Pois, a busca por um recurso ou uma ferramenta com capacidade de usar uma linguagem de fácil entendimento para o público, pode ter o potencial de reduzir ou até sanar a falta de planejamento das cidades brasileiras. Estas com seus diversos problemas com o crescimento da população e o aumento na geração de resíduos sólidos, além daqueles gerados pelos serviços de limpeza pública como coleta e destinação dos resíduos de feiras livres (Frutas, legumes e verduras), capinas, podas e roçadas, onde a gestão municipal não assume seu protagonismo, diante desse cenário.

Além de indicar meios de encontrar recursos como o Programa Município Verde Azul e o ICMS Ecológico. Estes valores poderão ser acessados conforme os gestores se mobilizarem para se adequarem para atender os requisitos de cada programa e ter seus benefícios liberados para dar suporte em seus respectivos projetos municipais (CNM, 2022<sup>2</sup>).

Nos meios de comunicação também pode-se encontrar publicações que contenham uma tendência de reaproveitamento de resíduos das feiras livres, a cidade de Salto - SP e Praia Grande - SP (Figura 10), a primeira com uma planta consolidada e a prestação de vários serviços, como a venda de material compostado e respectivamente a segunda com um projeto para implantação de uma usina de beneficiamento, num espaço de quase três mil metros quadrados, no segundo semestre de 2023.

**Figura 10** - Projeto de implantação de compostagem dos resíduos orgânicos de feira livre.

## A TRIBUNA

Terça-feira, 28 de Fevereiro de 2023

Notícias ▾ Esportes ▾ Santos FC Porto Variedades ▾ Opinião ▾ Projetos ▾ Clube Impresso Acervo Assinante Classificados

# Resíduos de feira livre vão virar adubo em Praia Grande

Usina de compostagem será aberta no próximo semestre, de acordo com a Prefeitura



Por: Júnior Batista - 25/01/23 - 09:20



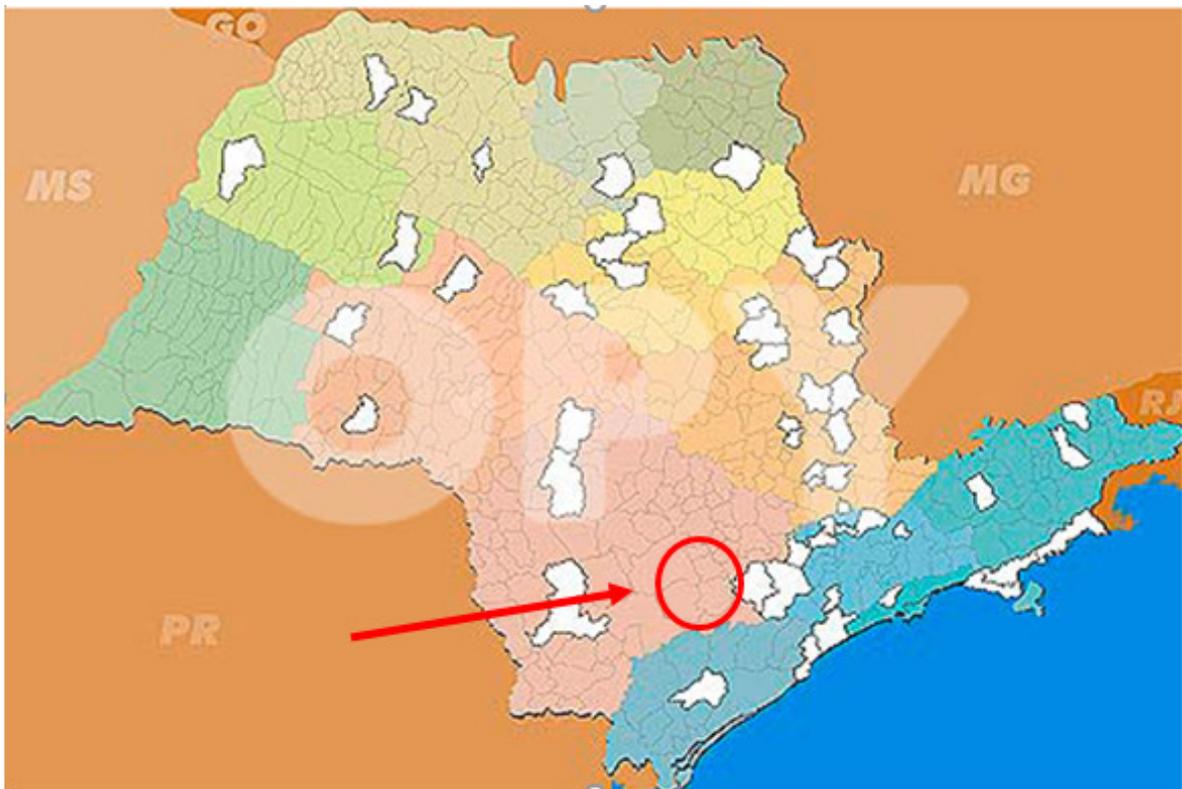
Prefeitura não tem estimativa da quantidade de adubo que será possível produzir com os resíduos Foto: Alexsander Ferraz/AT

Fonte: A tribuna, 2023.

## 2.7 - Área de estudo

O município de São Roque, foco deste estudo, está localizado entre as coordenadas 23° 31' 51" Sul (Latitude), 47° 8' 8" Oeste (Longitude), na Mesorregião Macro Metropolitana Paulista e na Microrregião de Sorocaba, a 60 km da capital paulista (Figura 11). São Roque faz divisa com as cidades Araçariguama e Itu ao norte; a leste com Cotia, Itapevi e Vargem Grande Paulista e ao sul com Ibiúna e a oeste com Mairinque.

**Figura 11** - Mapa dos municípios paulistas com até 100 mil habitantes / Região administrativa.



Fonte: Cidades paulistas, 2020.

A cidade está com taxa de urbanização em 76% (Quadro 3), sendo os demais 24 % em área rural. Seu clima está classificado como temperado, brando sem estiagem, com temperaturas médias anuais entre mínimas de 22°, e alta de 32° graus (IBGE, 2021). A precipitação média anual é de 2,458,1 mm e média anual de umidade relativa do ar em torno de 86%, de acordo com dados do Instituto Nacional de Meteorologia (DNMET, 2002).

**Quadro 3** - Caracterização da área de estudo do município de São Roque-SP.

<b>Caracterização da área de estudo</b>	
<b>Município</b>	São Roque – SP
<b>Distância da capital</b>	60km
<b>Localização</b>	23° 31' 51" Sul (Latitude) e 47° 8' 8" Oeste (Longitude)
<b>Microrregião</b>	Sorocaba - SP
<b>Fronteiras</b>	Ao norte com Araçariguama e Itu; ao leste com Cotia, Itapevi e Vargem Grande Paulista; ao sul com Ibiúna e a oeste com Mairinque.
<b>População</b>	93.076 habitantes
<b>Índice de Desenvolvimento Humano Municipal</b>	0,768
<b>PIB per capita</b>	R\$ 33.763,03
<b>Densidade demográfica</b>	256,82 hab/km <sup>2</sup> numa área de 306,90 km <sup>2</sup> (30.609 hectares)
<b>Área territorial</b>	306,908 Km <sup>2</sup>
<b>Área urbanizada</b>	34,27 Km <sup>2</sup>
<b>Taxa de urbanização</b>	57,1%
<b>Taxa de arborização urbana</b>	73,9%
<b>Bioma</b>	Mata Atlântica
<b>Clima</b>	Temperaturas médias anuais entre mínimas de 22°C e alta de 32°C.

Fonte: IBGE, 2021.

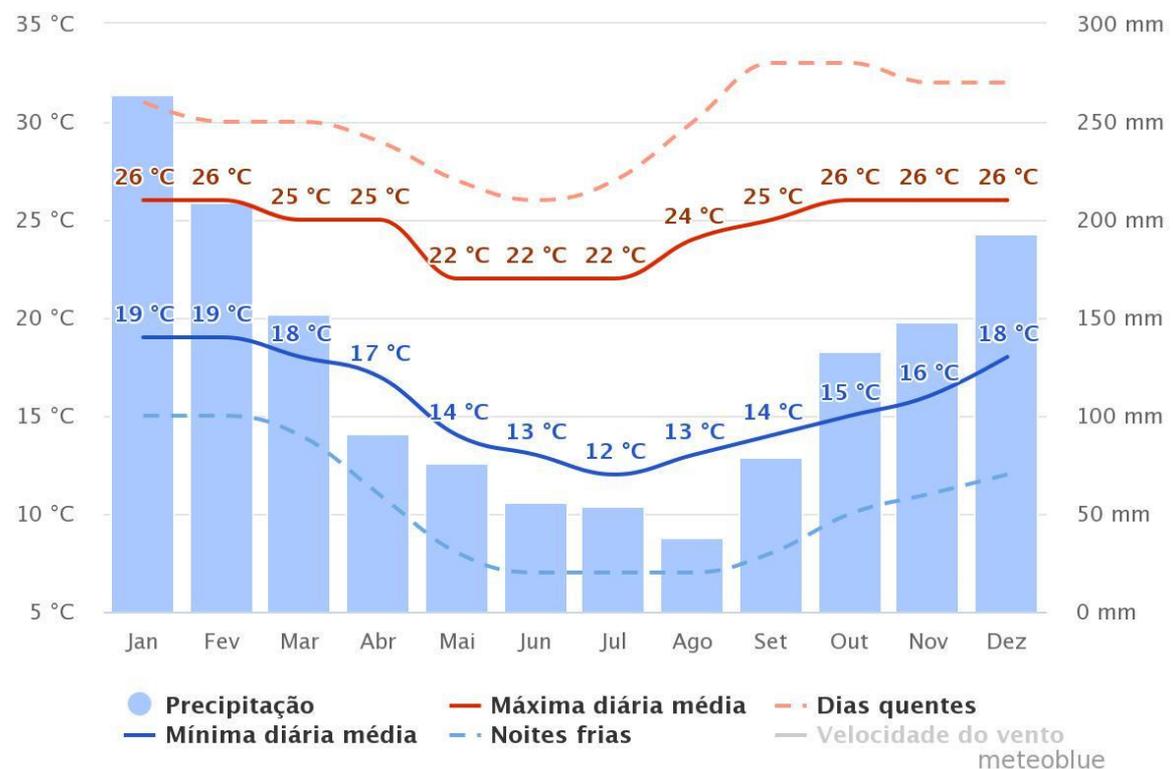
De acordo com a classificação climática de Koppen (1948), a região de São Roque é de Clima Subtropical de invernos secos, com temperaturas inferiores a 18° e verão quente, com temperaturas superiores a 22°. Este é o clima da maior parte do Estado de São Paulo, principalmente nas regiões central, leste e oeste (VENTURA,1964). Os dados pluviométricos mais próximos (CEMAGRI- UNICAMP, maio de 2018) estimam para o município a média anual de 1321,1mm.

Os dados históricos simulados de clima e tempo para São Roque foram gerados pelo

*Meteo Blue* e apresentam o comportamento da chuva e da temperatura ao longo de 12 meses e com a observação a partir de uma série de dados de 30 anos se calculou as médias climatológicas e foi possível identificar as épocas mais chuvosas/secas e quentes/frias do referido município.

No gráfico da figura 12 foram identificados as temperaturas “máxima diária média”, representado pela linha vermelha contínua, mostrando a média da temperatura máxima de um dia para cada mês para São Roque. Seguindo o mesmo modelo, a linha azul contínua, faz referência a “mínima diária média” e mostra a média da temperatura mínima. O acesso aos dados do vento não são mostrados por norma, mas podem ser encontrados conforme a necessidade de busca por mais informações. Para apontar os dias quentes e noites frias, linhas vermelhas e azuis tracejadas, mostram a média do dia mais quente e da noite mais fria de cada mês nas últimas três décadas.

**Figura 12** - Temperaturas e precipitações médias de 30 anos do município de São Roque - SP.



Fonte: Meteoblue, 2023.

### **3 - OBJETIVOS**

O objetivo geral da pesquisa foi avaliar como ocorre o acesso, coleta, geração, destinação, transporte e tratamento dos resíduos orgânicos (Resíduos verdes e de feiras livres) no município de São Roque – SP, fazendo uma caracterização e dimensionamento desta biomassa produzida e verificar seu potencial de aproveitamento.

#### **3.1 - Objetivos específicos**

- ✓ Caracterizar quali-quantitativamente os Resíduos Verdes e Resíduos de Feira Livre no município estudado;
- ✓ Analisar o potencial de valorização dos resíduos verdes e de feiras livres do local de estudo;
- ✓ Avaliar os custos/benefícios da valorização dos Resíduos Verdes e Resíduos de Feira Livre do município de São Roque-SP;
- ✓ Propor itens para elaborar um manual de valorização dos resíduos verdes e de feiras livres para municípios de pequeno porte.

## **4 - METODOLOGIA**

Para avaliar o potencial de valorização dos resíduos orgânicos do município de São Roque, estabeleceu-se um conjunto de etapas consecutivas envolvendo o desenvolvimento dos objetivos específicos para construir uma resposta sólida sobre a avaliação proposta. E desse modo desenvolver o trabalho uniformemente. A pesquisa bibliográfica sintetizou e analisou as diversas informações existentes sobre o assunto foco deste projeto, que muitas vezes se encontravam pulverizadas em artigos, trabalhos científicos, dissertações, teses, normas e documentos técnicos e publicações da literatura científica.

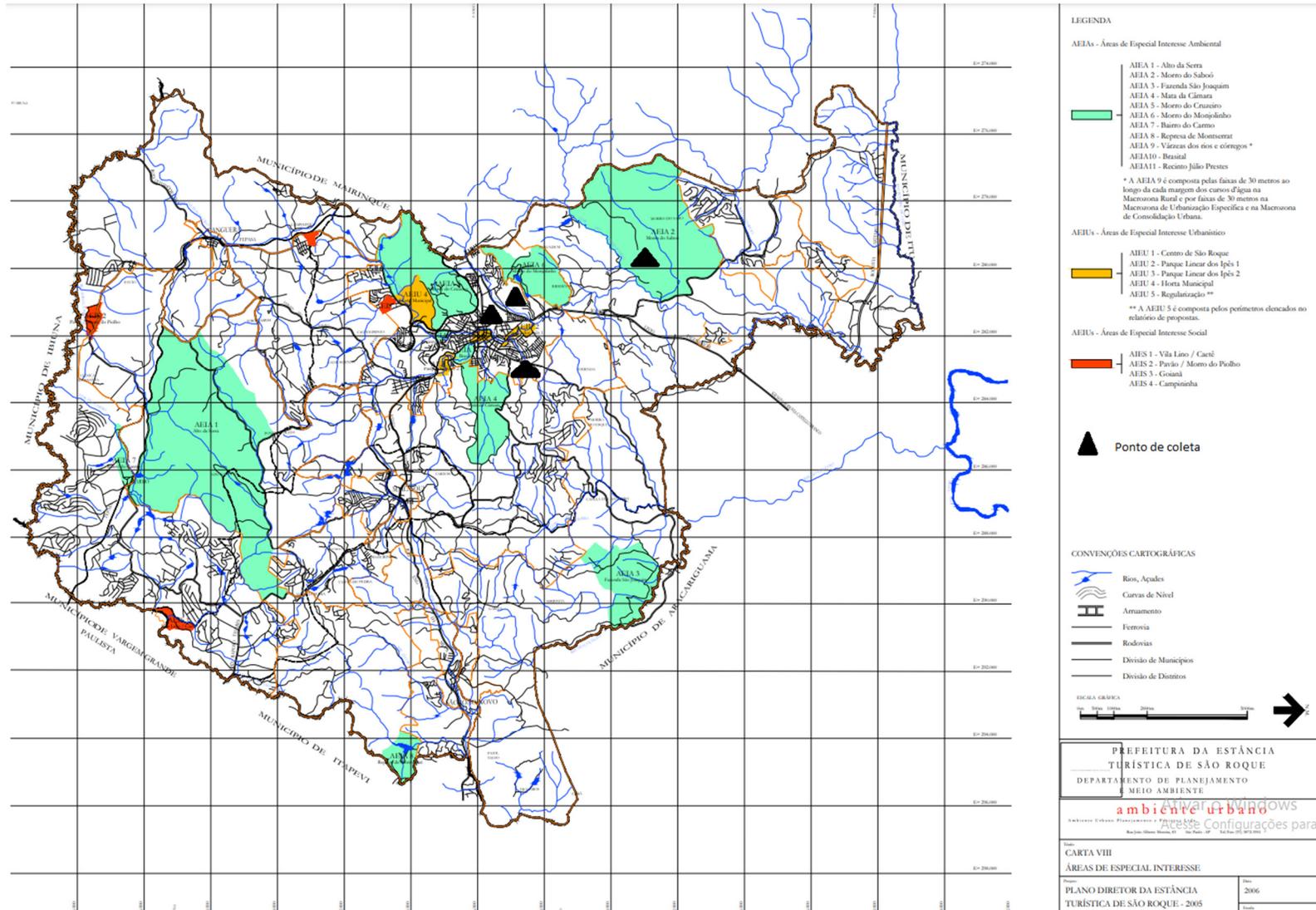
A seleção do município de estudo ocorreu devido a sua configuração (Número de habitantes, extensão de área urbana e rural, turismo) que se assemelha à muitas cidades de pequeno porte de nosso país, e ainda o acesso a equipamento e ferramentas do meu trabalho para auxiliar os estudos. No que se refere ao estudo em questão, há uma escassez de material que correlacione a valorização dos resíduos orgânicos, com os impactos no aumento de vida útil de aterros sanitários e como a prática da compostagem, difundida para as cidades de pequeno porte, minimizaria tais consequências com a utilização de um manual técnico.

### **4.1 – Caracterização quali-quantitativa dos Resíduos Verdes e Resíduos de Feira Livre no município estudado**

#### **4.1.1 – Resíduos verdes**

Para a caracterização quali-quantitativa dos resíduos verdes do município de São Roque, foi necessária uma análise do plano diretor do município para identificar os locais apropriados para a coleta das amostras a caracterizar, onde identificou-se as áreas de proteção ambiental e de interesse de desenvolvimento urbano, as áreas de convivência, as áreas de circulação de veículos e ciclismo (Figura 13).

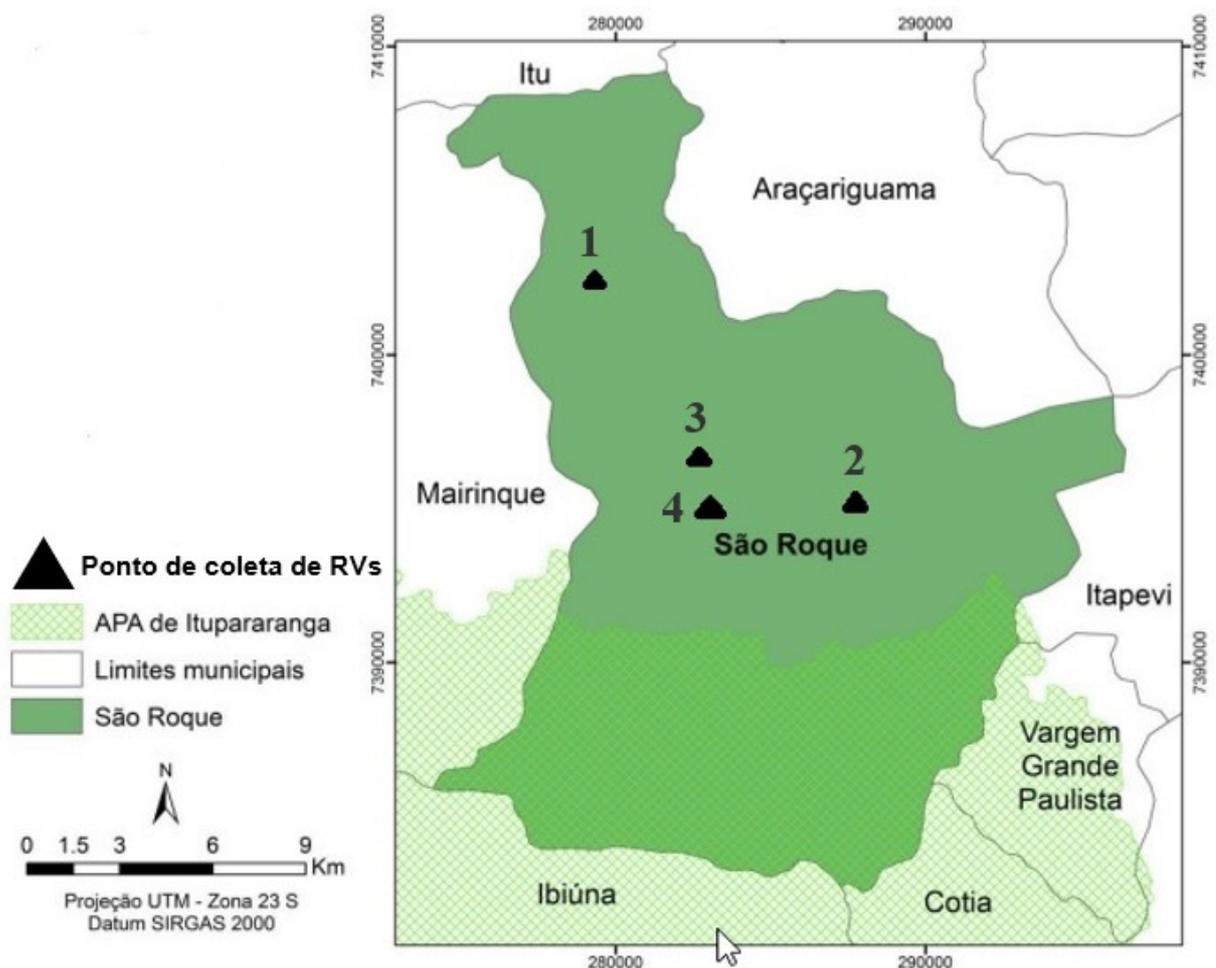
Figura 13 - Plano diretor da Estância Turística de São Roque com as Áreas de Interesse Ambiental, Urbanístico e Social.



Fonte: São Roque, 2023.

Com base no plano diretor e em visita a área urbana e rural do município, foram estabelecidos 4 pontos de coleta, conforme mostra a Figura 14. Esta seleção teve como base dois princípios: locais com serviço sendo realizado no momento e também uma diferenciação entre rural e urbano, considerando que as características dos resíduos verdes pode ser diferenciada entre um e outro. Pode-se dizer que esta seleção foi aleatória, mas em visita aos locais percebeu-se que elas apresentavam diferenças quanto ao tipo de vegetação, declividade do terreno e adensamento vegetal.

**Figura 14** - Limite do município de São Roque – SP e seus pontos de coleta de RVs.



Fonte: São Roque, 2023.

Para a realização da caracterização quali quantitativa, contou-se com uma parceria existente entre a empresa prestadora de serviços de limpeza de áreas verdes e ajardinadas da zona urbana, com a prefeitura de São Roque. Esta parceria foi favorável no sentido de que o pesquisador e funcionário da empresa prestadora de serviços, já possuía conhecimento prévio

da área urbana e rural envolvida. Além disso, foi possível ter acesso ao cronograma de manutenção e conservação de áreas verdes, com serviços de roçagem, poda e capina.

Os locais de coleta na zona rural referiu-se a área onde está localizado o Morro do Saboó, conforme destacado no mapa de Zoneamento Ambiental do município (Figura 14). Na zona rural a frequência de manutenção é maior que na urbana, porque os moradores é que fazem a manutenção e menos pelo poder público.

Os locais de coleta na zona urbana, são todos pavimentados e sem lixeiras próximas. A vegetação em área aberta não ultrapassou 30 cm de altura. Por outro lado, a vegetação próxima de muros e escadarias, ultrapassaram 1,5 m de altura, como por exemplo as plantas de Pé-de-mamona (*Ricinus communis L.*) Nos locais de vegetação menor, a roçagem era feita por meio de roçadeira acoplada a trator (Roçada mecanizada) e nos locais de vegetação de maior porte, a roçagem era feita manualmente por meio de foice e facão.

Nos 4 pontos de coleta estabelecidos e denominados de R1(Rural – Morro do Saboó), U2 (Urbano – Mosteiro), U3 (Urbano – Alpes do Guaçu) e o U4 (Urbano – Portal da cidade), foram realizadas duas campanhas de caracterização, sendo a primeira realizada no ponto R1 e a segunda realizada nos pontos U2, U3 e U4 para dois grupos de resíduos: resíduos verdes e resíduos inorgânicos (que estavam presentes nestes locais). O ponto de coleta número 2 (U2) era o mais crítico dentre os 4 pontos porque fazia aproximadamente 5 meses em que não tinha manutenção local.

A escolha desses 4 pontos teve como base o fato de que a ocupação urbana da cidade de São Roque apresenta 5 situações distintas de áreas verdes, que buscou-se representar pelos pontos escolhidos, estes demonstram locais comuns na cidade, como espaços públicos, ruas, praças, calçadas e locais de circulação de pedestres, com essa amostra do cenário urbano foi identificado as áreas onde a geração é maior do que em outros locais, a exemplo de áreas próximas ao centro e outras não tão próximas.

A campanha 1 (área urbana – Pontos R1), teve duração de um dia (18/06/2021) e os resíduos verdes ali coletados foram armazenados em sacos e deixados por um período de 4 meses (18/06/2021 até 18/10/2021), com pesagem mensal, para se verificar a redução de volume em virtude do espaço de armazenamento desses resíduos para uso futuro na valorização.

A campanha 2 envolveu os 4 pontos de coleta citados acima e ocorreram entre os dias 19 e 20 de abril de 2022.

A campanha 1 foi realizada em único ponto (U1 Urbano – margem do rio/Rodovia) e a campanha 2 nos quatro pontos citados na figura 14, essa diferença de pontos de coleta entre as campanhas se deve ao fato de que houve uma oportunidade prévia de realizar a coleta de

amostra do ponto U1 em virtude da disponibilidade de funcionários, materiais e equipamentos de acordo com o cronograma de execução de serviços da empresa prestadora de serviços contratada pela municipalidade, este momento foi aproveitado de forma a coletar e produzir material e informações sobre esse primeiro local de estudo para ter um cenário prévio do tipo de vegetação do ambiente e sua densidade e números de espécies ali estabelecidas, pois esses dados foram utilizados como referência para os estudos que vieram posteriormente.

#### 4.1.2 – Resíduos de feiras

São Roque possui sete feiras livres que funcionam cinco vezes durante a semana (terça, quarta, sexta, domingo e sábado). Dentre estas, selecionou-se a de maior porte porque está mais próxima da garagem onde a empresa tem a sua base de serviço. Com base nos dados coletados desta feira, pretendeu-se fazer uma projeção do quanto as feiras geram de resíduos, considerando o peso de cada uma. Para isso, foi feito um levantamento de dados sobre o quanto cada feira gerava de resíduos e feitas algumas observações sobre o seu funcionamento e particularidades das feiras.

Os resíduos de feira livre foram coletados por meio de 5 amostras (5 semanas) em uma campanha de um mês, iniciando no dia 28/05/2021 e finalizando no dia 25/06/2021. Como este era ainda um período pandêmico, pode ser que os dados atuais sejam um pouco diferentes dos coletados.

Para a realização da coleta, foi feita uma visita prévia à feira e verificada a variabilidade de bancas (Gráfico 5), o tipo de alimento comercializado e a disposição delas no perímetro da rua onde ocorre a feira. Por fim, a coleta dos resíduos ocorreu em todas as bancas da feira e separados por tipo e pesados em balança de gancho com capacidade de 50kg. Os dados foram anotados em planilha devidamente organizada para isto com data da coleta, tipo de resíduo e peso em kg.

A feira livre selecionada, situa-se na Avenida Bandeirantes (Figura 15). Em razão da disponibilidade de suporte de funcionários, um caminhão Cargo 816, da marca *FORD* com capacidade de 4.800 Kg de carga total foi disponibilizado para as coletas na Avenida Bandeirantes, por meio da empresa responsável pela coleta de resíduos urbanos no município.

**Figura 15** - Área de extensão da feira livre da Avenida Bandeirantes, São Roque-SP, onde houve as coletas de resíduos resultantes de sua atividade.



Fonte: Google, 2022.

Posteriormente a coleta, ocorreu a realização do recolhimento dos resíduos e em seguida a segregação do material, pois a pesagem foi feita logo após a coleta, já que seu armazenamento é inviável e resultaria em propagação de mau cheiro, atração de fauna sinantrópica e geração de chorume extras e ainda o fato de não haver bombonas ou caçambas e local adequado à disposição para tal atividade de depósito destes resíduos, visto que a maioria dos resíduos que possuem biomassa proteica, em sua composição, geram odor desagradável ,quando está em processo de decomposição, mais forte que os resíduos vegetais.

#### **4.2 - Análise do potencial de valorização dos resíduos verdes e de feiras livre do local de estudo**

A mesma revisão de literatura utilizada para os resíduos verdes, também foi importante nesta etapa de identificação das melhores soluções para os resíduos verdes e de feiras livres no município de São Roque.

Para esta análise os resíduos verdes em específico foram divididos em três categorias:

aparas/podas, galhos e resíduos de feira.

a) Aparas/podas

Os resíduos de aparas foram considerados aqueles de apara de grama das áreas públicas e as folhas geradas nas podas de árvores, além de incluir os galhos finos, abaixo de 80mm de diâmetro. A caracterização destes resíduos trouxe dados quanto ao tipo, porte e quantidade. Com base nestes dados, foi possível fazer uma projeção da quantidade de aparas e podas geradas mensalmente no município de São Roque. Do ponto de vista físico químico, não foi possível uma análise de laboratório por não se ter recursos financeiros para esta finalidade.

b) Galhos

Neste caso, foram considerados os galhos finos e os mais grossos, com diâmetro acima de 80 mm. Estes podem ser triturados e incorporados nos processos de valorização em conjunto com os resíduos de aparas ou podem simplesmente ser desganhados e colocados para secar para aproveitamento energético. Ressalta-se aqui que a caracterização quali-quantitativa dos resíduos não teve a intenção de quantificar cada um deles porque esta é uma tarefa difícil de ser operacionalizada, mas ela trouxe dados visuais sobre a predominância de cada categoria nas amostras utilizadas. Para isso, foi feita uma visita ao aterro de inertes da cidade (Figura 11), onde são depositados os troncos, galhos grossos etc, tanto pela empresa prestadora de serviço quanto pela comunidade local. Esses galhos foram avaliados do ponto de vista do uso tanto em processos biológicos de reciclagem (compostagem e biodigestão), como em outros processos de aproveitamento como o fornecimento de energia por meio de lenha ou peletização (fabricação de *pellets*).

c) Resíduos de feira livre

Os resíduos de feira livre são importantes no processo de valorização de resíduos verdes porque fornecem umidade, nutrientes e outros elementos importantes para deflagrar os processos de reciclagem, seja os de biodigestão, seja os de compostagem.

Para as demais feiras livres foi realizada uma estimativa média de produção total de resíduos por local, informações fornecidas por um gestor da empresa, realizada em diferentes pontos da cidade de São Roque como bairros, distritos e localidades. Foram feitas algumas observações sobre o seu funcionamento e particularidades das feiras. O intuito nesta análise dos

resíduos de feira foi entender qual a quantidade necessária destes resíduos em associação com os resíduos de podas/aparas para compor processos de compostagem ou biodigestão.

Desta forma, ficou a seguinte questão: quanto de resíduo de apara/podas podem ser utilizados conjuntamente com os resíduos de feira para o processo de compostagem e para o processo de biodigestão, considerando sempre os benefícios (maior ou menor) desta associação. Além disso, buscou-se calcular a quantidade de resíduos de feira que poderiam ser valorizados da melhor forma possível, ou seja, considerando os aspectos técnicos, econômicos e ambientais. Tudo isso, em função do espaço ocupado por cada processo e a facilidade de aplicação no município.

No final da avaliação do processo de valorização, buscou-se encontrar caminhos que fossem sustentáveis e de fácil execução, com durabilidade ao longo do tempo.

### **4.3 - Avaliação dos custos/benefícios da valorização dos Resíduos Verdes e Resíduos de Feira Livre do município de São Roque-SP**

Sabe-se que a valorização dos resíduos verdes e de feira livre evitam custos de aterramento, mas é importante considerar um conjunto de detalhes nesta análise, para indicar o custo/benefício. Esse custo benefício deve ser entendido do ponto de vista econômico e também do ponto de vista das emissões evitadas e do retorno ambiental e de saúde pública que pode estar envolvido. Neste sentido, a análise então buscou trilhar dois caminhos: econômico e ambiental/saúde.

#### **4.3.1 – Custo benefício econômico**

Neste caso, foram considerados os custos/gastos com a coleta, transporte e destinação final nas atividades de limpeza pública e também os custos gerados pela via de valorização, que descreve outro fluxo para os resíduos considerados. Para a obtenção destes custos, foi contactado o setor responsável na prefeitura/empresa prestadora de serviço e feito um levantamento. É importante ressaltar que o pesquisador deste trabalho fazia parte do corpo técnico da empresa que era responsável pelo gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos do município de São Roque, o que facilitou a obtenção dos dados.

Após o levantamento dos custos descritos, foi feita uma subtração dos valores referentes

aos custos atuais, em relação aos custos gerados (literatura), para as vias de valorização. Com base nestes dados, foi possível discutir as vias de valorização em relação aos custos e implicações das vias atuais, considerando aspectos econômicos.

#### 4.3.2 – Custo benefício ambiental/saúde

O custo benefício ambiental/saúde é uma métrica complexa e trabalhosa de ser realizada pelos muitos aspectos envolvidos e a dificuldade de se medir estes custos. Desta forma, optou-se neste trabalho por considerar os aspectos qualitativos destes custos, sem considerar valores especificamente. No aspecto ambiental, considerou-se os benefícios gerados pela nova rota dos resíduos verdes de feiras livres tais como o poder da reciclagem destes resíduos, retornando ao ciclo de consumo por meio de fertilizante (nutrientes) ou energia e pelo quanto se evita de emissões com esta prática. Além disso, ao se evitar o aterro sanitário ou os métodos de disposição no solo, que são muito variados no Brasil, evita-se a produção de gases que podem ser agressivos a atmosfera e os líquidos gerados por estes resíduos nos aterramentos, colocam em constante risco o meio ambiente e a saúde da população e por isso este aspecto foi considerado nesta análise em São Roque.

#### **4.4 - Elaboração de um manual de valorização dos resíduos verdes e de feiras livres para municípios de pequeno porte**

Com base na caracterização dos resíduos verdes e de feiras livres, na análise do custo benefício e no potencial de valorização destes resíduos, foi possível apontar caminhos para municípios de pequeno porte sob a forma de um pequeno manual, que possa servir para a tomada de decisão ou mesmo um instrumento de reflexão para os técnicos e profissionais na área.

Como um ponto fundamental a construção de um contrato que contenha toda uma estruturação clara das atribuições das partes envolvidas pode criar condições melhores de executar diferentes projetos de compostagem para diversas realidades em várias localidades. Para o desenvolvimento dos trabalhos de coleta e manutenção da limpeza do município. Já inclusos contatos com outras secretarias e atendo as PNRS e PNSB (Plano Nacional de Saneamento Básico) atualizados também.

A elaboração de itens do manual foi realizada dividindo-se o gerenciamento dos resíduos orgânicos considerados em 7 etapas: Conhecer; Objetivo; Espaço; Recursos disponíveis (humanos/físicos/econômicos); Execução e manutenção; Aplicação do produto obtido; Ganhos do fluxo de valorização. Todas estas etapas buscam encaminhar os resíduos orgânicos de forma sustentável e duradoura ao longo do tempo, tendo como objeto futuro aterro zero ou servindo a esta finalidade como um instrumento.

## **5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Os resultados foram organizados de acordo com as etapas da metodologia e referem-se a: Caracterização quali-quantitativamente os Resíduos Verdes e Resíduos de Feira Livre; Análise do potencial de uso dos resíduos verdes e de feira livre através de processos de valorização; Avaliação do custo/benefício da valorização dos Resíduos Verdes e Resíduos de Feira Livre do município de São Roque-SP; Elaboração de um manual de valorização dos resíduos verdes e de feiras livres para municípios de pequeno porte.

### **5.1 - Caracterização quali-quantitativamente os Resíduos Verdes e Resíduos de Feira Livre**

#### **5.1.2 – Resíduos verdes**

Em relação aos resíduos verdes, originados de podas, capinas e roçadas, estes tiveram sua geração registrada em torno de 88% para fração orgânica e de 12% para inorgânicos (resíduos como plástico, vidro, metal, papel, borracha etc).

Na coleta dos resíduos verdes, observou-se que havia espécies que predominavam como o Capim-Guiné ou Colônã (*Panicum maximum*) e Capim angola (*Brachiaria mutica*) (Figura 16).

Na Figura 17 estão os resíduos de galhadas gerados por munícipes e empresas privadas na cidade, que foram dispostos sem terem tido um reaproveitamento da sua biomassa. Esse material estava passível de tratamento adequado, mas devido à alguns troncos serem mais espessos, estes devem passar por um processo de trituração para ter tamanho adequado para fazer parte de uma leira de compostagem.

**Figura 16** - Resíduos verdes, aparas de grama, coletados em 10 metros lineares no U1, após roçagem mecanizada e rastelamento para coleta. E identificação de espécies e pesagem da biomassa coletada.



Fonte: Próprio autor.

Em uma avaliação visual foi identificado uma proporção de maior peso para troncos e galhos com dimensão entre 10 e 2 centímetros com comprimento de até 1,5 metro, seu peso variou entre um e oito quilos, os resíduos verdes destinados a este local tem origem de locais diversos dentro da área urbana de serviços de natureza particular, ou seja, por meio de contratação de mão obra temporária por moradores e comerciantes que possuem árvores ou pequenos bosques dentro dos limites de suas respectivas propriedades comerciais e residências.

Essa composição de galhos menores carece de um tratamento compatível, com sua configuração de peso e dimensão para atingir uma granulometria adequada para ser adicionada em leira de compostagem com valores não superiores a 0,08cm. E deste modo compor as camadas necessárias para formar a pilha composta para produzir um material bem estruturado para ser aplicado no cultivo de vegetais.

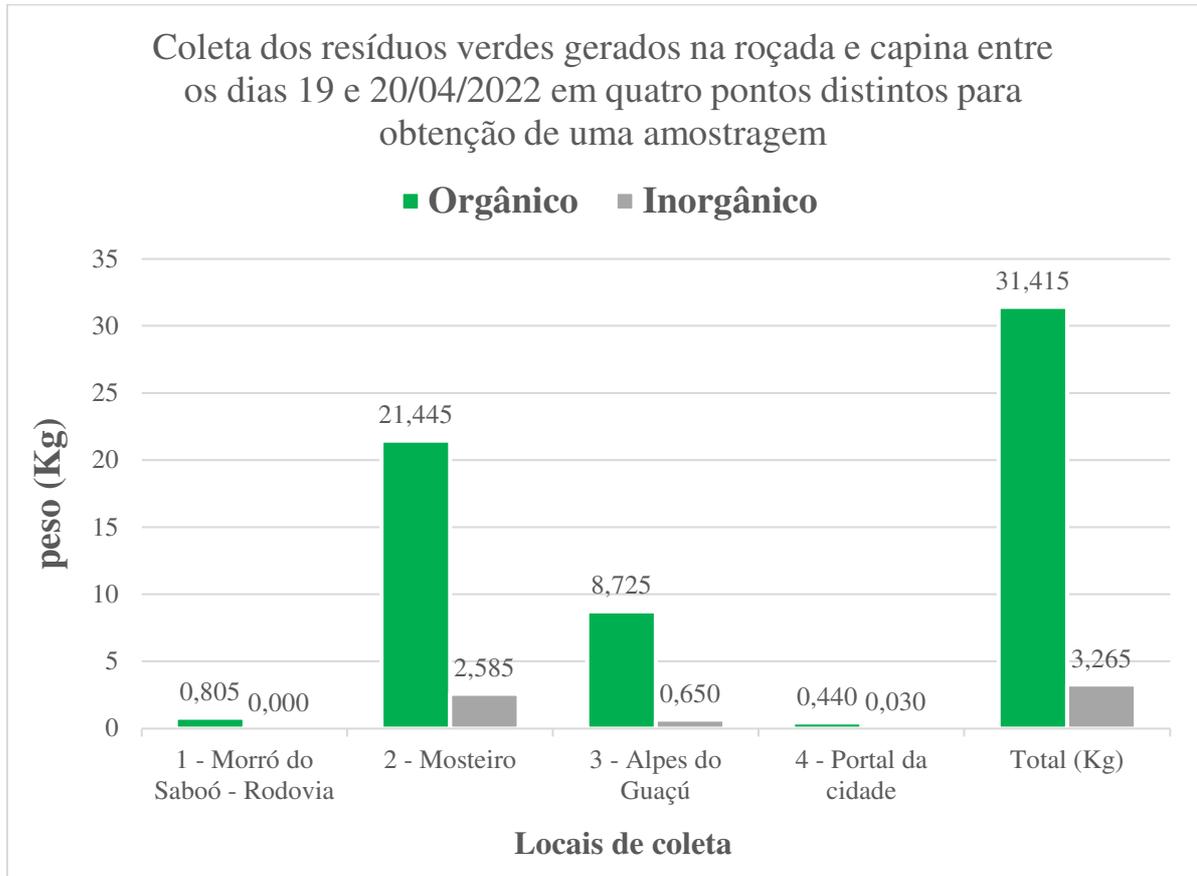
**Figura 17** - Depósito de resíduo verde gerados em serviços de manutenção e conservação na área de estudo.



Fonte: Próprio autor.

No ponto 1 (Gráfico 1), abrangido na área rural, possivelmente, devido a pouca circulação de pessoas a pé e a maior circulação de veículos e ciclistas na região, não houve o avistamento de resíduos inorgânicos no local de coleta, fator que corrobora na ideia de que esses cidadãos que ali circulam têm um grau de envolvimento com educação ambiental muito alto e a preocupação de manter o ambiente onde circulam limpo e conservado.

**Gráfico 1** - Coleta dos resíduos gerados na roçada e capina entre os dias 19 e 20/04/2022 em quatro pontos distintos para obtenção de uma amostragem aleatória



Fonte: Próprio autor.

Os maiores valores de resíduos gerados e coletados foram no ponto 2, dentro da área urbana, próximo a uma escadaria entre as ruas José Ghissardi e Geovane Paolo II no bairro Mosteiro. Nesse local existe uma circulação maior de pessoas e de números de residências, fatores que provavelmente contribuíram para um descarte irregular de embalagens diversas como de produtos de limpeza, alimento e bebidas, composta de metal, papel e plásticos variados.

O ponto 3, localizado na área plana e em trecho urbano, do topo de um terreno inclinado, apresentou pouca quantidade de resíduos inorgânicos e também baixa diversidade vegetal, apenas a espécie Capim do Texas Verde (*Pennisetum setaceum*) foi identificada com aproximadamente nove quilos de biomassa verde coletada. Neste mesmo local, na área inclinada, a presença de descarte de resíduos inorgânicos é significativa, mas estes não entraram na pesagem por está fora do local de coleta selecionado.

Em um chão plano foi obtido o menor resultado de todas as coletas (Ponto 4), pertencente à área urbana da cidade. Nele a geração de resíduos ficou muito abaixo da média, pelo fato da vegetação ser composta pela Grama Esmeralda – (*Zoysia japônica*) em

praticamente 100% dos 10 metros lineares traçados (Figura 18), não chegando a meio quilo de biomassa produzida, menos ainda a fração inorgânica com menos de 0,050Kg. Por estar mais suscetível aos intemperismos do clima, devido à baixa presença de vegetação forrageira, papeis e plásticos leves são carregados pela ação dos ventos ou chuvas fortes, deixando o terreno com pouca ou nenhuma acumulação de resíduos verdes e inorgânicos, os que foram encontrados, durante a coleta, provavelmente foram descartados ali no dia anterior ou poucas horas antes do serviço ser iniciado.

**Figura 18** – Área do ponto 4 delineada em 10 metros. E os sacos com os resíduos coletados e identificados.



Fonte: Próprio autor.

Na tabela 3 é mostrado a quantidade de resíduos verdes gerados durante os serviços manutenção e conservação de áreas verdes em São Roque foi de 2,352 Kg por metro quadrado (23.520 / 10m<sup>2</sup>) e a perda de peso em função do tempo pode ser visualizada no Gráfico 2. Em uma roçada feita em 10 metros lineares em terreno plano com vegetação entre 0,10m e 0,70m de altura, em dia de sol sem nuvens.

Os resultados dos sacos utilizados na coleta e pesagem mostraram que os sacos 2 e 3 apresentaram a maior quantidade de resíduos, como mostra a tabela 4. Com esses dados, foi obtida uma média de 2,292Kg de resíduo orgânico e 0,166Kg de resíduo inorgânico por metro linear (metro quadrado), que recebeu este serviço de limpeza urbana.

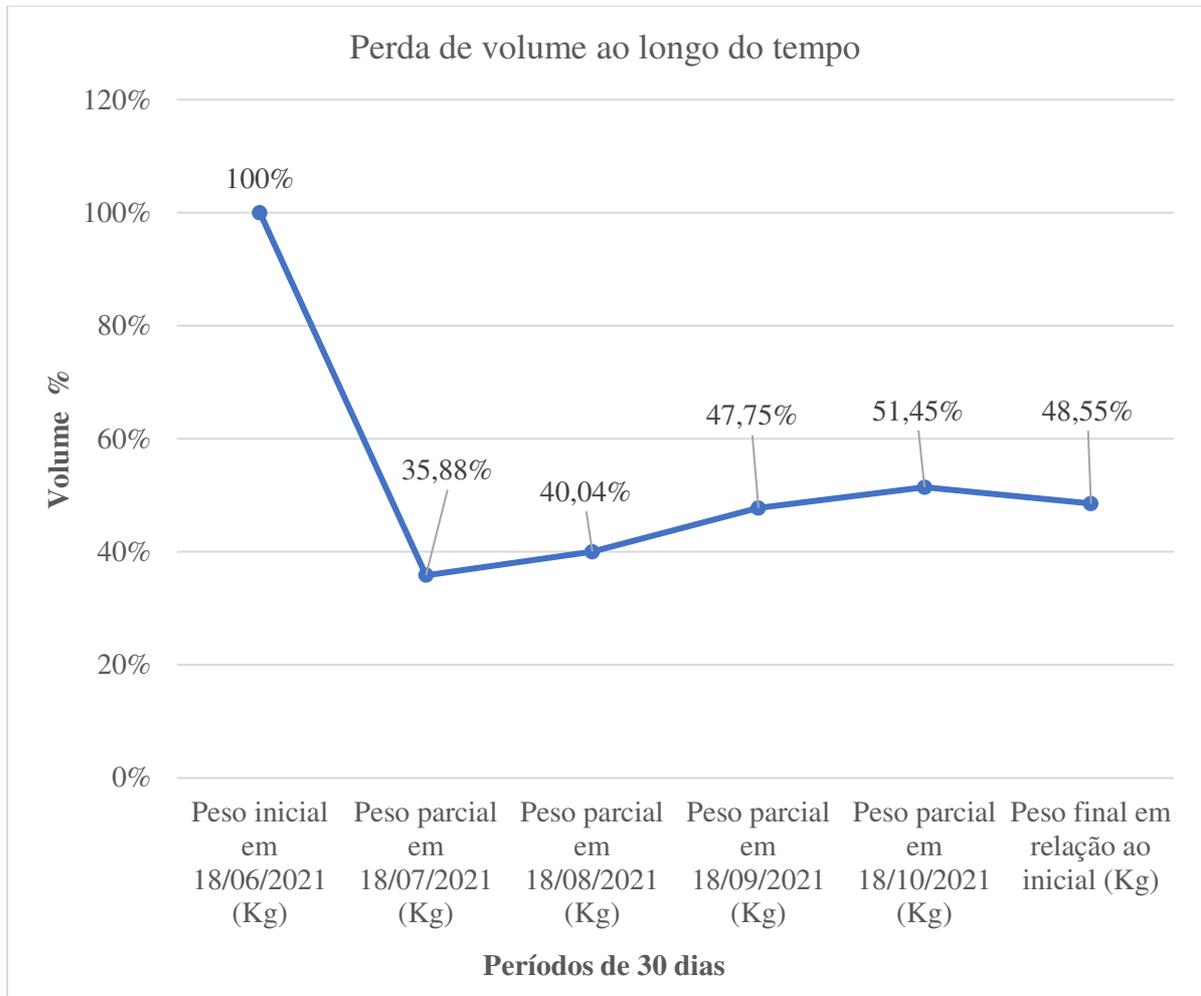
**Tabela 3** - Perda de volume ao longo do tempo. Coleta de resíduos verdes oriundos dos serviços de limpeza pública em São Roque em 18/06/2021. Estimativa de produtividade em 10 metros lineares foi de 24,580Kg e em seguida a observação da desidratação da biomassa coletada ao longo de 120 dias

<b>Coleta de resíduos verdes oriundos dos serviços de limpeza pública em São Roque – SP em 18/06/2021 numa área de 10 metros lineares para obter uma estimativa de produtividade e a observação da perda de volume da biomassa coletada ao longo de 120 dias.</b>							
	<b>Tipo</b>	<b>1 Dia</b>	<b>30 dias</b>	<b>60 dias</b>	<b>90 dias</b>	<b>120 dias</b>	<b>Peso final em relação ao inicial (Kg)</b>
		<b>Peso inicial em 18/06/2021 (Kg)</b>	<b>Peso parcial em 18/07/2021 (Kg)</b>	<b>Peso parcial em 18/08/2021 (Kg)</b>	<b>Peso parcial em 18/09/2021 (Kg)</b>	<b>Peso parcial em 18/10/2021 (Kg)</b>	
1	Saco 01 - Orgânico	3,830	2,730	2,395	2,210	2,190	1,640
2	Saco 02 - Orgânico	4,300	2,995	2,430	2,090	1,890	2,410
3	Saco 03 - Orgânico	5,310	4,345	3,830	3,205	2,900	2,410
4	Saco 04 - Orgânico	2,750	1,415	1,560	1,550	1,475	1,275
5	Saco 05 - Orgânico	3,600	1,675	1,680	1,675	1,720	1,880
6	Saco 06 - Orgânico	3,130	1,435	1,560	1,545	1,590	1,540
7	Saco 07 - Inorgânico	1,660	1,165	1,650	1,665	1,660	0,000
<b>Total (Kg)</b>		<b>24,580</b>	<b>15,760</b>	<b>15,105</b>	<b>13,940</b>	<b>13,425</b>	<b>11,155</b>

Fonte: Próprio autor.

Em seguida pode-se observar a perda de volume do resíduo verde ao longo dos meses (Gráfico 2), o que demonstra o quanto se deixa de aproveitar de nutrientes que poderiam estar compondo um material para ser aplicado em solo para saúde vegetal de várias espécies de interesse paisagísticos que podem ser utilizadas em áreas públicas.

**Gráfico 2** - Perda de volume do resíduo verde armazenado ao longo do tempo.



Fonte: Próprio autor.

Nos quatro pontos de pesquisa onde foram executados os trabalhos de roçada e coleta a geração de resíduos orgânicos correspondeu por 88,37% e a fração inorgânica foi representada por 11,63% do total de 36,680 quilos pesados.

Durante todos os deslocamentos foram avistados diversos pontos onde houve trabalhos de manutenção e conservação de arborização urbana e alguns resíduos de galhadas derrubadas por ação da chuva e dos ventos (Figuras 19 a 21). Essa biomassa também é coletada pelo serviço de limpeza pública da cidade. Matérias com potencial para formar a valorização junto com outros resíduos de mesmo valor, mas suas dimensões devem compor medidas específicas para ter seu processo de aproveitamento alinhado com os demais materiais.

**Figura 19** - Galhadas de árvores derrubadas por ação de chuvas e ventos fortes.



Fonte: Próprio autor.

**Figura 20** - Resíduos verdes de manutenção e conservação com recolhimento de palhas e remoção de galhos e gravetos, gerados por municípios.



Fonte: Próprio autor.

**Figura 21** - Descarte irregular de resíduos verdes (pequenos galhos) gerados por munícipes.



Fonte: Próprio autor.

A diversidade de espécies vegetais identificadas foi maior nos pontos dentro do perímetro urbano como as ruas, praças, escadarias, calçadas, margem dos corpos d'água, rios e riachos que fluem dentro da cidade. Enquanto no Ponto 1, da localidade do Morro do Saboó, pertencente a zona rural, apenas uma espécie foi encontrada, demonstrando uma homogeneidade local. Distância percorrida entre os pontos de coletas nos dias 19 e 20 de abril de 2022 foi de aproximadamente 12,59 km.

**Figura 22** – Área com manejo de roçada mecanizada no ponto 4.



Fonte: Próprio autor.

Nas figuras 22 e 23 pode-se observar o processo de roçada mecanizada com a delimitação da área de estudo do ponto 4 com 10 metros lineares traçados, já com a separação e pesagem do material orgânico e inorgânico. Os resíduos verdes segregados após o uso de rastelo para juntar a biomassa produzida na roçada mecanizada aplicada no local. E assim destacar a diferença entre o solo após o processo de rastelamento depois da roçada mecanizada.

**Figura 23** – Área delimitada antes e depois de receber a roçada mecanizada.

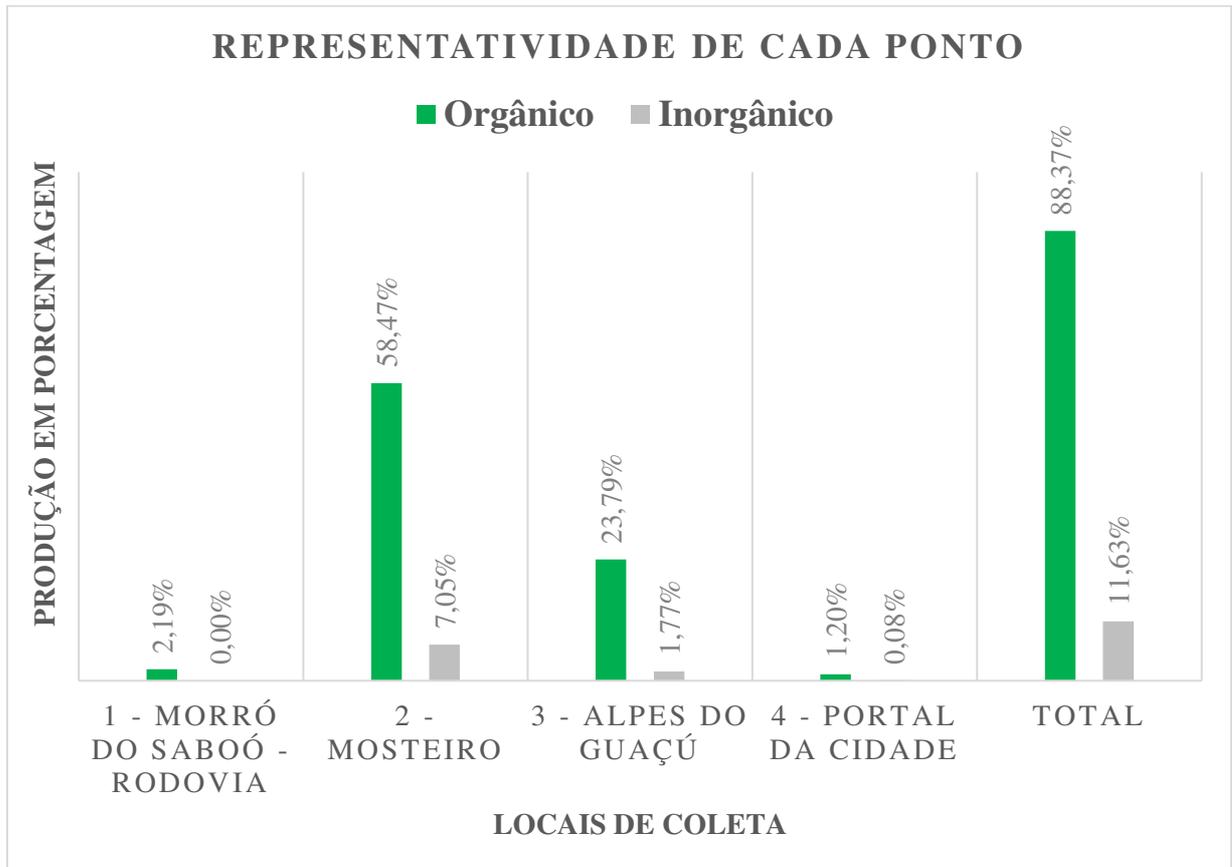


Fonte: Próprio autor.

A parcela de resíduos orgânicos total que ficou em 88,37%, com participação maior do ponto 2, e a fração inorgânica total em 11,63% coletadas em áreas urbanas e rurais. Nas áreas com maior circulação de pedestres, pontos 2,3 e 4, a produção de resíduos verdes foi superior aos pontos 1 e 4, onde a circulação de veículos é maior em relação aos demais pontos. A geração de resíduos inorgânicos segue o mesmo formato, nos pontos 2, 3 e 4, e bem presente no ponto 1 (Gráfico 3).

O ponto R1 – Morro do Saboó tem uma peculiaridade interessante por ser área rural mesclada com local de turismo, mas mesmo assim a geração de resíduos inorgânicos ficou entre as mais baixas diante das outras coletas realizadas.

**Gráfico 3** - Representatividade de cada ponto na geração de resíduos verdes e inorgânicos.



Fonte: Próprio autor.

Em pontos de roçada e capina, onde existe a predominância de baixa diversidade de espécies vegetais, o tempo e combustível utilizados pelos profissionais para realizar os serviços foram menores em relação às áreas onde a abundância de plantas é maior. Com o adensamento vegetal e plásticos diversos (embalagens de balas, recipientes de bebidas alcoólicas, sacolas, entre outros), a demanda de mais esforço físico e a aplicação de mais manobras de cortes, fatiamentos e passadas, com roçadeira mecanizada, enxada ou foice, tem um aumento considerável, para assim se alcançar um resultado satisfatório de manutenção naquele local. Na tabela 7 do CADTERC fica evidenciado o custo do desempenho que um serviço de manutenção de limpeza vegetal utilizada para ser executado com excelência.

Nas figuras 24 e 25 tem-se registros de vegetação bem desenvolvida e a delimitação da área de 10 metros lineares a receber o serviço de roçada mecanizada e em seguida os resíduos acondicionados e pesados em sacos. O ponto 2 foi o que apresentou maior diversidade de espécies e de biomassa gerada por metro linear de todas as cinco coletas.

**Figura 24** – Coleta de Ris e RVs no ponto 3.



Fonte: Próprio autor.

**Figura 25** - Escadaria, passagem de pedestres entre as ruas próximas do ponto 2.



Fonte: próprio autor.

Foi feita a pesagem (Figura 26) de um big bag cheio de aparas de roçada mecanizada e o peso apontado pela balança foi de 15.300 quilos, subtraindo o valor do big bag vazio de 2.750 quilos, o valor obtido ficou em 12.550 quilos, provando um aspecto presente na coleta dessa biomassa, de que seu volume é muito grande e de que os veículos que devem ser utilizados durante as coletas de resíduos verdes devem ser bem espaçoso ou compactadores.

**Figura 26** - Pesagem dos resíduos de aparas de grama no big bag, com peso total de 15.300Kg.



Fonte: Próprio autor.

Na figura 28 pode-se verificar o compactador do caminhão coletor com um big bag descarregado dentro dele aguardando a compactação. Ainda na figura 27 é visto um pequeno trator transportando resíduos verdes (Área rural) para um destino não identificado, mas possivelmente uma disposição sem tratamento adequado da biomassa de aparas de gramíneas geradas por roçadas.

**Figura 28** - Resíduos verdes de manutenção e conservação com coleta em trator com reboque feito por moradores de área rural.



Fonte: Próprio autor.

**Figura 27** - Caminhão Volkswagen Delivery 11.180, capacidade de 5.500 Kg utilizado na coleta das aparas de grama de roçada mecanizada.



Fonte: Próprio autor.

Nas figuras 29 e 30, referentes ao ponto 1, pode-se acompanhar o processo de demarcação da área que recebeu a roçada mecanizada utilizando uma roçadeira costal e as aparas de Grama esmeralda (*Zoysia japonica*) coletadas e pesadas. E ainda nas figuras 30 e 31 é visto a demarcação de 10 metros lineares no ponto 1 com cabos de madeira de um metro de comprimento e a pesagem da biomassa produzida na roçada mecanizada em 19/04/2022. E ainda pode ser visualizado o gradiente de diferença entre a área roçada e que ainda vai receber a manutenção. E as aparas prontas para serem coletadas.

**Figura 29** – Demarcação de área no ponto rural 1.



Fonte: Próprio autor.

**Figura 30** – Aparas de RVs aguardando a coleta.



Fonte: Próprio autor.

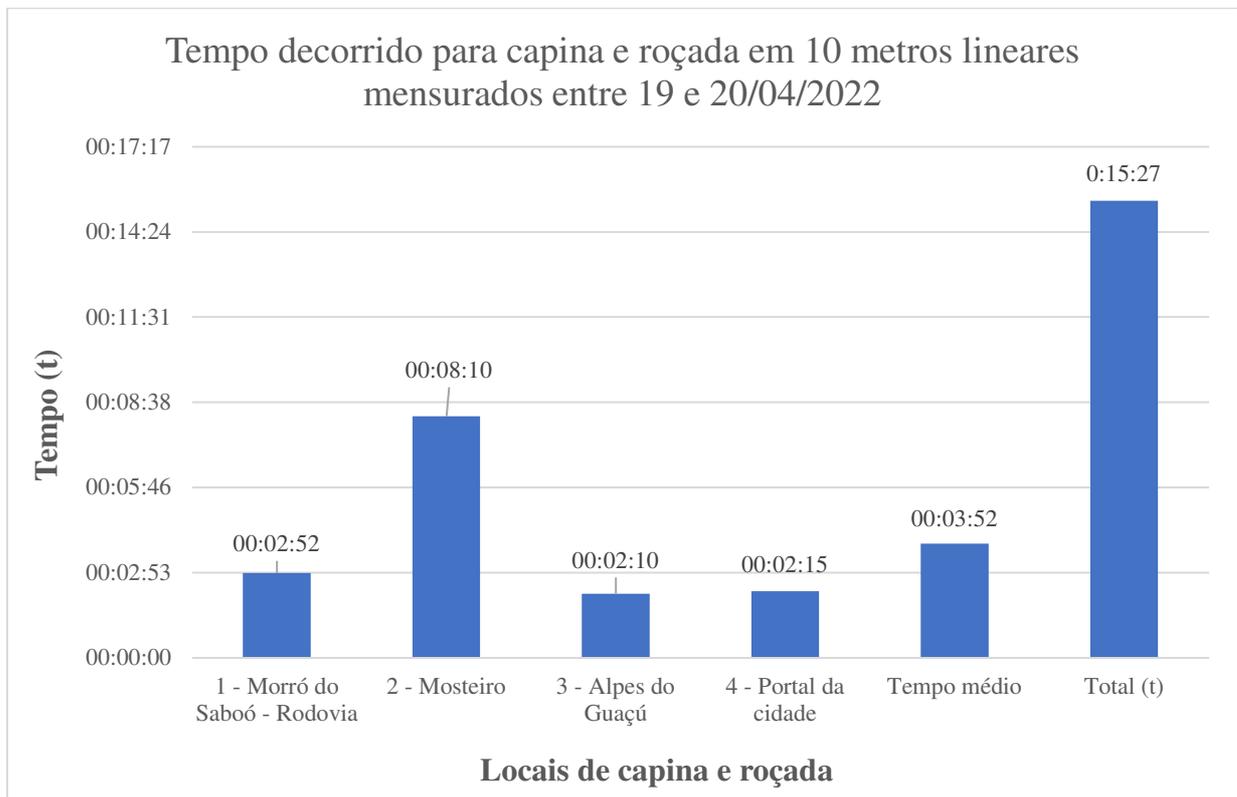
**Figura 31** - Operador executando manutenção com roçadeira movida a gasolina em área de 10 metros lineares no Morro do Saboó (Ponto 1).



Fonte: Próprio autor.

Com um consumo médio de aproximada de três minutos para cada ponto de roçada e capina demarcado com 10 metros lineares, os pontos 1, 3, e 4 tiveram seus manejos mais próximos da média do tempo decorrido (Gráfico 4), mas o ponto 2 apresentou um maior tempo para executar o mesmo serviço nas mesmas condições dos demais profissionais. Dessa forma o fator da inclinação dos terrenos, adensamento vegetal, presença de solo irregular e a disposição irregular de resíduos inorgânicos influenciam no acesso e posicionamento do operador de roçadeira e ajudante, ainda assim, pelo terreno ter uma inclinação considerável, esse fator impactou fortemente em seu desempenho, fatores como e presença de resíduos inorgânicos reduziram a produtividade do andamento da atividade.

**Gráfico 4** - Tempo decorrido para capina e roçada em 10 metros lineares mensurados entre os dias 19 e 20/04/2022, medido durante a execução dos serviços.



Fonte: Próprio autor.

Como a presença de plantas arbustivas, como espécies gramíneas, de arbustos e de ervas, estão presentes em terrenos planos das áreas de amostragem, foi identificada uma maior concentração de indivíduos vegetais nesse tipo de solo nivelado (Tabelas 4 e 5), o que contribuiu na quantidade de material verde encontrada e na variedade de exemplares vegetais.

Desta forma, a quantidade de biomassa vegetal gerada como resíduo é alta quando o terreno não apresenta inclinações e deformidades. Locais como calçadas, vielas, margem de escadarias, praças, parques, margens de rios e não encostas, a produção de substratos verdes se torna maior, como observado a maior diversidade vegetal e produção de resíduos no ponto 2 do que em áreas que apresentam algum tipo de inclinação no solo, como ocorreu nos pontos 1, 3 e 4. E reforçando essa informação fica evidente a baixa diversidade vegetal e sua menor produção de resíduos visualizada na tabela 6.

**Tabela 4** - Geolocalização da execução dos serviços de manutenção de área verde e de coleta de resíduos de manutenção de áreas verdes.

Local	Coordenadas	Tipo de terreno
1 - Morro do Saboó	23°26'55.99"S 47° 9'26.80"O	Plano
2 - Mosteiro	23°32'51.52"S 47° 6'49.30"O	Inclinado
3 - Alpes do Guaçú	23°30'37.53"S 47° 8'34.51"O	Planície - Topo de morro
4 - Portal da cidade	23°30'48.70"S 47° 8'34.58"O	Plano

Fonte: Próprio autor.

**Tabela 5** - Relação da composição de espécies vegetais identificadas nos pontos de coleta de resíduos verdes.

Local	Espécies vegetais encontradas
1 - Morro do Saboó	1 - Grama esmeralda - <i>Zoysia japonica</i>
2 - Mosteiro	1 - Capim fino - <i>Capim fino</i> 2 - Brachiaria - <i>brizantha Satrf</i> 3 - Napier - <i>Pennisetum purpureum</i> 4 - Pé-de-mamona - <i>Ricinus communis L.</i> 5 - Capim "coast-cross" - <i>Cynodon dactylon (L.)</i> 6 - Capim angola - <i>Brachiaria mutica</i> 7 - Capim carrapicho - <i>Cenchrus echinatus</i>
3 - Alpes do Guaçú	1 - Capim do Texas Verde - <i>Pennisetum setaceum</i>
4 - Portal da cidade	1 - Grama esmeralda - <i>Zoysia japonica</i>

Fonte: Próprio autor.

### 5.1.1 – Resíduos de feira livre

A composição identificada para os resíduos de feira livre (Gráfico 7) mostrou que aproximadamente 92% eram resíduos como folhas, restos de frutas, legumes e resíduos com origem de pescados e 8% para inorgânicos, ou seja, alguns tipo de plástico, metal e papel.

A geração média de resíduos (orgânicos e inorgânicos) ficou em torno de 460 quilos para todas as feiras realizadas (Tabela 6) e uma duração média de oito horas por evento que traz uma produção aproximada de 57 Kg/h. Em 54 horas semanais a geração total alcançou por volta de três mil quilos, somando o funcionamento de todas as feiras livres

Utilizando valores de referência do gráfico 7, relativo aos estudos realizados na feira livre da Avenida Bandeirantes, o valor obtido para gravimetria de resíduos foi de 52,735 Kg (91,95%) de orgânicos e 4,586 Kg (8,05%) para inorgânicos.

Destes, foi obtido um valor próximo de produção de 59 Kg/h, valor próximo ao gerado individualmente por feira. Com isso a fração de resíduos seria de 54,689 Kg (91,95%) de orgânicos e 4,756 Kg (8,05%) para inorgânicos de composição gravimétrica. O que colaborar para uma composição vegetal que pode alimentar diferentes métodos de valorização desta biomassa oriunda desses locais.

**Tabela 6 - Feiras livres da cidade de São Roque - SP.**

<b>Relação das Feiras livres em São Roque - SP</b>					
<b>Bairro / Localidade</b>	<b>Dia da semana</b>	<b>Horário</b>	<b>Duração total (H)</b>	<b>Estimativa média da geração (Kg)</b>	<b>Observações</b>
Avenida Bandeirantes	Sexta	06h às 14h	8	700,000	Maior feira livre da cidade e local selecionado para estudo.
Recanto da Cascata	Domingo	06h às 16h	10	620,000	Criada recentemente em 2021, para atender o público do domingo
Avenida Bandeirantes	Quarta	15h às 22h	7	480,000	Lazer e passeio trazem outro público neste horário devido ao período noturno.
Junqueira	Terça	06h às 14h	8	450,000	Via de acesso a <i>Rota do Vinho</i> , importante reduto gastronômico da região.
Vilaça	Domingo	06h às 12h	6	390,000	Feirantes recolhem maior parte dos resíduos orgânicos gerados, aqui não há comercialização de peixe fresco e derivados
Mailasqui	Sábado	06h às 13h	7	300,000	Realizada em distrito da cidade
São João Novo	Sábado	06h às 14h	8	270,000	Menor feira realizada em distrito da cidade, aqui não há comercialização de peixe fresco e derivados
<b>Média</b>	-	-	8,11	458,571	-
<b>Total</b>	-	-	54	3.210,000	-

Fonte: Próprio autor.

Além de comercializar numerosos produtos, dentre eles existem o comércio de roupas, acessórios domésticos como alguns tipos de panelas, suportes variados, serviços de manutenção de máquinas de costura, calçados, chapéus, guarda-chuvas e similares, produtos de beleza entre outros próprios de seu cotidiano, a feira gera diferentes tipos de resíduos, mas o mais volumosos são os orgânicos.

Na tabela 7 é visto que um terço das barracas que formam a feira possuem de uma a três unidades em funcionamento e em sua grande maioria o comércio de FLV – Frutas, Legumes e Verduras abrange quase dois terços desse mercado local. Outro ponto interessante são as barracas que vendem produtos muito perecíveis, como peixes, crustáceos e seus derivados, responsável por um oitavo dos pontos de vendas nesta localidade.

**Tabela 7 -** Quantidades de barracas na feira livre de São Roque - SP.

<b>Barracas da feira livre da Avenida Bandeirantes</b>	
<b>Tipo / Produto</b>	<b>Quantidade</b>
Frutas	31
Legumes	14
Peixes	10
Verduras	8
Caldo de cana	3
Pastel frito	3
Roupa	2
Tapioca	2
Temperos	2
Correias	1
Doces caseiros	1
Ervas e raízes	1
Mudas	1
Ovos	1
Queijos	1
<b>Total</b>	<b>81</b>

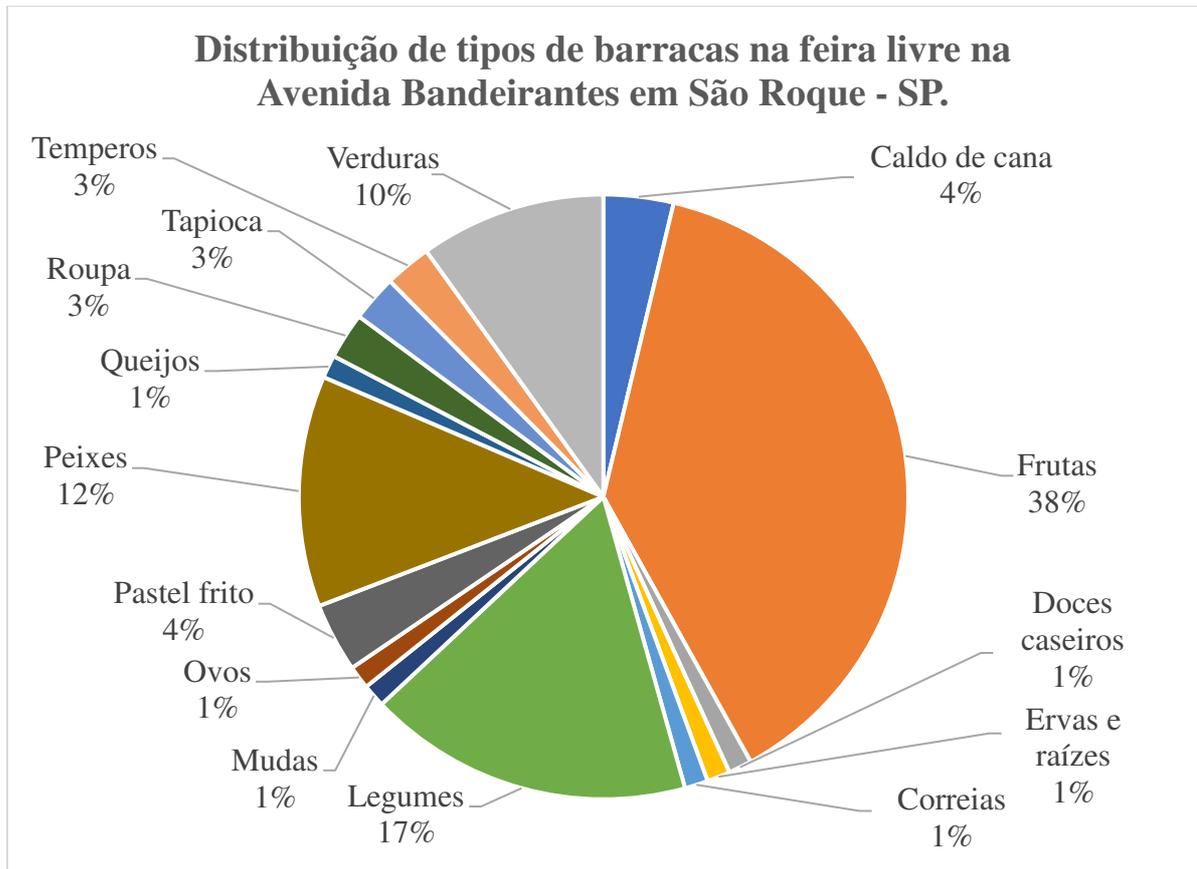
Fonte: Próprio autor.

A feira-livre ocorre em dia útil da semana, às sextas-feiras das 06hs às 14hs, a periodicidade da população que frequenta a feira livre é composta por mães, pais, idosos, donas de casa que já possuem essa rotina, o que é refletido na primeira e segunda coleta e suas respectivas gerações de residuais (Gráfico 6). As crianças são poucas avistadas por talvez estarem em seu período escolar, por isso seus familiares não as trazem no horário da feira.

De acordo com o gráfico 5, as barracas que comercializam frutas, legumes e verduras (FLV) detém 65% do total de estruturas presentes na feira livre da Avenida Bandeirantes em São Roque, o que evidencia a maior concentração de produção de resíduos orgânicos local. A

fração de maior parte proteica ficou representada por 10% das barracas, apesar de ser composta por gorduras e carcaças, no total coletado representou aproximadamente 20% de todo o resíduo coletado (Gráfico 5).

**Gráfico 5 - Tipos de barracas da feira livre de São Roque- SP.**



Fonte: Próprio autor.

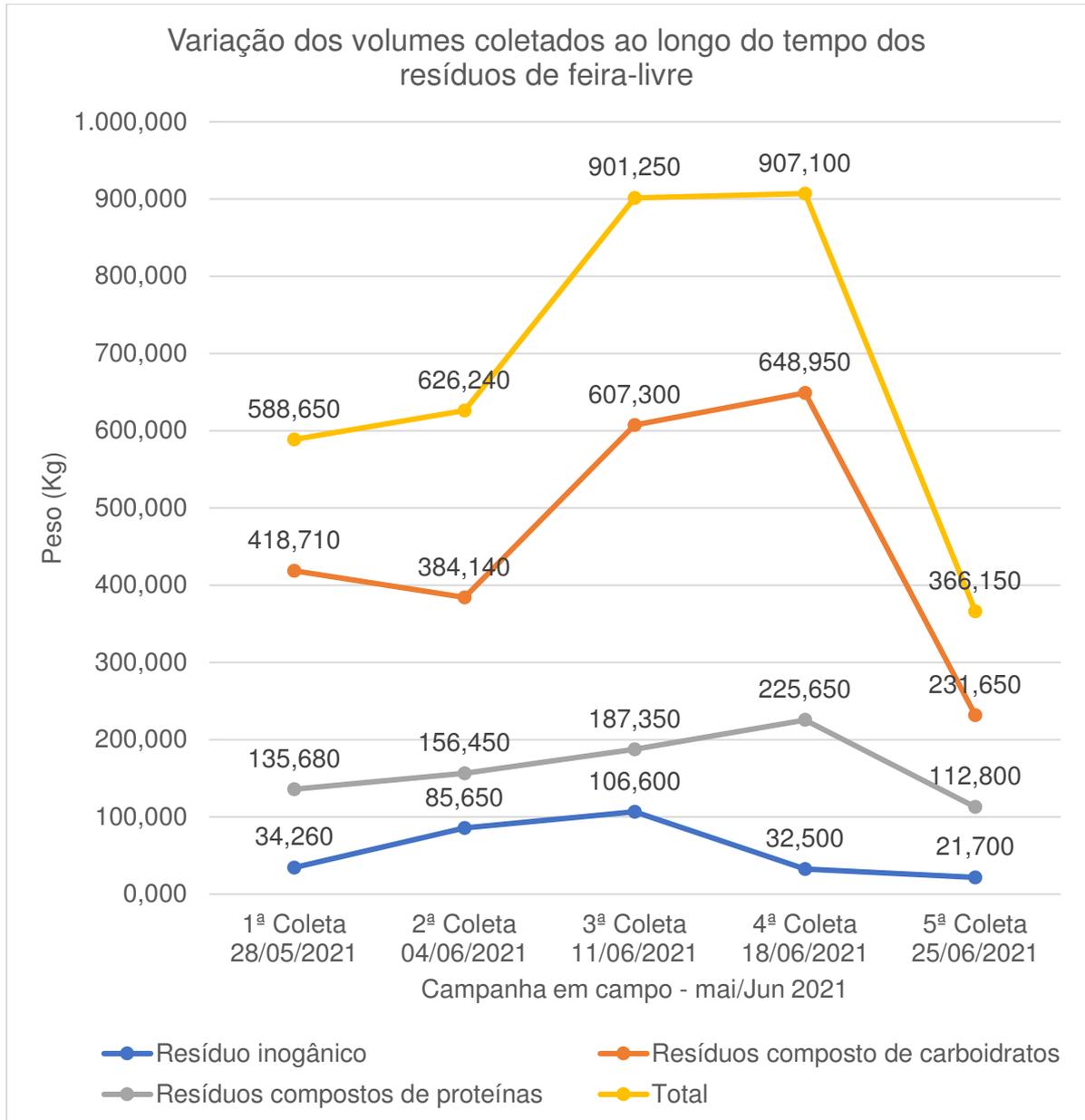
Devido a fatores climáticos o consumo de bebidas aumentou e a geração de resíduos do consumo de água de coco, a extração da polpa de frutas para sucos e a moagem de cana-de-açúcar para caldos foi mais representativa na primeira coleta, esse fato gerou oscilação maior nesse primeiro momento na produção dessa biomassa. Na segunda coleta houve um aumento próximo de 6% em relação à semana anterior, com queda na produção de resíduos de carboidratos e aumento na geração de resíduos protéicos e de inorgânicos.

Ainda pode-se notar no gráfico 6, durante a terceira e quarta coleta que ocorreram na segunda e terceira semana do mês de junho, que a quantidade de resíduos apresentou um aumento, esse fato se deve ao recebimento de adiantamentos e vencimentos por parte dos consumidores de baixo, médio e alto poder aquisitivo. Porquanto a circulação de pessoas e de dinheiro foram maiores nessas semanas, pois a liberação de proventos totais ou parciais de salários, pensões e aposentadorias entre outros benefícios de valores em suas contas, indicou elevação do fluxo de dinheiro nesses dias, o que contribui na aquisição de alimentos, de origem animal e vegetal frescos no dia de feira livre.

Na quinta coleta houve uma geração menor de resíduos em relação ao mesmo período da primeira em maio, última semana do mês, esse fato ocorreu devido a ser um dia mais quente e o movimento da feira ser maior e ter um consumo de caldo de cana elevado, o que gerou mais bagaço que o dia 25/06/2021.

A concentração de pessoas também oscila em períodos de férias por São Roque ser considerada uma estância turística, existe uma população flutuante em torno de 25%, o que altera a produção de RSU. Essa sazonalidade do turismo em datas de feriados e festas típicas municipais e regionais, como as comemorações da festa de São Roque o Padroeiro da cidade, Expo São Roque, Festival da Alcachofra e o aniversário da cidade entre outros eventos, trazem consigo uma quantidade significativa de geração de material também nas feiras livres, a estimativa fica em torno de 30%. Esse fator colabora na elevação da produção de resíduos da coleta e limpeza da feira-livre e também na manutenção e ornamentação das áreas verdes da cidade, quando esta se prepara para receber milhares de visitantes nesses períodos de grandes movimentos.

**Gráfico 6** - Variação dos volumes coletados ao longo do tempo dos resíduos de feira-livre. Coleta e pesagem dos resíduos gerados na feira livre da Avenida Bandeirantes em São Roque - SP entre os meses de maio e junho de 2021.



Fonte: Próprio autor.

O beneficiamento, preparação e ornamentação em seus variados produtos geram resíduos inorgânicos, responsáveis por mais de 8% da fração produzida de acordo com o gráfico 5, como as embalagens adesivas, papel, papelão, cordas ou fios de algodão (barbantes) ou fibra de sisal, isopor, madeira, redes e sacos plásticos de composições variadas, utilizadas no transporte, conservação e exposição dos alimentos. Além disso, todo esse preparo reduz perdas, logo se consegue gerar menos resíduos no fim do dia.

Do mesmo modo resíduos orgânicos como os de carboidratos (Nitrogênio) e protéicos (carcaças e vísceras de peixes, moluscos e crustáceos e ovos), são responsáveis pela parcela de quase 92% de acordo com o gráfico 5. Estes também originários dos mesmos processos citados anteriormente acompanhados de cortes, descascamentos de frutas, verduras e legumes, como a alcachofra Roxa de São Roque (*Cynara cardunculus subsp. Scolymus*). (FILHO, CAMARGO e CAMARGO, 2009) espécie muito produzida e comercializada localmente na cidade, e a remoção de palhas e cascas de espigas de milho e o debulhamento de diversas espécies de leguminosas como feijão-andú (*Cajanus cajan (L.) Huth.*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*).

Para identificar a qualidade de frutas, legumes e verduras é necessário observar sua cor, odor, temperatura, maturação, aparência e textura do alimento para sua comercialização. Manipuladores de alimentos podem trazer um controle melhor no aproveitamento dos produtos comercializados na feira e com isso reduzir o índice de geração de resíduos. Até a geração de fluidos dos alimentos também são mais evitados, desse modo os alimentos de origem animal e vegetal permanecem frescos por mais tempo.

O termo *Hortifrutigranjeiros* não é adequado no contexto desse trabalho devido a inexistência do comércio de aves (Frangos e galinhas) nessa feira da Avenida Bandeirantes, mas em outros mercados sua comercialização deve ser praticada normalmente por serem supridas por produtos oriundos de hortas, pomares e granjas da região que possui uma produção considerável desses alimentos. Um fato interessante é que nesta feira não se comercializa aves nem caipiras e nem de granjas.

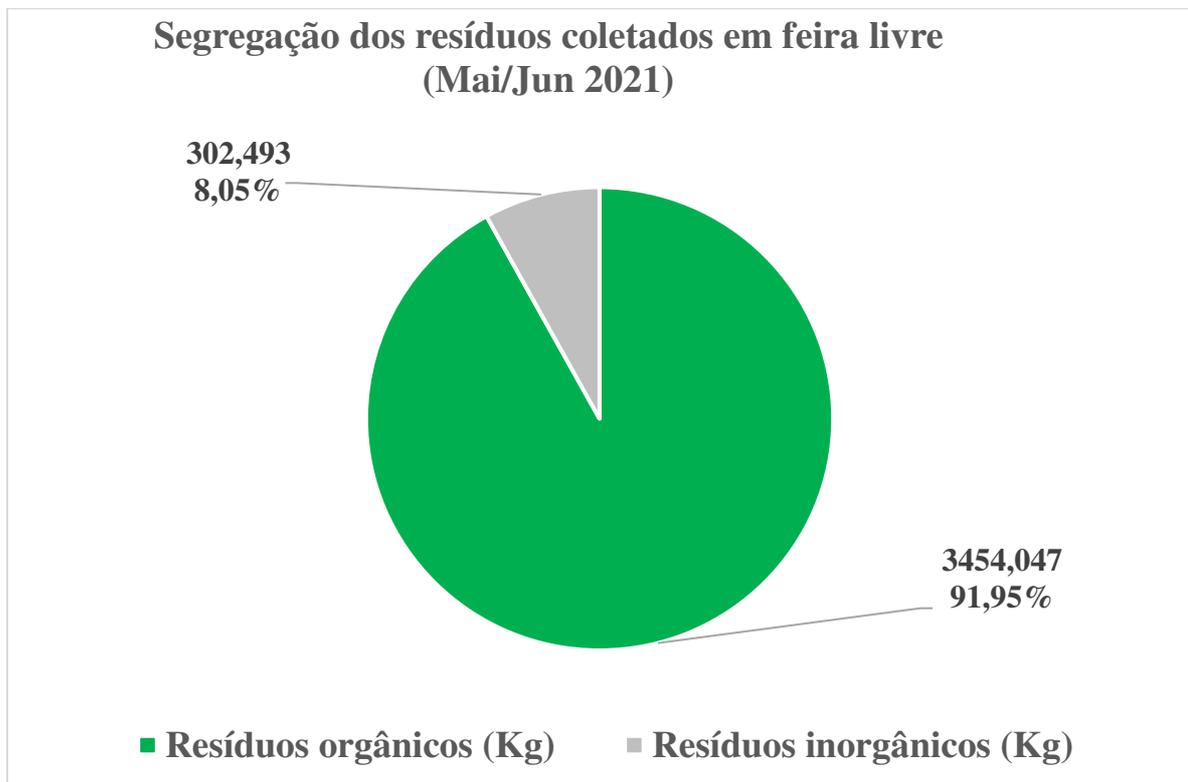
Resíduos de pastel frito e caldo de cana apresentaram presença significativa pela sua tradicional moagem o bagaço da cana-de-açúcar teve grande representatividade na fração de resíduos de carboidratos. Outras barracas comercializam tapiocas, queijos e doces caseiros, estes pouco apareceram nas coletas.

A parcela inorgânica tem em sua composição materiais que podem ser reciclados ao serem enviados para cooperativas e serem destinados para um fim mais adequado do que o aterro sanitário. Já a parcela orgânica, resíduos verdes e de feira livre, vão compor as montagens de leiras para compostagem por serem ricos em substâncias como carbono e nitrogênio. Esses resíduos após terem passado pela segregação apresentam uma composição bastante orgânica e isso facilita sua aplicação em processos de compostagem.

O gráfico 7 apresenta a participação de mais de 90% de resíduos orgânicos enquanto a fração inorgânica representa um valor abaixo de 10% do volume total coletado, o que reforça o alto potencial de uso desses resíduos oriundos de serviços de limpeza urbana nas áreas públicas da cidade. De acordo com os estudos disponibilizados pelo *CompostCalc*

(EMBRAPA, 2021) para uma relação carbono/nitrogênio adequada a disponibilidade de diferentes espécies vegetais amplia consideravelmente as possibilidades de criar uma composição selecionada para determinada aplicação, como o reequilíbrio de nutrientes em solos pobres de áreas urbanas ou para auxiliar a produção de mudas para distribuição a população local, entre outros diversos usos.

**Gráfico 7** - Segregação dos resíduos coletados na feira livre da Avenida Bandeirantes entre o período de maio a junho de 2021. Apresentou as parcelas de resíduos orgânicos e inorgânicos totais.



Fonte: Próprio autor.

A feira livre possui uma grande diversidade de espécies vegetais e ainda com uma fração proteica considerável, esses aspectos fazem desses eventos fortes contribuintes para desenvolver um material composto mais rico e diverso em sua formação nutricional

A geração dos mesmos é mostrada na tabela 8, onde semanalmente temos uma grande quantidade de material disponível para ser tratado de forma sustentável e acessível às prefeituras, por serem oriundos de seu próprio território e mais fácil de ser destinado para áreas de tratamento próximas da sua origem, o que facilita a logística e posterior distribuição para os serviços e projetos da municipalidade.

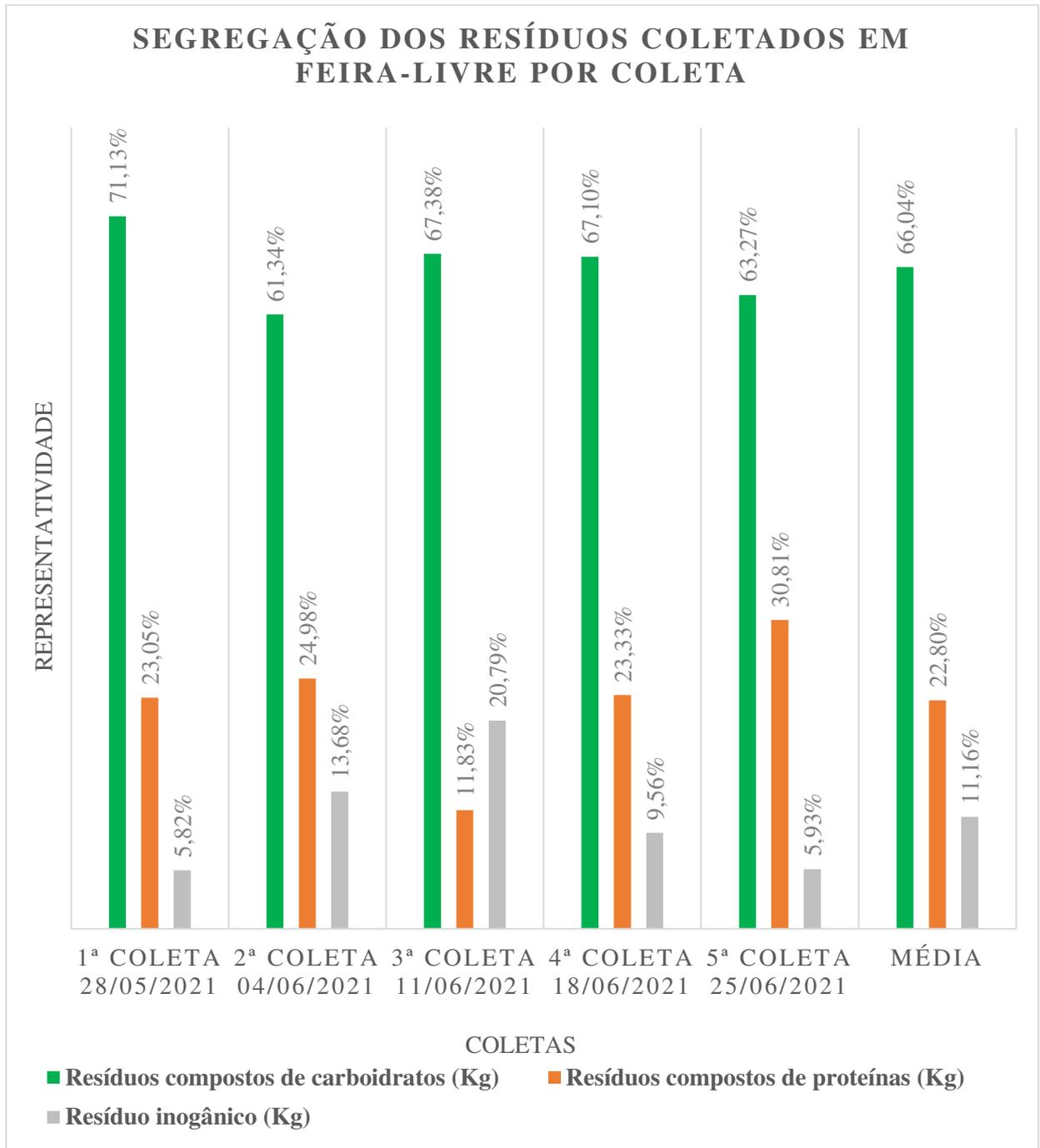
**Tabela 8** - Estimativa de produtividade durante o acompanhamento da execução dos serviços.

<b>GERAÇÃO DE RESÍDUOS VERDES E DE FEIRA LIVRE</b>		
<b>ORIGEM</b>	<b>TONELADA/ SEMANAL</b>	<b>TONELADA/ MENSAL</b>
Manutenção da arborização urbana e áreas verdes (Podas, capinas e roçadas)	9.000	27.000
Coleta em feira livre	0,680	2,720
<b>Total</b>	<b>9.680</b>	<b>29.720</b>

Fonte: Levantamento prévio do autor.

O Gráfico 8 mostra a variação da produção de resíduos na feira estudada para as 3 categorias de resíduos avaliados, onde observa-se que a variação na geração em todas as coletas é maior para os resíduos inorgânicos, enquanto a geração de ROs sofre pouca alteração durante os períodos de análise e coleta.

**Gráfico 8 - Segregação das coletas de resíduos de feira livre.**



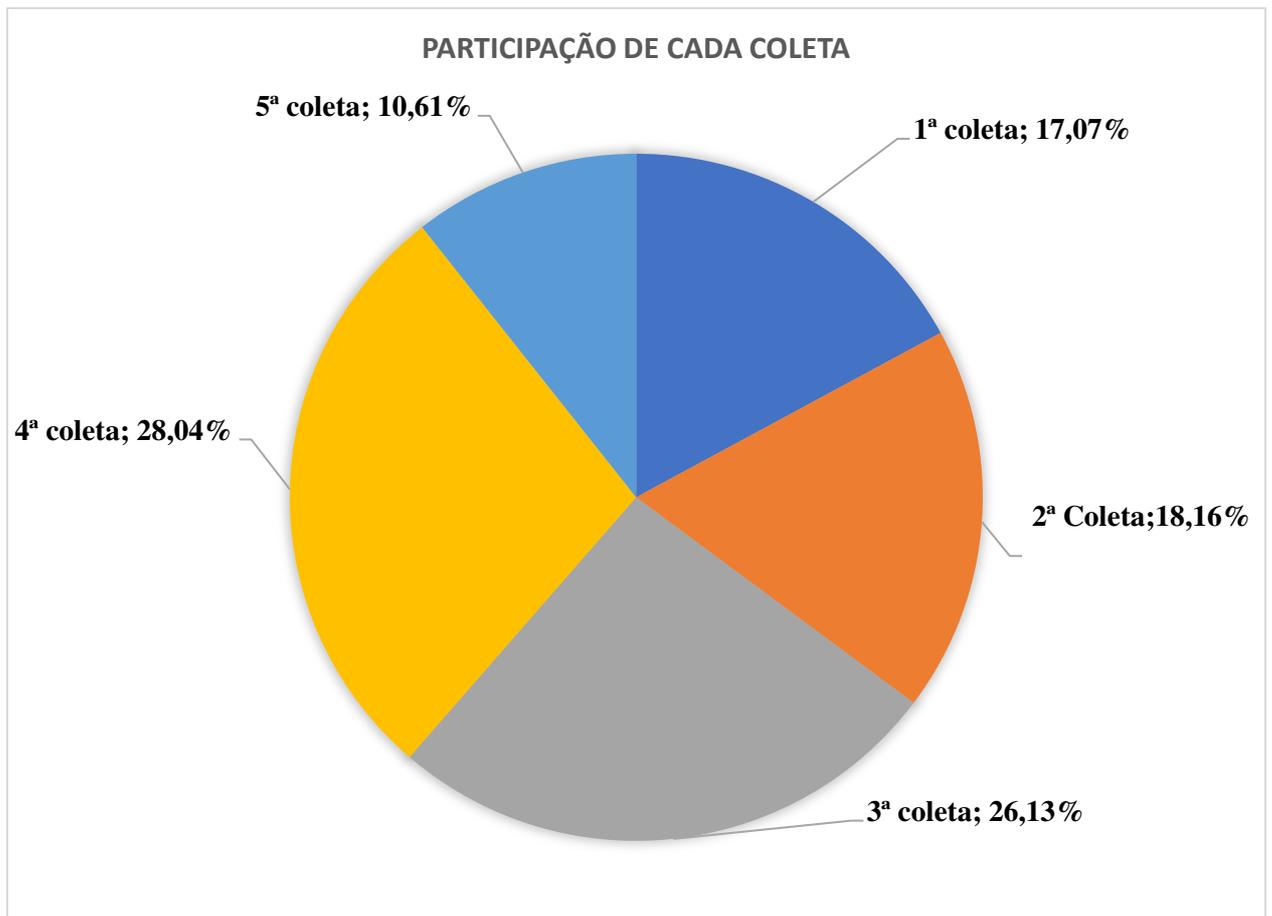
Fonte: Próprio autor.

A quarta e a terceira coleta obtiveram as maiores contribuições no total, conforme gráfico 9, com 28,04% e 26,13% respectivamente dos resíduos coletados na feira-livre durante os meses de maio e junho de 2021, o que representa mais da metade da quantidade gerada em todo o período da pesquisa. Ficando as demais expressando parcelas abaixo dos 20% de representatividade cada, apresentando os seguintes valores: segunda coleta com 18,16%,

primeira coleta com 17,07% e a quinta coleta com 10,61% de participação do todo dos resíduos coletados após a realização do comércio de alimentos naquela via pública da cidade.

Com essas informações fica evidenciado a variação da geração versus a quantidade de frequentadores alinhada ao acesso de recursos financeiros disponibilizados por empresas ou governos à população que participa da comercialização daqueles produtos ali comercializados.

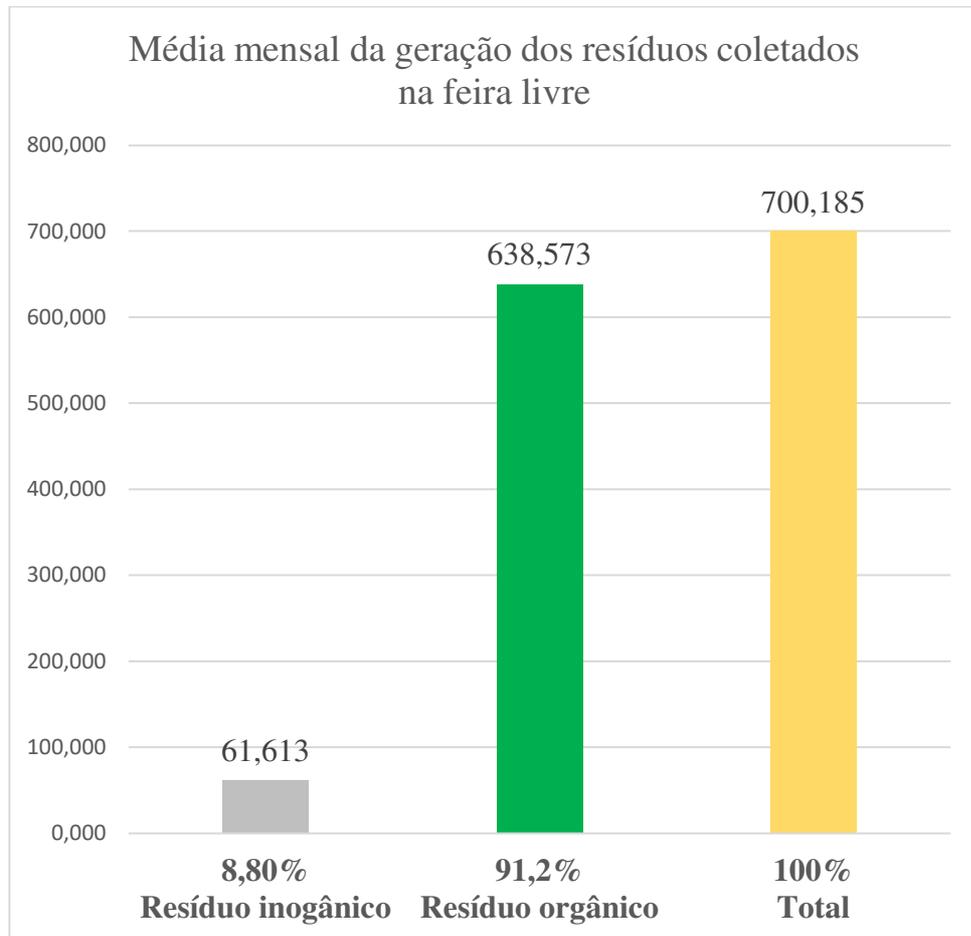
**Gráfico 9** - Representatividade das campanhas por coleta realizada.



Fonte: Próprio autor.

A média mensal apresentou valor próximo de 700 quilos para a feira livre da Avenida Bandeirantes de acordo com o gráfico 10, referência que confirma a estimativa mostrada na tabela 18, onde todas as feiras livres estão descritas com suas respectivas quantidades geradas. Com cerca de 650 quilos de resíduos orgânicos e perto de 60 quilos de resíduos inorgânicos gerados mensalmente.

**Gráfico 10** - Média mensal da geração dos resíduos coletados em feira-livre durante cinco semanas.



Fonte: Próprio autor.

A feira é um espaço que oferece bastante capacidade para o desenvolvimento de ações de educação ambiental para os seus muitos frequentadores e os comerciantes que atuam neste local e também a implantação de possíveis pontos de distribuição ou comercialização de material compostado pelas prefeituras.

## **5.2 - Análise do potencial de uso dos resíduos verdes e de feira livre através de processos de valorização do local de estudo**

Na análise do potencial de valorização dos resíduos verdes de um município é importante inicialmente olhar a variação de temperatura e umidade do município como um parâmetro balizador para algumas tecnologias como a compostagem.

O turismo se beneficia dos períodos de dezembro a janeiro e junho a agosto, quando as temperaturas médias são aguardadas, pois as épocas de verão e inverno ajudam na atração de um público maior para a região, pois é temporada de férias e de grandes festas, como o aniversário da cidade e o início da Expo São Roque, entre outros eventos locais. O que também influencia no aumento do consumo e na geração de resíduos na cidade.

E para deixar a cidade pronta para receber mais pessoas, com um aumento de aproximadamente 27% da população, os serviços de manutenção e conservação da arborização urbana e de áreas verdes são mais requisitados, e seus serviços costumam ser mais recorrentes, para apresentar uma cidade esteticamente limpa e bem cuidada. Esse fato onera mais os cofres públicos que enxergam isso como investimento, onde a mão de obra é aumentada e os custos com todo esse movimento dessa estruturação também. Mas o retorno dessa aplicação pode trazer lucros para a municipalidade como a elevação na arrecadação de impostos, prestadores de serviços e lojas com maior movimento de clientes, aumento na geração de empregos temporários e o setor de turismo atuando com sua capacidade máxima, por exemplo. Tudo isso pode gerar uma circulação maior de dinheiro para diversos setores que atuam na cidade e retornar com um capital interessante para o município.

Esse cenário é vivido por vários municípios Brasil afora, em nosso país por ter muitos pontos turísticos e por possuir fácil acesso para o público em geral, essa condição contribui para a circulação de pessoas, o que acarreta a mesma problemática da geração e tratamento adequado dos resíduos gerados pelos serviços de limpeza pública ao longo do ano para as municipalidades que recebem essa demanda populacional sazonal de visitantes.

Para selecionar a melhor tecnologia a ser implantada na execução da valorização dos RVs, alguns parâmetros e disponibilidade de recursos (Físicos, financeiros e técnicos) têm de serem levados em consideração, um levantamento prévio, para ponderar o meio mais adequado para ser implementado ali, pois a solução sempre será singular para aquele contexto em questão.

Na literatura, existem vários programas e políticas públicas, inclusive com legislações locais (Quadro 2) que facilitam e incentivam sua execução na obtenção de resultados satisfatórios. Projetos no sul do país, tiveram muito sucesso e algumas cidades no estado de São Paulo, Rio Grande do Norte e Rio de Janeiro também desenvolvem algum tipo de atividade nessa direção.

Por meio do quadro 4 foi possível verificar que as leiras estáticas, método UFSC, são a melhor opção de custo benefício para serem implantadas por prefeituras, devido sua acessibilidade, praticidade e baixo custo de manutenção. Sua viabilidade é notável e seus resultados trazem benefícios à gestão municipal de forma concreta.

Segundo Epstein (1997) chama a atenção, definindo a compostagem, como caráter “controlado” da decomposição biológica que conduz a um “produto estável semelhante ao húmus”, denominado de composto orgânico. Em resumo Epstein diz que a compostagem é “manejada ou otimizada” para alcançar certos objetivos, como os de decompor a matéria orgânica potencialmente putrescível para um estado estável e produzir um material que possa ser usado para o melhoramento do solo ou outros benefícios ou ainda, decompor resíduos para um material benéfico, deste modo a compostagem pode ser economicamente favorável como alternativa quando comparada aos custos dos métodos convencionais de disposição de resíduos.

Para estimular a diversificação no uso de tecnologias que valorizam os resíduos verdes de forma ambiental e econômica e contribuir na produção de um composto gerado por meio da compostagem, com práticas sustentáveis nos municípios, como meio de mudança na visão de mundo e especialmente em compartilhar hábitos e saberes.

Em relação aos métodos de tratamento de resíduos, foi verificado que a técnica de biodigestores (Reator) necessita de um investimento inicial maior em relação a compostagem por leiras, para sua utilização de forma a ter ganhos econômicos consideráveis, para isso é preciso que haja um volume de resíduos muito considerável para a obtenção de um produto final que responda as aplicações iniciais de recursos financeiros (Silva *et al*, 2020).

Tanto a biodigestão anaeróbia como a compostagem, por se tratar de técnicas de manejo acessível e por possuírem um melhor custo-benefício em relação às demais técnicas utilizadas para este fim, proporcionam uma mitigação considerável na emissão de gases do efeito estufa (GEE), e deste modo contribuindo com o protocolo de Quioto.

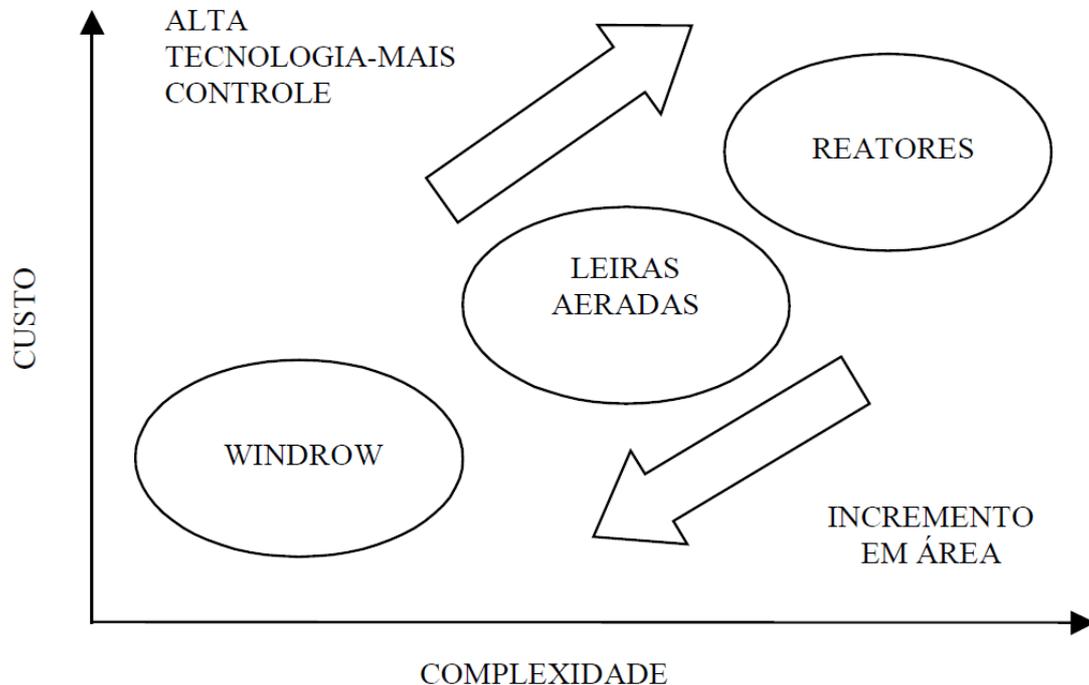
**Quadro 4 - Informações comparativas entre métodos de compostagem.**

Método de compostagem	Leiras estáticas com aeração passiva (Método UFSC)	Leiras com revolvimento periódico	Leiras com aeração forçada	Compostagem em reatores (In-vessel systems)
<b>Vantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixo custo de implantação.</li> <li>- Simplicidade de operação.</li> <li>- Necessita áreas menores em relação ao método de leiras revolvidas.</li> <li>- Não utiliza energia externa.</li> <li>- Satisfatório controle de odores.</li> <li>- Minimização da geração de chorume.</li> <li>- Pouca exigência de máquinas e equipamentos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixo custo de implantação.</li> <li>- Simplicidade de operação e uso de máquinas comuns.</li> <li>- Menor exigência de acompanhamento técnico especializado em comparação com outros métodos.</li> <li>- Flexibilidade de processar grandes volumes de resíduos.</li> <li>- Produção de composto homogêneo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Médio investimento inicial.</li> <li>- Maior controle do processo, temperatura e aeração.</li> <li>- Permite menor tempo de compostagem que as leiras revolvidas.</li> <li>- Melhor controle de odores.</li> <li>- Possibilidade de uso de biofiltros.</li> <li>- Menor necessidade de área que as leiras revolvidas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aceleração da fase de degradação ativa (maturação mais prolongada).</li> <li>- Melhor controle do processo de compostagem, aeração e temperatura.</li> <li>- Possibilidade de automação</li> <li>- Menor demanda por área</li> <li>- Possibilidade para controlar odores via biofiltros.</li> <li>- Potencial para recuperação de energia térmica (dependendo do sistema).</li> <li>- Independência de agentes climáticos.</li> </ul>
<b>Desvantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dependente de operadores bem treinados e com conhecimento do processo da compostagem.</li> <li>- Utiliza muito material vegetal de lenta degradação (ex.: serragem) o que pode ser difícil de ser conseguido em alguns locais e elevar o custo da operação.</li> <li>- Montagem das leiras é mais demorada.</li> <li>- Em alguns casos pode exigir o peneiramento do composto para retirada de materiais de lenta degradação como a serragem remanescente, por exemplo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necessita de áreas maiores em relação ao método de leiras estáticas.</li> <li>- Necessidade de máquinas para o revolvimento e maior intensidade de uso, elevando o custo de manutenção e operação.</li> <li>- Elevada produção de chorume e difícil controle de odores.</li> <li>- A constante movimentação de máquinas fica dificultada em períodos chuvosos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Custo de implantação com equipamentos de aeração específicos.</li> <li>- Utiliza energia externa (elétrica).</li> <li>- Necessidade de bom dimensionamento do sistema de aeração e controle dos aeradores.</li> <li>- Custo com manutenção de equipamentos, aeradores e tubos perfurados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevado investimento inicial.</li> <li>- Maior custo de operação e manutenção com os equipamentos (sistemas mecânicos especializados).</li> <li>- Maior produção de chorume na fase de degradação ativa.</li> <li>- Utiliza energia externa.</li> <li>- Menor flexibilidade operacional para tratar volumes variáveis de resíduos.</li> <li>- Risco de erro difícil de ser reparado se o sistema for mal dimensionado ou a tecnologia proposta for inadequada.</li> <li>- Tecnologias licenciadas.</li> </ul>

Fonte: INÁCIO, MILLER, 2009.

Na figura 32 é apresentado a relação entre custo e complexidade entre as tecnologias existentes, onde a predominância das leiras estáticas com aeração passiva como desempenho intermediário e mais acessível para ser desenvolvido com melhor custo-benefício. O que beneficia os cenários que possuem poucos recursos para investir.

**Figura 32** - Comparação entre os três tratamentos utilizando as seguintes técnicas de compostagem: leiras revolvidas, leiras estáticas aeradas e sistema acelerado.



Fonte: Massukado, 2018.

Rodrigues (2016), cita que em uma oficina de compostagem foi montada uma leira com resíduos de galhos, folhagens e material orgânico previamente coletados, com adição de palha para sua composição, e adicionados a leira de 2,5m x 0,60m posteriormente para iniciar os processos de compostagem. Reforçando a utilização de resíduos verdes oriundos de serviços de limpeza

A compostagem pode trazer ganhos ambientais, econômicos e sociais. Quando Figueiredo, 2001, aponta a redução de impactos ambientais quando os resíduos orgânicos de origem animal e vegetal são compostados e a redução da emissão de gases e maus odores na atmosfera, gera uma melhor saúde para o solo e para práticas agricultáveis, com a redução do aparecimento de doenças humanas decorrentes dos problemas de saneamento caem a níveis interessantes. Portanto, a utilização de leiras estáticas com aeração passiva foi identificada como método mais adequado para ser utilizado por São Roque, devido a composição gravimétrica encontrada nos levantamentos e coletas realizadas ao longo do referido estudo.

D'Almeida, 2020, fala da retração de investimentos em aterros sanitários e o setor agrícola utilizando a matéria orgânica para produzir suas culturas com redução dos custos das atividades na agricultura e no tratamento de efluentes, e com valorização econômica do

mercado de produtos orgânicos com a aplicação da reciclagem de nutrientes para o campo.

A falta de um alinhamento mais sólido e uma comunicação mais efetiva na construção dos Planos Municipais de Arborização Urbana, Plano diretor, Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos ou Consórcios Regionais, entre outros usados para gerir uma cidade, produz ações poucos eficazes em projetos nas esferas Municipal, Estadual e Federal.

O que expõem as deficiências políticas e técnicas dentro de uma administração pública pouco comprometida com a valorização dos RVs e RFL. E abre caminho para a utilização de soluções que sejam práticas e objetivas. Com a educação ambiental a conscientização para a preservação ambiental por parte da população poderia ser ampliada e isso poderia trazer uma maior reflexão da mesma sobre suas ações, fato enfatizado por Wagner, 1998.

### **5.3 - Avaliação do custo/benefício da valorização dos Resíduos Verdes e Resíduos de Feira Livre do município de São Roque-SP**

A cidade de São Roque-SP, com uma população estimada em mais de 90 mil habitantes, e um caminhão truck compactador de 15 m<sup>3</sup> (aproximadamente 15 mil quilos) de capacidade, atende a parcela de 15 mil habitantes, pois de acordo com SINS 2022, a geração nacional de RSU ficou em torno de um quilo por habitante. E após aplicação da valorização dos resíduos, os veículos podem circular por uma quilometragem maior até atingir seu volume máximo, antes de irem para a fase de destinação final em aterro sanitário.

Esse aprimoramento na coleta, com a separação dos resíduos compostáveis, antes de serem descartados sem o tratamento adequado, faz com que os veículos de coleta circulem por uma área maior, atendendo mais munícipes do que era alcançado antes, consumindo menor volume de combustível, gerando uma melhora no rendimento da frota e até na redução de emissão de material particulado e poluição sonora pelos motores dos caminhões compactadores nas áreas residências e protegidas do município.

Abaixo na tabela 9, são apresentados os valores para os serviços que as municipalidades executam na manutenção e conservação de áreas verdes das cidades, o que pode ajudar no planejamento para desenvolver os serviços e economizar nos gastos de tempo e dinheiro, como recomenda o CADTERC. Além de apontar onde serão as células que consomem os maiores investimentos e que devem ser muito bem ponderadas para atender a

legislação ambiental, fiscal e de segurança do trabalho também. Pois estes serviços carecem de uma supervisão feita de perto, dessa forma obtendo economia de tempo e de materiais utilizados no desenrolar dos trabalhos, afetando de forma positiva os rendimentos das atividades de limpeza e manutenção pública.

**Tabela 9** - Estimativa dos preços referenciais (R\$/m<sup>2</sup> e R\$/ha), segundo o tipo de serviço executado.

<b>Relação - Caminhão/Coleta de RSU por habitante</b>		
<b>Serviço</b>	<b>Valor Unitário (R\$/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Valor Unitário (R\$/ha)</b>
Manutenção e conservação de gramados em área plana	R\$ 0,98	R\$ 9.834,86
Manutenção e conservação de gramados em área de talude	R\$ 1,11	R\$ 11.119,28
Manutenção e conservação de jardins	R\$ 0,95	R\$ 9.467,13
Poda de pequena monta*	R\$ 0,68	R\$ 6.796,44
Manutenção e conservação de áreas verdes – roçagem com remoção	R\$ 0,55	R\$ 5.542,45

\* Para a poda de pequena monta em árvores de pequeno porte (ou aquelas cuja altura na fase adulta atinge até 1,8 metros), a medição em metros quadrados pode ser realizada pela área da projeção da sombra de sua copa no solo.

Fonte: CADTERC, 2022.

Elaborar uma planilha de custos (tabela 10) para a aquisição de equipamentos de proteção individual - EPI's foi muito importante, pois além de atender a legislação da segurança do trabalho, previne-se o desfalque na equipe de execução dos serviços de limpeza e coleta na cidade, por eventuais acidentes que podem ocorrer, além do mais a saúde ocupacional dos funcionários também faz parte do bom desenvolvimento dos trabalhos. Com isso o rendimento segue um caminho constante e as atividades de manutenção e conservação avançam perenemente e os serviços são concluídos dentro dos prazos estipulados (CADTERC, 2022).

**Tabela 10** - Valor unitário, quantitativo mínimo e vida útil de EPI's.

Itens	Custo unitário (R\$)	Quantidade por funcionário	Vida útil (meses)	Custo mensal (R\$)
Avental	R\$ 13,46	1	12	R\$ 1,12
Bota PVC	R\$ 51,80	1	6	R\$ 8,63
Capa de chuva	R\$ 20,10	1	12	R\$ 1,67
Chapéu	R\$ 18,55	1	6	R\$ 3,09
Luva	R\$ 3,71	2	2	R\$ 3,71
Óculos de proteção	R\$ 6,63	1	12	R\$ 0,55
Perneira	R\$ 38,69	2	12	R\$ 6,45
Protetor auricular	R\$ 18,16	1	12	R\$ 1,51
Protetor facial	R\$ 33,00	1	12	R\$ 2,75
Protetor solar	R\$ 12,58	1	0,24	R\$ 52,41
Máscara de proteção	R\$ 32,90	1	12	R\$ 2,74
<b>Custo total mensal:</b>				<b>R\$ 84,63</b>

Fonte: CADTERC, 2022.

#### 5.4 - Elaboração de um manual de valorização dos resíduos verdes e de feiras livres para municípios de pequeno porte

##### 5.4.1 – Conhecer

É importante conhecer os resíduos orgânicos envolvidos no município e para isto é importante um mapeamento das áreas fontes destes resíduos (verdes e de feiras livres). Esse mapeamento pode ser feito por meio de dados disponíveis no município e/ou *Google Maps* e *Google Earth*.

Para auxiliar neste aspecto de conhecer os resíduos orgânicos, são descritos abaixo possíveis procedimentos nas áreas de capina que podem estar ou não relacionadas com os procedimentos do município, mas pode auxiliar nesta etapa de entender quem são e quanto é gerado destes resíduos. Sendo assim, citam-se a manutenção e conservação de gramados e jardins, Poda de pequena monta (arbustos, cercas vivas e árvores de pequeno porte – ou aquelas cuja altura na fase adulta atinge até 1,8 metros) e Manutenção e conservação de áreas verdes – roçagem com remoção.

a) Manutenção e conservação de gramados e jardins:

- **Acompanhamento técnico periódico das áreas envolvidas:** Aqui deve-se realizar

- uma análise do atual estágio de desenvolvimento das plantas na área para organizar o processo de poda/roçagem no que se refere o tipo de equipamento a ser utilizado e o período de execução do serviço, bem como uma provável data de geração de resíduos;
- **Remoção:** Neste momento os resíduos gerados deverão ser removidos e encaminhados para um acondicionamento adequado para serem transportados para não sujar as vias de circulação do entorno;
  - **Sazonalidade:** Uma análise do índice de precipitação pluviométrica casada com as estações do ano podem dar uma noção de quais períodos haverão maiores quantidades na geração de resíduos verdes;
  - **Manejo de plantas ornamentais em áreas públicas:** Para preparar o solo de áreas ajardinadas com os compostos produzidos deverão ser administrados conforme levantamento prévio dos locais que estão deficientes de nutrientes e ainda em áreas que vão receber manejo e plantio de vegetais para enfeites e embelezamento urbano. Ou preparar os berços das mudas de árvores de reflorestamento em áreas de contaminadas;
  - **Tratamento e prevenção de doenças:** Inspeções sobre ataques de pragas urbanos em locais onde existem plantações de interesse paisagístico na cidade, passarão por vistorias periódicas para monitorar possíveis injúrias e infestações para que sejam tratadas o quanto antes.

No acabamento fazer recortes específicos de meios-fios, calçadas e canteiros com ações de coroamento em plantas ou colocação de cobertura morta, alinhando a condução de trepadeira com cortes de cercas vivas.

Quando em plantas nos vasos internos realizar a poda de limpeza e afofamento e reposição do solo em vasos e jardineiras (Quando houver), afofamento do solo, adubação e aplicação de óleo mineral e reposição ou troca de pedrisco.

A limpeza e reposição de folhagens e flores, com colocação de terra e adubo em vasos e floreiras com rastelagem e remoção dos restos vegetais resultantes do corte. Com cultivo e expansão de mudas, transplante de folhagens e flores existentes com limpeza de toda a área com varredura e retirada de folhas, flores e galhos secos, de ervas arrancadas nas capinações e de qualquer outro tipo de detrito. Corte e recolhimento de galhos condenados ou caídos e desinçamento de gramados e canteiros, sempre que possível utilizar na irrigação com água de reuso.

Esta ação carece de acompanhamento técnico periódico com aplicação de controle fitossanitário, já com uma programação e execução permanente de prevenção, combate e/ou

controle a pragas e doenças específicas a cada espécie vegetal para erradicação das plantas invasoras.

Na limpeza dessas áreas deverá constar uma análise da necessidade de poda de limitação de crescimento dos arbustos e de formação. A limpeza após os serviços realizados deverá haver a rastelagem e remoção dos restos vegetais resultantes do corte, com coleta e remoção de lixo e corte e recolhimento de galhos condenados ou caídos, após vistoria técnica da municipalidade, alinhando a condução de trepadeira com cortes de cercas vivas.

b) Manutenção e conservação de áreas verdes – roçagem com remoção:

Neste serviço a limpeza geral de toda a área, com varredura e retirada de folhas, flores e galhos secos, de ervas arrancadas nas capinações e de qualquer outro tipo de detrito, com corte e recolhimento de galhos condenados ou caídos (quando houver). Uma roçagem de vegetação diversa envolvendo corte manual e/ou mecanizado das áreas deverá ser feita sempre que houver necessidade. Com remoção, carga, transporte e descarregamento dos materiais resultantes dessa limpeza para locais que reaproveitem esses resíduos verdes de forma sustentável.

Outro método não citado anteriormente pelo CADTERC é a *capina química* que utiliza agrotóxicos para fins agrícolas em áreas urbanas, é expressamente proibida. A empresa contratada deve empregar somente produtos inseticidas, fungicidas, formicidas, herbicidas, moluscicidas, nematocidas, acaricidas, bactericidas, reguladores de crescimento, abrilhantadores de folhas e outros produtos de origem química ou biológica para uso em jardinagem amadora de venda direta ao consumidor, aprovados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

Um dos instrumentos para guiar nesta tarefa de escolha dos caminhos a seguir na valorização dos resíduos orgânicos está a composição C/N. Ela pode ser muito variada de acordo com os resíduos considerados, indo de 10,7 para a casca de coco até 625,40 para a mamona, como mostra a Tabela 11.

**Tabela 11** - Composição química dos resíduos verdes a serem utilizados.

<b>COMPOSIÇÃO DO MATERIAL PARA A COMPOSTAGEM</b>						
<b>Biomassa</b>	<b>M.O.</b> (g/Kg)	<b>C/N</b>	<b>C</b> (g/Kg)	<b>N</b> (g/Kg)	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b> (g/Kg)	<b>K<sub>2</sub>O</b> (g/Kg)
<b>Abacaxi</b>	714,1	44/1	396,0	90	-	4,6
<b>Alface</b>	-	11,7	33,8	2,9	-	-
<b>Bagaço de cana</b>	585,0	22/1	327,8	14,9	2,8	9,9
<b>Braquiária</b>	-	57,4	40,2	0,7		
<b>Banana</b>	852,8	61/1	469,7	7,7	1,5	5,3
<b>Capim-colônho</b>	910,3	27/1	504,9	18,7	5,3	-
<b>Capim elefante</b>	-	35,7	39,2	1,1	-	-
<b>Capim-gordura-catingueiro</b>	923,8	81/1	510,3	6,3	1,7	-
<b>Capim-limão</b>	915,2	62/1	508,4	8,2	2,7	-
<b>Gramas batatais</b>	908,0	36/1	500,4	13,9	3,6	-
<b>Casca de coco</b>		10,7	18,2	1,7		
<b>Gramas secas</b>	905,5	31/1	502,2	16,2	6,7	-
<b>Mandioca (Casca e raiz)</b>	589,4	96/1	326,4	3,4	3,0	4,4
<b>Mamona</b>	946,0	53/1	625,4	11,8	3,0	18,1
<b>Milho (Palhas)</b>	967,5	112/1	537,6	4,8	3,8	16,4
<b>Milho (Sabugo)</b>	452,0	101/1	525,2	5,2	1,9	9,0
<b>Serrapilheira</b>	306,8	17/1	163,2	9,6	0,8	1,9
<b>Serragem de madeira</b>	934,5	865/1	519,0	0,6	0,1	0,1

Fonte: Costa, 2000 e EMBRAPA, 2021.

#### 5.4.2 – Objetivo

Os objetivos na valorização dos resíduos verdes podem ser diversos. Para o objetivo de compostagem é importante considerar o grau de umidade dos resíduos, a composição carbono/nitrogênio e a quantidade envolvida. Para o equilíbrio da umidade e da relação C/N, pode-se utilizar os resíduos de feira livre. Um método indicado neste caso, seria a compostagem em leira estática aerada (tabela 10). Com esse método, é possível obter um composto de qualidade em aproximadamente 60 dias. Nesse mesmo espaço físico que abrigarão sistema de compostagem é possível aplicar processo de trituração para galhos maiores e utilizá-los na compostagem, reduzindo sensivelmente a quantidade de resíduos orgânicos que são encaminhados para o aterro sanitário.

Para o biodigestor com uma opção a ser adotada, é necessário também o controle de nutrientes (C/N), além da definição da quantidade de sólidos que estará operando o biodigestor. No caso da valorização dos resíduos verdes, o processo de biodigestão é mais limitado, porque a composição dos resíduos contém grau elevado de carbono. Mesmo assim, e de forma controlada, é possível associar os resíduos de feira com os resíduos verdes no biodigestor.

Quando o objetivo for o aproveitamento de galhos de maior calibre, estes podem ser segregados, cortados e submetidos a secagem ao sol. Em seguida, eles podem ser doados ou comercializados para fornos de pizza, caldeiras, churrasqueiras etc. Neste caso dos galhos de maior calibre, também pode ser utilizado o processo de pelletização. Esse processo consiste na trituração dos galhos e também das folhas e aparas, formando um material de granulometria pequena e que deve passar por uma máquina pelletizadora, formando um material denso e que pode ser utilizado como fornecedor de energia para diversas finalidades.

#### 5.4.3 – Espaço

Neste estudo, realizou-se a seleção de uma área viável para quantificar e qualificar o material coletado utilizando-se de um local livre de circulação de veículos no pátio da empresa, para assegurar segurança durante as pesagens dos resíduos coletados. E ainda se realizou um levantamento da geolocalização das áreas onde as coletas ocorreram, registrando em mapas, para se conhecer as principais rotas percorridas para transporte e deste modo ficou comprovado

que a coleta e separação destes resíduos orgânicos (Resíduos verdes e de feira livre) reduz o tempo no deslocamento de veículos e utilização de mão de obra por parte dos coletores.

Para desenvolver uma leira estática aerada compacta, com materiais de baixo custo para ter uma maior viabilidade econômica e técnica, onde esse procedimento possa ter capacidade de replicação em diferentes cenários, com suas peculiaridades regionais, e obter rendimentos que realmente sirvam de propósito para efetivar esta ação em seus diversos níveis.

Respeitando as especificações estruturais necessárias, tomando por base que a quantidade de leiras necessária para todo o processo de compostagem. Com condições operacionais previstas, e com a finalidade de atender o objetivo principal deste trabalho que é estudar esta alternativa técnica de compostagem para o tratamento da fração orgânica dos resíduos dos serviços de limpeza de São Roque-SP, por meio de leiras estáticas aeradas, os resultados serão apresentados em relação à operação do sistema e à qualidade do composto gerado, o que poderá representar uma melhoria na produção e quantificação na qualidade do material produzido.

Uma busca por regiões-chave, no plano diretor, Plano de Zoneamento Econômico Ecológico, Plano Municipal de Arborização ou documento equivalente, será realizada para identificar áreas que possuam este potencial e estejam livres para esta ação e que tragam os benefícios esperados. É importante que o município tenha espaços adequados de acordo com as tecnologias selecionadas.

Um levantamento de terrenos, em que a municipalidade não esteja executando ações de manutenção, guarda de materiais, estacionamento, entre outros usos comuns. Pode-se dar preferência a tipos de solos (mais argilosos e menos arenosos), poucos ácidos, ricos em matéria orgânica, boa textura (média a regular), boa drenagem, encharcamento baixo, que apresenta topografia favorável com pouca inclinação (declive) e erosão, planos em que os canteiros fiquem bem alinhados e dispostos, para facilitar o preparo para implantação e manutenção das leiras.

Massukado 2008, orienta sobre os cuidados com a vizinhança do entorno da futura planta de compostagem a ser construída, principalmente sobre as possíveis gerações de odores, circulação de pessoas e estruturas que servem a população local, pois podem afetar de forma negativa a solução de tratamento que os processos de compostagem fornecem naquele ambiente em questão.

É importante que a área esteja distantes de áreas contaminadas e de nascentes e corpos d'água, para reduzir a influência (taxa de umidificação) do material a ser compostado e que seja

de fácil acesso dos moradores e veículos pesados. Também são fatores a serem ponderados, além da proximidade de vizinhanças, escolas, indústrias e comércio.

#### 5.4.4 – Recursos disponíveis

O ICMS Ecológico não é um novo imposto, mas sim um meio de recompensar as municipalidades de ser enquadrado em novos critérios de redistribuição de recursos do ICMS, que reflete o nível da atividade econômica nos municípios em conjunto com a preservação do meio ambiente. Ele é um bom exemplo de suporte financeiro às ações que visam a sustentabilidade e que também podem ajudar a implementar o ODS 11 (Objetivo de Desenvolvimento Sustentável) que trata das “Cidades e Comunidades Sustentáveis”. Um mecanismo tributário que possibilita aos municípios de todo o Brasil acesso a frações maiores de meios financeiros do que àquelas parcelas que já têm direito, dos recursos financeiros arrecadados pelos Estados por meio do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços, o ICMS, em razão do atendimento de determinados critérios ambientais estabelecidos em leis estaduais. (ICMS, 2023).

No estado de São Paulo o Programa Município VerdeAzul (PMVA) busca estimular e auxiliar as prefeituras paulistas na elaboração e execução de suas políticas públicas estratégicas para o desenvolvimento sustentável estaduais. tem o inovador propósito de medir e apoiar a eficiência da gestão ambiental com a descentralização e valorização da agenda ambiental nos municípios.

Existe também o Selo Município Azul + CAIXA da Caixa Econômica Federal que reconhece os municípios que apresentaram indicadores públicos de boas práticas de Governança e Responsabilidade Socioambiental (ESG) na gestão pública local e desta forma o ente federado consegue condições mais atrativas na contratação de serviços e de produtos bancários para aplicação em sua cidade (CAIXA SUSTENTABILIDADE, 2023).

BNDES Finem - Meio Ambiente - Planejamento e Gestão (BNDS, 2023) é um programa do Banco Nacional de Desenvolvimento Sustentável que visa auxiliar projetos voltados à gestão, capacitação, implantação de sistemas, estudos e certificações que aumentem a capacidade das municípios para reduzir e mitigar riscos socioambientais e otimizar a utilização dos recursos financeiros direcionados na mitigação do descarte de resíduos, incentivando sua valorização e resultando em ações concretas.

As soluções consorciadas entre municípios também se apresentam como meio de

aumentar o caixa municipal para custear ações verdes de valorização. Pois além de obter uma boa colocação em lista de cidades sustentáveis em programas estaduais, essa ação abre caminho para a obtenção de mais recursos, estes que podem ser aplicados em áreas de interesse da municipalidade.

#### 5.4.5 – Execução/manutenção

No que diz respeito a correta destinação dos resíduos sólidos e o cumprimento à PERS - Política Estadual de Resíduos Sólidos de São Paulo, estipulada pela Lei Estadual nº 12.300/2006, caberá a empresa contratada a responsabilidade pela destinação final dos resíduos sólidos decorrentes do processo de manutenção da jardinagem. Já tendo um local reservado à destinação final dos resíduos regularizado junto aos órgãos ambientais dos poderes públicos (Federal, Estadual e Municipal), com regular envio ao Contratante, no caso prefeituras, a documentação comprovando a frequência referente à empresa e ao volume movimentado (CADTERC, 2022). Nesse contexto surgiu a oportunidade para gerar uma economia de recursos financeiros quando não ocorre o envio desses resíduos para aterros, desse modo desenvolvendo uma destinação mais nobre.

Também realizar a formação de um grupo de trabalho para lidar com essa temática, para não acumular e sobrecarregar funcionários com atribuições que não são de sua competência e ainda direcionar esforços para produzir melhores resultados e dar uma perenidade aos trabalhos de gestão e gerenciamento desse projeto na municipalidade. Com essa configuração inicial o desenvolvimento para obter bons resultados será mais sólido e com um horizonte promissor mais próximo da realidade. Pois uma boa administração feita com técnicos, ou pessoas com o mínimo de interesse e vontade de fazer o correto, aumentam as chances de êxito na estruturação de políticas públicas oriundas das cidades.

Como recomendado no item que aborda os recursos disponíveis, a gestão de recursos financeiros merece toda a atenção possível, pois poderá trazer retorno econômico positivo muito interessantes aos cofres da prefeitura, e podendo abrir outras portas para acesso a mais recursos das esferas superiores de gestão pública a nível estadual e federal.

As políticas públicas são ações e programas que são desenvolvidos pelos municípios para preservar e proteger o meio ambiente em acordo com metas e objetivos abrangidos em leis instituídas por setores da administração pública em todas as suas esferas para garantir o bem-estar e manter a saúde da população e seu entorno (fauna e flora) saudáveis.

Esse instrumento deve ser levado em consideração para dar mais ênfase nos projetos de valorização de resíduos verdes e de feira livre, programas assim tem o agregam valores que protegem ideias de sustentabilidade em todas as suas ações, pois pequenos atos constroem grandes movimentos gerando um aproveitamento gigante na educação ambiental dos habitantes e de seus gestores, como incentiva a CNM e o MMA.

A implementação das tecnologias definidas nos objetivos podem estar atreladas, dependendo do município, a um conjunto de normas como licenças para implantação dos processos e aceitação dos envolvidos diretamente, especialmente o órgão ambiental da prefeitura.

#### 5.4.6 – Aplicação do produto obtido

A produção de um material compostado com os resíduos verdes coletados pelo serviços de limpeza pública é um caminho muito promissor, como solução para as prefeituras, pois além de reduzir o descarte em locais incorretos, como terrenos baldios e beiras de estradas, e diminuir os gastos com o envio destes para os aterros sanitários, sua contribuição para a sustentabilidade e a geração de renda para ações ligadas às atividades paisagísticas e de educação ambiental nas cidades, como a construção de canteiros para jardinagem, também para o preparo de berços e covas para plantar mudas de árvores nos serviços de manutenção de área verdes, arborização urbana e reflorestamento para recuperação de áreas degradadas na região, entre outras, pois o cultivo utilizando material compostado oriundo de resíduos verdes municipais pode trazer ganhos relevantes para o solo e os vegetais que ali se desenvolvem (Peter D. Somerville *et. al.*, 2018). O composto pode ser integrado à produção de flores, hortas e mudas.

Aplicação em forma de peletização, moedas de galhos, doados ou comercializados para pequenos comerciantes que trabalham com fornos (para aquecimento de lareiras em hospitais, hotéis e pousadas) ou loja de artesanatos na cidade (por ser uma região turística), dessa forma integrando esse rico material no comércio das empresas locais.

No caso da biodigestão pode-se utilizar os produtos, como o biogás (metano) em cozinhas comunitárias para reduzir o gasto com gás de cozinha e em escala maior como gás veicular na frota municipal ou ainda para geração de energia elétrica, para ser usada na iluminação pública de prédios, praças, monumentos municipais e na alimentação de equipamentos elétricos comunitários como roteadores de internet, pequenas unidades de

saúde, pequenas escolas, postos policiais em comunidades mais afastadas da área urbana e carentes de recursos financeiros e estruturais, dando mais dignidade a vida dos moradores desses locais com menos infraestrutura estabelecida. Além de contribuir no aumento significativo no número de cidades que possuem políticas e planos desenvolvidos e implementados para mitigação, adaptação e resiliência na gestão integrada de resíduos sólidos.

#### 5.4.7 – Ganhos do fluxo de valorização

Uma avaliação dos ganhos do fluxo para compensação está diretamente ligada às opções de valorização adotadas e os seus devidos produtos. Dessa forma descreve-se abaixo e de forma generalista, um conjunto de ganhos tais como:

- Redução no custo na coleta por habitante;
- Economia de matéria-prima;
- Melhor uso de recursos humanos pela municipalidade;
- Boa gestão de tempo e uso de mão de obra;
- Biogás reaproveitado;
- Geração de energia com reaproveitamento de produtos originados na biodigestão;
- O acesso de mais munícipes foi aumentado usar mais o mesmo caminhão;
- Com menos volume coletado por trecho o mesmo veículo poderá percorrer mais quilômetros para coletar mais material;
- Atmosfera com menos presença de poluentes advindos da frota de caminhões pesados;
- Frota de caminhões com menos gastos de manutenção corretiva e preventiva;
- Trânsito local mais fluido com circulação menor de caminhões, devido a ter menos veículos pesados nas ruas em horários de pico;
- Contribuição para o prolongamento da vida útil aterro;
- Redução do desperdício de resíduos orgânicos (Resíduos verdes e de feira livre);
- Áreas ajardinadas, canteiros e praças públicas melhor cuidados;
- Munícipes mais felizes e satisfeitos com sua cidade;
- Recuperação de áreas contaminadas e degradadas, contribuindo em processos de reflorestamento;
- Atrelar o município à sustentabilidade.

## 6 – CONCLUSÕES

Um manual de valorização foi elaborado contendo passos básicos para a aplicação em outros municípios e que deve envolver um conjunto de pelo menos 7 etapas para garantir a execução e continuidade do processo de valorização. Os resíduos gerados nas feiras livres tiveram por volta de 70% de resíduos orgânicos e uma pequena parcela de inorgânicos em sua composição total, o que demonstra que eles podem ser utilizados para a compostagem.

Para os resíduos verdes caracterizados no município de São Roque observou-se que eles são gerados em grande quantidade, 27 toneladas e basicamente três tipos, tais como folhas, aparas e galhos, com predominância das aparas. Para os resíduos de feira percebeu-se que há uma sazonalidade na sua produção, ou seja, dentro de um mês há semanas que produziram mais resíduos que outras e os resíduos apresentaram uma predominância maior de carcaças de peixes e de frutas cítricas.

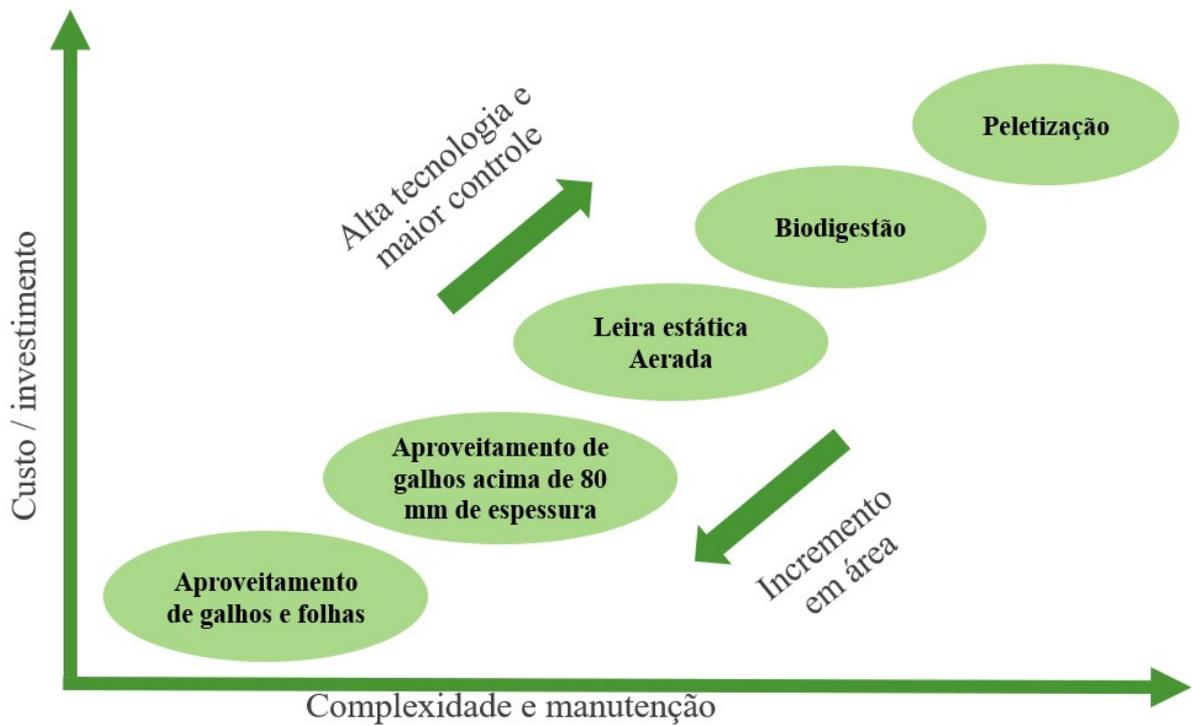
Em relação ao potencial de aplicação de todas as tecnologias, os biodigestores demonstram poder ter uma boa eficiência na produção de material compostado e aproveitamento energético (elétrico e gasoso), mas um alto custo de operação e instalação. Já a peletização fornece um alto grau de aproveitamento energético, contudo seu custo ainda não é atrativo para pequenos municípios com pouco investimento disponível. No entanto, a prática no uso de leiras estáticas aeradas oferece um custo benefício mais atrativo na produção de um composto orgânico de alta qualidade devido ao manuseio mais fácil, melhor monitoramento, baixa ou nenhuma geração de chorume e maus odores.

O custo benefício no uso de leiras estáticas demonstrou ser muito mais promissor que as demais tecnologias de aproveitamento de galhadas, biodigestão e a peletização. Com rendimentos médios e menor uso de recursos financeiros e humanos, além de exigir equipamentos e ferramentas mais simples e baratas em relação aos dispositivos utilizados pelas outras metodologias citadas anteriormente, as leiras são mais acessíveis e podem preencher essa lacuna de serviço sem maiores problemas (Figura 33).

Devido às condições climáticas e de solo, uma planta de compostagem para o local de estudo é viável devido o acesso aos resíduos orgânicos (RVs e RFL), que existem em quantidade que podem alimentar um projeto de compostagem por leiras estáticas aeradas por períodos contínuos, mesmo com a oscilação entre as estações do ano e a sazonalidade de produção dos mesmos. A capacidade de valorização possui muita chance para ocorrer de forma perene, pois essa política pode seguir por um caminho cada vez mais amplo. Visto que o leque

de tecnologias estão bem desenvolvidos e acessíveis, havendo uma análise de estudo que atenda as ausências de dados do território em questão.

**Figura 33** – Viabilidade das tecnologias para valorização.



Fonte: Próprio autor.

A educação ambiental é um meio de grande significância para contribuir nesse movimento de sustentabilidade na gestão pública. No entanto, existe a falta de uma comunicação mais ativa e objetiva entre os gestores e as políticas públicas, uma padronização de programas que atenda as necessidades locais e regionais nesse país de proporções continentais. Também há uma necessidade da criação de uma coordenação que atenda e dê suporte às municipalidades para desenvolverem seus programas de valorização de forma concreta e eficiente, como agências de fomento e possíveis investimentos privados.

Esta via de valorização dos resíduos orgânicos no município de São Roque também permite visualizar ganhos para reciclagem de materiais orgânicos produzidos em centros urbanos com potencial de reduzir despesas públicas com os serviços de coleta, transporte, destinação e disposição final em aterros sanitários, aumentar sua vida útil, reduzir impactos negativos à saúde e ao meio ambiente por meio da redução de resíduos dispostos de forma errada, gerando subprodutos orgânicos que foram qualificados como bens econômicos de alto

valor agregado. E aumentar a proporção de RVs e RFL coletados e tratados e com disposição final adequada sejam regularmente coletados.

As conquistas alcançadas com a valorização também chegam a qualidade de vida de todos os moradores da região afetada por estas ações, projetos que se utilizaram de educação ambiental, como os da UFSC, conseguiram mobilizar muitas pessoas e com isso o uso do composto produzido em leiras de compostagem são bem recebidos quando aplicados em áreas verdes públicas pelas prefeituras.

Com os objetivos propostos atendidos, esse projeto buscou apontar os itens para simplificar o acesso às informações e meios de produzir um benefício que possa ser desenvolvido com pouco investimento e que demanda pouca mão de obra, devido às limitações técnicas e financeiras que as pequenas cidades brasileiras apresentam.

Durante o desenvolvimento desse trabalho, muitos desafios além da academia foram enfrentados, diversos fatores deixaram a evolução deste mestrado mais árdua, como o difícil acesso aos locais de coleta, conseguir ir a campo e ter as condições favoráveis do clima, pois o terreno e vegetação molhados dificultavam os serviços de serem executados com mais eficiência e segurança. No deslocamento de casa para a empresa e para os locais de estudo, vários imprevistos sempre ocorreram, mas nada que impedisse a realização do trabalho, em compensação reagendamentos de horários, atrasos de entrega de equipamentos, longos períodos para receber materiais que foram utilizados na pesquisa fizeram parte dessa jornada de construção deste projeto. Ainda assim o foco na sua conclusão sempre foi uma meta muito sólida.

O suporte da empresa e o apoio da família e amigos teve uma participação especial junto a tudo que ocorreu no decorrer de todos esses meses. Durante a pandemia vários momentos de angústia e preocupação permaneceram por algum tempo, mas os cuidados e o respeito às recomendações dos especialistas sempre foram seguidos e isso trouxe mais segurança para continuar a pesquisa e manter a saúde mental e o foco no compromisso de concluir este projeto de forma plena.

Portanto, desenvolver meios sustentáveis que melhorem a segurança, priorizando o desenvolvimento sustentável e proporcionar o acesso a sistemas de planejamento e gestão pública integrados para as cidades de pequeno porte do país são fundamentais. Desse modo, favorecendo a redução do impacto ambiental negativo em todas as localidades do interior do Brasil é uma missão possível.

## 7 - SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Como meio de dar continuidade a esta pesquisa, sugere-se alguns trabalhos para serem desenvolvidos posteriormente a este:

- Explorar a viabilidade da implementação de unidades de valorização de resíduos orgânicos oriundos de serviços realizados pela municipalidade em soluções consorciadas ou regionalizadas;
- Produzir meios de avaliar os resultados do uso pelos munícipes ou poder público dos compostos produzidos nos pátios de compostagem de resíduos;
- Elaborar uma minuta para o manual técnico específico para o município foco do estudo;
- Investigar as possibilidades de se consolidar serviços de coletas dos resíduos das feiras livres e sua segregação *in situ*.
- Estimar a viabilidade da produção de combustível/energia por meio da compostagem, para ser utilizada na frota de veículos de limpeza pública dos entes federativos;

Desenvolver um software de controle, aplicativo para celulares inteligentes, que alimente um banco de dados sobre utilização (adubação de canteiros, jardins, pomares e hortas urbanas) e produção (de flores, frutas e mudas) por parte dos munícipes, depois de utilizar o composto produzido pelas prefeituras.

## 8 - REFERÊNCIAS

A Tribuna (2023). **Resíduos de feira livre vão virar adubo em Praia Grande - SP**. Usina de compostagem será aberta no próximo semestre, de acordo com a prefeitura. Disponível em: <https://www.tribuna.com.br/cidades/praiagrande/residuos-de-feira-livre-vaovirar-adubo-em-praia-grande>. Acesso 30 jan. 2023.

ABNT NBR 9050/2020, **Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos** – Classificação. Associação Brasileira de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 2020.

ABNT NBR 10.004/2004, **Resíduos Sólidos** – Classificação. Associação Brasileira de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT NBR 13.591/1996, **Resíduos Sólidos – Compostagem - Terminologia**. Associação Brasileira de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 1996.

ABNT NBR 16.246-1/2013, **Resíduos Sólidos – Florestas urbanas — Manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas**. Associação Brasileira de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS(ABNT). **NBR 10004. Resíduos sólidos. Classificação**. São Paulo, 1987.

BARATTA Júnior, Almir Punaro. **Utilização do composto de resíduos da poda da arborização urbana em substratos para produção de mudas**. 2007. Dissertação Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Florestas. Acesso em 10 mai. 2020.

BARREIRA, Luciana Pranzetti; PHILIPPI, Arlindo Júnior; RODRIGUES, Mário Sérgio. **Usinas de compostagem do Estado de São Paulo: qualidade dos compostos e processos de**

produção. Artigo técnico: maio de 2006.

BELTRAME, Fernando Antônio. **Valorização de resíduos sólidos orgânicos para grandes geradores**: avaliação da viabilidade técnica de equipamentos compactos. 2018. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

BNDS, Banco Nacional de Desenvolvimento Sustentável. **BNDES Finem - Meio Ambiente - Planejamento e Gestão**.  
<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-finem-meio-ambiente-planejamento-gestao>. Acesso em 10 mai. 2023.

BONTURI, G. L.; DIJK, M. V. **Instalação de biodigestores em pequenas propriedades rurais: análise de vantagens socioambientais**. Revista Ciências do Ambiente, Campinas, v. 8, n. 2, p. 88-95, out. 2012

BRADA, MARCOS ALEJANDRO (2012). **Infograma - Compostagem de Resíduos Orgânicos**. Gestão de resíduos orgânicos conforme a PNRS (Política Nacional de Resíduos Sólidos) - Lei 12.305/2010. Disponível em:  
<https://marcosbadra.files.wordpress.com/2012/12/infograma-compostagem-resc3adduos-gerais-pnrs-web1.jpg>. Acesso em: 08 ago. 2020.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em:  
[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 19 fev. 2023.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9605 de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 3 ago. 2010 Seção 1 p.3.

BRASIL. **Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm). Acesso em: 02 nov. 2019.

BRASIL. **Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio

Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm). Acesso em: 14 dez. 2019.

CAIXA SUSTENTABILIDADE. **Selo Município Azul + CAIXA - Práticas Sustentáveis: uma alternativa para melhorar a qualidade de vida do cidadão brasileiro**. <https://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/selo-municipio-azul/Paginas/default.aspx>. Acesso em 09 mai. 2023.

CNM – Confederação Nacional dos Municípios. **Diagnóstico municipal para a política nacional de resíduos sólidos, 2023**. Observatório dos Lixões. <https://lixoes.cnm.org.br/>. Acesso em 28 fev. 2023.

Cidades Paulistas. **Cidades X Números de habitantes / Cidades de 50 a 100mil habitantes**. < <http://www.cidadespaulistas.com.br/prt/cnt/mp-cid-x-hab-4.htm> >. Acesso em: 29 mai. 2020.

Confederação Nacional de Municípios (CNM). **DIAGNÓSTICO DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS**. [https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca/Pesquisa\\_Diagnostico-da-politica-nacional-de-residuos\\_2020.pdf](https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca/Pesquisa_Diagnostico-da-politica-nacional-de-residuos_2020.pdf). Acesso em: 11 out. 2020.

CORTEZ, L. C. **Estudo do potencial de utilização da biomassa resultante da poda de árvores urbanas para a geração de energia: Estudo de Caso: AES ELETROPAULO**. São Paulo, 2010. 246p. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

EMBRAPA, 2021. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPÉCUARIA: Tecnologias - Planilha CompostCalc. **Planilha eletrônica ou procedimento informatizado que realiza cálculos da proporção de matérias-primas utilizadas para processos de compostagem**. <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/8417/planilha-compostcalc>. Acesso em: 11 Mar. 2023.

COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; PELÁ, A.; SILVA, A. C. J.; DECARLI, L. D.; MATTER, U. F. **Desempenho de quatro sistemas para compostagem de carcaça de aves**. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 692-

698, 2006.

EPSTEIN, E. **The Science of Composting**. Pennsylvania: Technomic Publishing, 1997. P. 493.

Farias, Eduardo. **Revolução dos baldinhos: um modelo de gestão comunitária de resíduos orgânicos que promove a agricultura urbana**. <<http://tcc.bu.ufsc.br/CCATCCs/agronomia/ragr80.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2020.

FAVARETTO, M. P.; LEITE, J. R. M. **O princípio da responsabilidade compartilhada e a disposição dos resíduos orgânicos domésticos pelo sistema de compostagem**. [S. l.: s.n.]. <<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat07205a&AN=uls.345448&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>>. Acesso em: 01 dez. 2020.

FILHO, W. P. D.; CAMARGO, A. M. M. P. D; CAMARGO, F. P. **Mercado de Alcachofra no Estado de São Paulo e Viabilidade da Produção Orgânica**. Informações Econômicas, v.39, n.4, p.70-75, 2009. <http://www.iea.sp.gov.br/ftpiea/publicacoes/IE/2009/tec6-0409.pdf>. Acesso em 20 fev. 2023.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados – São Roque**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/sao-roque.html>. Acesso em: 25 nov. 2020.

ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços. **ICMS Ecológico**. <https://www.meioambiente.go.gov.br/meio-ambiente-e-recursos-h%C3%ADdricos/icms-ecol%C3%B3gico.html#:~:text=O%20ICMS%20Ecol%C3%B3gico%20%C3%A9%20um,a%20tendimento%20de%20determinados%20crit%C3%A9rios%20ambientais>. Acesso 28 abr. 2023.

INÁCIO, C.T., MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro. Embrapa Solos, 2009. p. 72.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Apenas 13% dos resíduos sólidos urbanos no país vão para reciclagem**. [http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=29296:apenas-13-dos-residuos-urbanos-no-pais-vaio-para-reciclagem&catid=1:dirur&directory=1](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=29296:apenas-13-dos-residuos-urbanos-no-pais-vaio-para-reciclagem&catid=1:dirur&directory=1). Acesso 28 out. 2019.

INSTITUTO PÓLIS. **Campanha São Paulo Composta, Cultiva.** <<https://polis.org.br/projeto/sp-composta-cultiva/>>. Acesso em 05 dez. 2020.

IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Caderno nº 11. Cidades e Comunidades Sustentáveis - Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.** <https://www.ipea.gov.br/ods/ods11.html>. Acesso em 02 dez. 2020

M. Reyes-Torres, E.R. Oviedo-Ocaña, I. Dominguez, D. Komilis, A. Sánchez, **A systematic review on the composting of green waste: Feedstock quality and optimization strategies, Waste Management**, Volume 77, 2018, Pages 486-499, ISSN 0956-053X. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.037>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X18302605>). Acesso em 11 mar. 2023

MASSUKADO, Luciana Miyoko. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares.** 2008. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. doi:10.11606/T.18.2008.tde-18112008-084858. Acesso em: 11 mai. 2022.

MEIRA, Ana Maria de. **Gestão de resíduos da arborização urbana.** 2010. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010. doi:10.11606/T.11.2010.tde-19042010-103157. Acesso em: 23 mai. 2020.

Meteoblue. **Dados históricos simulados de clima e tempo para São Roque.** Disponível em: [https://www.meteoblue.com/pt/tempo/historyclimate/climatemodelled/s%C3%A3o-roque\\_brasil\\_3448300](https://www.meteoblue.com/pt/tempo/historyclimate/climatemodelled/s%C3%A3o-roque_brasil_3448300). Acesso em: 29 jan. 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Política Nacional de Resíduos Sólidos,** 2010. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>. Acesso em: 01 nov. 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Compostagem Doméstica, Comunitária e Institucional de Resíduos Orgânicos.** Brasília DF: Ministério do Meio Ambiente: 66 p. 2017.

MORITA DOS SANTOS, M; MORAES, E.; RODRIGUES, C. V. L. **Aterro Sanitário e os**

**Benefícios da Compostagem.** <https://compostcheira.eco.br/aterro-sanitario-e-os-beneficios-da-compostagem/>. Acesso em: 24 Mai. 2023.

Nota Técnica nº 09/2022 - Compostagem dos resíduos orgânicos. **CNM – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS.** <https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca/NT%20n%2009.2022%20-%20Compostagem.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.

PETER D. Somerville, Peter B. May, Stephen J. Livesley, **Effects of deep tillage and municipal green waste compost amendments on soil properties and tree growth in compacted urban soils, Journal of Environmental Management**, Volume 227, 2018, Pages 365-374, ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.004>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479718309952>). Acesso em: 10 mar. 2023.

RODRIGUES, Daniela Carolina (2016). **Proposição de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos para o Centro Integrado de Operação e Manutenção da CASAN (CIOM).** <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/160198>. Acesso em 27 02 2023.

STOREL, A.; PROENÇA, L.; CARDOSO H.; MELLO, P.; **Curso de compostagem orgânica.** SEBRAE. Brasília, 2018.

SÃO ROQUE. **Plano Diretor Municipal.** O Plano Diretor é a legislação que orienta o desenvolvimento do município de São Roque, ao estabelecer as regras para a ocupação do solo, levando em conta fatores como o sistema viário, áreas de preservação ambiental, residenciais, industriais, comerciais, entre outras, acompanhando permanentemente o crescimento da cidade. Disponível em: <https://www.saoroque.sp.gov.br/portal/servicos/112/plano-diretor-municipal/>. Acesso em: 11 mai. 2022.

SÃO ROQUE. **Localização geográfica do Município de São Roque, Estado de São Paulo, Brasil.**

[https://www.saoroque.sp.gov.br/arquivos/40228\\_Capitulo%206%20Componente%20Socioeconomico%20PDA%20SR%20a%20Audiencia.pdf](https://www.saoroque.sp.gov.br/arquivos/40228_Capitulo%206%20Componente%20Socioeconomico%20PDA%20SR%20a%20Audiencia.pdf). Acesso em: 20 fev. 2023.

SÃO ROQUE. **CUALBONDI - Mapa e municípios vizinhos Plano Diretor Municipal.** <https://cualbondi.org/mapa/sao-roque%7C-47.109609,-23.548916/geolocation%7C->

47.14293479919434,-23.513508307776096. Acesso em: 01 mar. 2023.

SILVA, J. A. R. da, Terra, A. B. C., Assis, C. de, Florentino, L. A., & Putti, F. F. (2020). **Tratamento de dejetos no Brasil: comparativo entre as técnicas de compostagem e biodigestores anaeróbios.** *Revista Em Agronegócio e Meio Ambiente*, 13(2), 797–817. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n2p797-817>. Acesso em: 29 abr. 2023.

SNIS, 2022. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico Temático - Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2021.** Ministério do Desenvolvimento Regional. Brasília, dezembro de 2022.

SECRETARIA DE ORÇAMENTO E GESTÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO. CadTerc – Estudos Técnicos de Serviços Terceirizados: **Prestação de Serviços de Manutenção e Conservação de Jardins – Vol.18 – Mar/2022.** [https://www.bec.sp.gov.br/BEC\\_Servicos\\_UI/CadTerc/UI\\_sVolumeltemRelaciona.aspx?chav e=&volume=18&tible%20=Manuten%C3%A7%C3%A3o%20e%20Conserva%C3%A7%C3%A3o%20de%20Jardins%20target=](https://www.bec.sp.gov.br/BEC_Servicos_UI/CadTerc/UI_sVolumeltemRelaciona.aspx?chav e=&volume=18&tible%20=Manuten%C3%A7%C3%A3o%20e%20Conserva%C3%A7%C3%A3o%20de%20Jardins%20target=). Acesso em 14 jun. 2022.

Xiaoqiang Gong, Suyan Li, Xiangyang Sun, Li Wang, Linlin Cai, Junda Zhang, Le Wei, **Green waste compost and vermicompost as peat substitutes in growing media for geranium (*Pelargonium zonale* L.) and calendula (*Calendula officinalis* L.),** *Scientia Horticulturae*, Volume 236, 2018, Pages 186-191, ISSN 0304-4238, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.051> (<https://www.urban.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423818302279>). Acesso em: 10 mar. 2023.

## ANEXOS

### **Anexo I - Proposta de modelo para elaboração de um manual técnico de valorização de resíduos orgânicos (ROs)**

Sequência de passos para elaboração de um manual de valorização de resíduos orgânicos.

1. Divulgação e obtenção de apoio político/financeiro para o projeto;
  - 1.1. Exposição do projeto junto a câmara de vereadores;
  - 1.2. Reunião com o prefeito e secretários ligados a pasta de sustentabilidade;
  - 1.3. Apresentação do projeto para as entidades locais vocacionadas para a área de resíduos orgânicos;
  - 1.4. Divulgação via redes sociais, jornais e rádios locais;
2. Anuência dos órgãos ambientais e locais da prefeitura para a execução das tecnologias a serem selecionadas;
  - 2.1. Junto a esfera Municipal e Estadual;
  - 2.2. Seleção de local apto para receber cada uma das tecnologias selecionadas;
  - 2.3. Mapear as áreas selecionadas considerando as mais prováveis e as menos prováveis;
3. Identificação dos tipos de resíduos gerados e os locais de geração;
  - 3.1. Fazer um mapeamento das fontes geradoras;
  - 3.2. Visita as fontes geradoras ou uma amostra delas, para identificar visualmente os resíduos gerados e sua quantidade;
4. Caracterização minuciosa dos ROs (Laboratorial);
  - 4.1. Coleta de amostras para caracterização dos resíduos orgânicos em laboratório de acordo com a tecnologia considerada;
5. Selecionar a melhor tecnologia a ser utilizada de acordo com e os resíduos presentes e os objetivos do projeto;
  - 5.1. Avaliação do conjunto de dados envolvendo uma análise técnica, econômica, social e ambiental;
6. Identificação dos profissionais que farão a implementação das tecnologias;
  - 6.1. A implementação das tecnologias requer mão de obra específica e deve-se identificar quem serão os responsáveis e envolvidos nas atividades de valorização, desde como colaborador que opera o sistema até o técnico até que monitora as tecnologias selecionadas;

- 6.2. Treinamento dos profissionais envolvidos;
7. Plano de coleta e armazenamento dos ROs;
  - 7.1. Alinhar a coleta dos ROs com a coleta que já ocorre no município ou criar uma outra via de coleta;
  - 7.2. De acordo com as características de cada município pode-se criar pontos de coleta pela cidade;
  - 7.3. Identificação e dimensionamento da área de recebimento dos ROs;
8. Seleção da área a ser utilizada e teste piloto com as tecnologias selecionadas;
  - 8.1. Mapear as áreas selecionadas para implementação das tecnologias de acordo com a vocação de cada uma delas;
  - 8.2. Seleção de uma área para fazer um teste piloto;
9. Expansão gradativa para as demais áreas abrangidas do projeto;
  - 9.1. A partir dos dados obtidos com o teste piloto, expandir de forma ponderada para outras áreas maiores;
10. Monitorar semanalmente as tecnologias selecionadas e aplicadas, ampliando a medida do monitoramento a medida em que tiver em conformidade com a execução da tecnologia;
  - 10.1. Iniciar o monitoramento de forma semanal e depois ampliar o período de monitoramento para mensal, a medida em que forem sendo corrigidas as inconformidades;
11. Avaliação da qualidade do produto final;
  - 11.1. Avaliar visualmente e do ponto de vista laboratorial de acordo da característica da tecnologia empregada;
  - 11.2. Dependendo do caso, esta avaliação deve estar em conformidade com a legislação pertinente;
12. Planejamento de uso do produto final;
  - 12.1. De acordo com o produto obtido, o uso deste deve envolver áreas públicas (composto) e/ou os munícipes;
  - 12.2. Monitorar a aplicação através de vários mecanismos, tipo: reuniões de moradores, associação de comerciantes etc.;
  - 12.3. Organizar, dependendo do caso, o local para armazenamento do produto final;
  - 12.4. Beneficiamento do produto final (Composto), tais como seleção de partículas que não desejáveis e ensacamento para distribuição;
  - 12.5. Acesso do público por meio de visitas guiadas aos locais onde são processados os ROs.