

**GISELE SANTOS RAMINELLI VINCOLETO**

**Resíduos sólidos urbanos em Anhumas – São Paulo – Brasil: Proposta para  
implantação de usina de compostagem da fração orgânica**

**GISELE SANTOS RAMINELLI VINCOLETO**

**Resíduos sólidos urbanos em Anhumas – São Paulo – Brasil: Proposta para  
implantação de usina de compostagem da fração orgânica**

Dissertação de mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Geografia - Mestrado Profissional, da  
Faculdade de Ciências e Tecnologia da  
Universidade Estadual Paulista "Júlio de  
Mesquita Filho" – Campus de Presidente  
Prudente, como requisito para a obtenção  
do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Cezar Leal

Presidente Prudente  
2022

V778r

Vincoletto, Gisele Santos Raminelli

Resíduos sólidos urbanos em Anhumas – São Paulo – Brasil :  
Proposta para implantação de usina de compostagem da fração  
orgânica / Gisele Santos Raminelli Vincoletto. – Presidente Prudente,  
2022

120 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (Mestrado profissional - Geografia Profissional) -  
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e  
Tecnologia, Presidente Prudente

Orientador: Antonio Cezar Leal

1. Resíduos Sólidos Urbanos. 2. Compostagem. 3. Coleta seletiva.

I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de  
Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM ANHUMAS – SÃO PAULO – BRASIL:  
Proposta para implantação de usina de compostagem da fração orgânica

AUTORA: GISELE SANTOS RAMINELLI VINCOLETO

ORIENTADOR: ANTONIO CEZAR LEAL

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em GEOGRAFIA, área:  
Recursos Hídricos e Meio Ambiente pela Comissão Examinadora:



Assinado de forma digital por Antonio Cezar Leal  
Dados: 2022.09.19 13:42:40-03'00'

Prof. Dr. ANTONIO CEZAR LEAL (Participação Presencial)  
Departamento de Geografia / Unesp/FCT - Câmpus de Presidente Prudente

Prof. Dr. FERNANDO SÉRGIO OKIMOTO (Participação Presencial)  
Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente / Unesp/FCT - Câmpus de Presidente Prudente

Prof. Dr. JERSON JOAQUIM DA SILVA (Participação Presencial)  
Fatec Presidente Prudente e Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Presidente Prudente

Presidente Prudente, 08 de setembro de 2022

*Fernando Sergio Okimoto*

FERNANDO SÉRGIO OKIMOTO:07327198873  
Assinado de forma digital  
por FERNANDO SÉRGIO  
OKIMOTO:07327198873  
Dados: 2022.09.19  
23:06:36 -03'00'

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por me honrar em todo momento, nos momentos bons e difíceis, por ser tão justo e fiel. À minha família que sempre permaneceu ao meu lado, me incentivando e me dando palavras de amparo em meus momentos de fraqueza. Ao meu marido por me apoiar e me compreender.

Ao meu orientador pelas palavras de motivação e todo apoio prestado.

## RESUMO

Os resíduos sólidos aliados aos hábitos de consumo e crescimento populacional vêm se apresentando como problema para as cidades atualmente, bem como ao poder público no qual se apresenta como o responsável para realizar as etapas de gestão e gerenciamento. Estes resíduos sólidos urbanos são compostos por diferentes classificações, porém conforme os dados apresentados pelas gravimetrias tanto em nível nacional como apresentado nos planos de gerenciamento de resíduos sólidos dos municípios, a maior fração apresentada é composta por matéria orgânica. Em Anhumas, cidade de pequeno porte do estado de São Paulo, não foi diferente, a composição gravimétrica de seus resíduos apresentou a matéria orgânica como 66% do total, visto que nesta cidade há coleta seletiva atuante desde 2013, viu-se a necessidade de propor uma forma para tratar a matéria orgânica. O objetivo geral deste trabalho é apresentar a proposição para implantação do tratamento da fração orgânica presente nos resíduos sólidos urbanos, pelo método da compostagem visando a contribuir com o gerenciamento dos resíduos sólidos do município de Anhumas SP. Tendo como base legal a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, a compostagem surge como uma alternativa viável para o tratamento da fração orgânica presente nestes resíduos, aliada à coleta seletiva tende a apresentar bons resultados à gestão dos resíduos. A compostagem é definida como processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros, dentre as formas de realização da compostagem o método de leiras revolvidas se apresenta como melhor alternativa de acordo com as características locais. Para isto foi feito um projeto, que ao ser submetido ao edital do Fundo Estadual de Defesa dos Interesses Difusos – FID, o município foi contemplado com recursos financeiros para executar a proposta apresentada neste trabalho, por isto o mesmo foi intitulado como proposta, pois não foi concluído, porém foi possível realizar testes operacionais para montagem da leira, para identificação das demandas operacionais. Os testes são apresentados nesta proposta como forma de mostrar que é possível realizar a compostagem mesmo em municípios de pequeno porte e servir de modelo para os demais interessados em reduzir a quantidade de resíduos que são destinados aos aterros, no caso de Anhumas, o aterro controlado em valas. Associada a esta proposta de realizar a compostagem, a educação ambiental deve ser inserida como instrumento muito importante no qual auxilia o gerenciamento de resíduos sólidos.

**Palavras chave:** Resíduos sólidos urbanos, compostagem, coleta seletiva.

## ABSTRACT

Solid waste allied to consumption habits and population growth have been presenting themselves as a problem for cities today, as well as for the public power in which it presents itself as responsible for carrying out the management and management stages. These urban solid wastes are composed of different classifications, however according to the data presented by the gravimetry both at the national level and presented in the municipal solid waste management plans, the largest fraction presented is composed of organic matter. In Anhumas, a small city in the state of São Paulo, it was no different, the gravimetric composition of its waste presented the organic matter as 66% of the total, since in this city there is selective collection active since 2013, there was a need to propose a way to treat organic matter. The general objective of this work is to present a proposal for the implementation of the treatment of the organic fraction present in urban solid waste, by the composting method, in order to contribute to the management of solid waste in the municipality of Anhumas SP. Based on the National Solid Waste Policy as a legal basis, composting appears as a viable alternative for the treatment of the organic fraction present in these wastes, combined with selective collection tends to present good results in waste management. Composting is defined as a process of biological decomposition of the biodegradable organic fraction of waste, carried out by a diverse population of organisms, under controlled conditions of aerobiosis and other parameters. according to local characteristics. For this, a project was made, which, when submitted to the public notice of the State Fund for the Defense of Diffuse Interests - FID, the municipality was awarded with financial resources to execute the proposal presented in this work, for this reason it was titled as a proposal, because it was not was concluded, but it was possible to carry out operational tests for the assembly of the windrow, to identify the operational demands. The tests are presented in this proposal as a way to show that it is possible to carry out composting even in small municipalities and serve as a model for others interested in reducing the amount of waste that is destined for landfills, in the case of Anhumas, the controlled landfill in ditches. Associated with this proposal to carry out composting, environmental education must be inserted as a very important instrument in which it helps the management of solid waste.

**Keywords:** Urban solid waste, composting, selective collection.

## LISTA DE FIGURA

<b>Figura 1</b> - Gráfico de gravimetria dos RSU no Brasil.....	13
<b>Figura 2</b> - Gráfico de composição gravimétrica do município de Anhumas.....	14
<b>Figura 3</b> - Desenho esquemático de um lixão.....	22
<b>Figura 4</b> - Desenho esquemático de um aterro controlado em valas.....	23
<b>Figura 5</b> - Desenho esquemático de um aterro sanitário.....	24
<b>Figura 6</b> - Fotografia da vista para identificação da erosão onde era realizado o descarte de resíduos em meados da década de 1980.....	25
<b>Figura 7</b> - Fotografia digital da após preencher a erosão com resíduos, foi realizada a terraplanagem da área.....	26
<b>Figura 8</b> - Fotografia da construção das casas na área do antigo lixão.....	26
<b>Figura 9</b> - Fotografia digital do ciclo da matéria orgânica.....	28
<b>Figura 10</b> - Municípios que realizam a compostagem no estado de São Paulo.....	37
<b>Figura 11</b> - Localização de Anhumas no estado de São Paulo.....	39
<b>Figura 12</b> - Delimitação e Bacias Hidrográficas do município de Anhumas.....	40
<b>Figura 13</b> - Imagem do Google earth da área urbana de Anhumas.....	42
<b>Figura 14</b> - Fotografia digital de Dinâmica para identificação dos aspectos positivos e negativos do trabalho.....	46
<b>Figura 15</b> - Fotografia digital de discussão em equipe sobre os pontos positivos e negativos da rotina de trabalho.....	47
<b>Figura 16</b> - Fotografia digital de Apresentação da equipe ACARDA para a população.....	48
<b>Figura 17</b> - Distribuição dos municípios com iniciativas de coleta seletiva (%).....	49
<b>Figura 18</b> - Notas do IQR de Anhumas conforme o Inventário de Resíduos Sólidos 2021.....	54
<b>Figura 19</b> - Evolução do IQR nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHs quanto ao enquadramento dos municípios e às quantidades de resíduos.....	55
<b>Figura 20</b> - Mapa de situação dos aterros do estado de São Paulo.....	55
<b>Figura 21</b> - Folder de divulgação do ponto de entrega dos resíduos.....	58

<b>Figura 22-</b> Fotografia digital da Logística reversa das embalagens de defensivos agrícolas.....	59
<b>Figura 23 -</b> Croqui de montagens das leiras no barracão.....	65
<b>Figura 24 -</b> Fotografia digital de estoque de resíduos de varrição.....	68
<b>Foto 25 -</b> Fotografia digital de estoque de resíduos de podas triturado.....	69
<b>Figura 26 -</b> Fotografia digital de Teste de umidade ideal com 60%.....	71
<b>Figura 27 -</b> Fotografia digital de descarga dos resíduos no pátio de compostagem.....	73
<b>Figura 28 -</b> Fotografia digital de Triagem dos resíduos orgânicos e recicláveis.....	74
<b>Figura 29 -</b> Fotografia digital de formação da leira de compostagem, iniciando pela forração da “cama”.....	75
<b>Figura 30 -</b> Fotografia digital de sequência da leira com a camada de resíduos orgânicos provenientes da coleta doméstica .....	76
<b>Figura 31 -</b> Fotografia digital de formação da leira até a altura de 1,5 m e processo de continuação da leira .....	77
<b>Figura 32 -</b> Fotografia digital de forração da “cama” .....	78
<b>Figura 33-</b> Fotografia digital do processo de formação das leiras com resíduos .....	79
<b>Figura 34 -</b> Fotografia digital de formação das leiras .....	80
<b>Figura 35 -</b> Após término das camadas, finalização da leira com matéria orgânica seca .....	80
<b>Figura 36 -</b> Barracão para realizar compostagem.....	82
<b>Figura 37 -</b> Identificação da área antes da construção.....	86
<b>Figura 38 -</b> Capa da cartilha de educação ambiental sobre coleta seletiva.....	94
<b>Figura 39 -</b> Capa da cartilha de educação ambiental sobre compostagem.....	95
<b>Figura 40 -</b> Fotografia digital do questionário utilizado nas entrevistas .....	96
<b>Figura 41 -</b> Gráfico de Porcentagem de pessoas entrevistadas que separam os resíduos recicláveis .....	97
<b>Figura 42 -</b> Gráfico de Porcentagem de pessoas que sabem o que é compostagem .....	97
<b>Figura 43 -</b> Panfleto informativo sobre compostagem.....	98
<b>Figura 44 -</b> Divulgação do projeto Compostando Anhumas para os alunos .....	99

## LISTA DE TABELA

<b>Tabela 1</b> - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares gerados no município de Anhumas – SP.....	14
<b>Tabela 2</b> - População de Anhumas x Ano.....	42
<b>Tabela 3</b> - Data da pesagem, peso dos resíduos domésticos coletados (kg) por semana e valor médio semanal – ano 2009.....	51
<b>Tabela 4</b> - Data da pesagem, peso dos resíduos domésticos coletados (kg) por semana e valor médio semanal – ano 2015.....	51
<b>Tabela 5</b> - Data da pesagem, peso dos resíduos recicláveis coletados (kg) por semana e valor médio semanal – ano 2015. ....	52
<b>Tabela 6</b> - Data da pesagem, peso dos resíduos domiciliares coletados (kg) por semana e valor médio semanal – ano 2018.....	52
<b>Tabela 7</b> - Data da pesagem, peso dos resíduos recicláveis coletados (kg) por semana e valor médio semanal – ano 2018.....	53
<b>Tabela 8</b> - Áreas para utilização do composto produzido.....	90

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Métodos de realização da compostagem e seus aspectos positivos e negativos.....	35
<b>Quadro 2</b> - Itens solicitados para aquisição no projeto.....	87

### **LISTA DE SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

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

ACARDA – Associação dos Catadores de Recicláveis de Anhumas

ASA – Área de Segurança Aeroportuária

C – Carbono

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

COMAER – Comando da Aeronáutica

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COVID -19 – Coronavirus disease 2019

CRA – capacidade real de água

CTC – capacidade de troca de cátions

EA – Educação Ambiental

ECO 92 – Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento

EPI – Equipamento de Proteção Individual

FID – Fundo Estadual de Defesa dos Interesses Difusos

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

InpEV – Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IQC – Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem

IQR – índice de qualidade de Aterros Resíduos

N – Nitrogênio

NBR – Norma Brasileira

PGIRS – Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

pH – Potencial hidrogeniônico

PMGIRS – Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PMVA – Programa Município VerdeAzul

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

RSU – Resíduo Sólido Urbano

SEADE – Sistema Estadual de Análise de Dados

SMA – Secretaria do Meio Ambiente

TAC – Termo de ajustamento de conduta

TCRA – Termo de Compromisso de Recuperação Ambiental

UGRHI – Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>2. OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>9</b>
2.1     Objetivos específicos.....	9
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>10</b>
3.1     Resíduos sólidos urbanos .....	10
3.2     Classificação dos resíduos sólidos urbanos .....	11
3.3     Dificuldades da gestão e gerenciamento .....	15
3.4     Principais etapas do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos	17
3.4.1   Coleta e Transporte .....	17
3.4.2   Transbordo .....	18
3.4.3   Tratamento .....	18
3.4.4   Triagem .....	19
3.4.5   Disposição final.....	20
3.5     Tratamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos através da compostagem.....	27
3.5.1   Parâmetros físico-químicos do processo de compostagem .....	31
3.5.1.1 Temperatura.....	31
3.5.1.2 Aeração .....	31
3.5.1.3 Umidade .....	32
3.5.1.4 Relação Carbono/Nitrogênio - C/N .....	32
3.5.1.5 pH.....	33
3.5.1.6 Microrganismos .....	33
3.5.1.7 Granulometria.....	33
3.6     Métodos da compostagem e seus benefícios.....	33
3.7     Unidades Licenciadas pela CESTESB no estado de São Paulo .....	37
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>38</b>
<b>5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>39</b>
5.1     Localização .....	39
5.2     Aspectos populacionais .....	42
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>43</b>

6.1	Coleta seletiva .....	43
6.2	Aterro controlado em valas .....	50
6.3	Aterro de resíduos da construção civil e inertes .....	56
6.4	Logística reversa.....	57
<b>7. PROPOSTA PARA PROJETO DE COMPOSTAGEM .....</b>		<b>60</b>
7.1	Planejamento para implantar a compostagem .....	60
7.2	Dimensionamento do projeto .....	62
7.3	Local de Implantação da compostagem.....	65
7.4	Compostagem – Procedimento Operacional.....	67
7.5	Teste operacional – Piloto 1 – Considerando resíduos triados na fonte e com triagem no barracão. ....	72
7.6	Teste operacional – Piloto 2 – Considerando os resíduos triados apenas na fonte.....	77
7.7	Sistema de monitoramento ambiental .....	81
7.8	Sistema de Efluentes .....	83
7.9	Rendimento.....	83
7.10	Mitigação de aves.....	84
7.11	Supressão vegetal.....	85
7.12	Equipamentos e Materiais solicitados junto ao projeto ao FID para efetividade do projeto .....	86
7.13	Utilização do composto orgânico.....	88
<b>8. EDUCAÇÃO AMBIENTAL .....</b>		<b>92</b>
<b>9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>		<b>100</b>
Sugestões para trabalhos futuros.....		102
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>103</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A geração dos resíduos sólidos sempre existiu, porém o aumento das quantidades geradas vem ocorrendo conforme as cidades vêm evoluindo, se tornando mais industrializadas, portanto, até a revolução industrial não foi dada importância às condições sanitárias da sociedade (WILSON, 2007; WORRELL & VESILIND, 2011). Após a Revolução Industrial, os resíduos começaram a ganhar importância, principalmente para a saúde pública, entretanto é a partir de 1970 que os resíduos realmente tiveram um peso ambiental, tanto em nível nacional quanto internacional, pois o tema foi abordado em grandes encontros mundiais, como nas conferências de Estocolmo, em 1972, em seguida na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1992 – ECO 92, no Rio de Janeiro, e, em 1997, na de Tbilisi (VELLOSO, 2008; WILSON, 2007).

No Brasil, o tema resíduos sólidos ganhou maior rigor após a aprovação da política nacional de resíduos sólidos, instituída pela Lei nº 12.305/2010, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. Após a aprovação desta lei, em especial o poder público, passou a ser acompanhado mais de perto pelos órgãos fiscalizadores sobre suas atividades de limpeza urbana, recolhimento e destinação final dos resíduos sólidos.

A Lei Federal de 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, apresenta a seguinte definição para resíduos sólidos:

[...] material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, p. 2 - 3).

Define também como rejeitos aquilo que não há nenhum tipo de reutilização, ou seja, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação

por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

Para FUZZI; LEAL (2016) a geração de resíduos sólidos é intrínseca às atividades humanas e desde as sociedades primitivas o homem gera resíduos sólidos em suas atividades diárias. Alguns fatores como o processo de industrialização e o de urbanização, bem como o considerável aumento da população brasileira, contribuíram para o aumento significativo na quantidade e nos tipos de resíduos sólidos gerados no país. Os resíduos sólidos que eram basicamente orgânicos passaram a ser também inorgânicos e com muitos tipos com grande potencial de geração de problemas ambientais.

De acordo com a política nacional de resíduos sólidos, o poder público municipal deve criar padrões de gestão ambientalmente adequados voltados à limpeza urbana e destinação final de seus resíduos gerados, bem como esta lei cria uma base sólida para fiscalização desta gestão. A fim de melhorar o panorama dos resíduos no Brasil, que segue em fase de transição para fechamento dos famosos lixões a céu aberto, repletos de urubus e com presença de catadores informais, a política nacional de resíduos sólidos se apresenta como marco fundamental para regularização de associações e cooperativas de materiais recicláveis, estando o poder público municipal com responsabilidade de fundamentar estas organizações nos âmbitos financeiros e socialmente, além de promover a inserção social destes catadores, que antes eram invisíveis à sociedade, mas que passaram a tornar-se membros funcionais e necessários para a gestão destes resíduos. Em relação aos rejeitos, esta lei passa a exigir a disposição em aterros que seguem normas ambientais, sendo proibida a catação, a criação de animais e a instalação de moradias nessas áreas.

Para enfrentar os problemas decorrentes dos resíduos sólidos, as prefeituras devem adotar vários procedimentos, incluindo a elaboração de planos municipais de gestão de resíduos sólidos e, dentre outros, implantar a coleta seletiva dos resíduos recicláveis gerados nas residências, conforme previsto em lei, como forma de adotar procedimentos para reaproveitar os resíduos recicláveis, e caso a própria não realize esta coleta deve incentivar a formação de organizações de associações ou cooperativas de catadores e prover de recursos para que a mesma aconteça. Após

este passo, incentivar a realização de compostagem para resíduos orgânicos, no qual a Norma Brasileira (NBR) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) nº 13.591 de 1996 define compostagem como:

Processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros, desenvolvido em duas etapas distintas: uma de degradação ativa e outra de maturação" (ABNT, 1996, p. 2).

A compostagem é caracterizada por ser uma ferramenta de baixo custo e tem como principal objetivo a conversão de resíduos orgânicos em um fertilizante orgânico rico em micro e macronutrientes (FAN et al., 2017; UNEP, 2017).

Anhumas, município em foco neste trabalho, é um município de pequeno porte e, de acordo com o último censo realizado pelo IBGE em 2010, possui 3.738 habitantes. Realiza etapas de gerenciamento de resíduos conforme estabelecido em seu PMGIRS – Plano Municipal De Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (PMGIRS, 2015), com maior destaque para a coleta seletiva de resíduos recicláveis desde 2013, através da associação local intitulada como ACARDA – Associação de Catadores de Recicláveis de Anhumas, que atualmente é composta por cinco membros e realiza a coleta em toda a cidade duas vezes por semana, por este motivo tratar a fração dos resíduos orgânicos com a compostagem será uma forma de realizar a destinação final ambientalmente adequada a estes resíduos que anteriormente eram destinados ao aterro controlado em valas do município.

É sabido que o gerenciamento e gestão adequada dos resíduos tornou-se uma despesa para os cofres públicos dos municípios brasileiros. A mudança de hábito das pessoas, a busca pela comodidade e conforto, tornou a população mais consumista, fazendo com que as pessoas busquem constantemente adquirir produtos mais novos e práticos. Isso faz com que as empresas optem pela produção de itens de consumo descartáveis, com menor vida útil, porém comercializados graças ao poder apelativo das empresas de marketing, tornando, aparentemente, as pessoas mais felizes e satisfeitas comprando ou consumindo. Para isto será abordado no capítulo 3 a temática resíduo sólidos, a situação atual e a classificação.

Ainda no Capítulo 3 serão abordadas formas de gestão e do gerenciamento dos resíduos e as formas de destinação. Como consequência do aumento da geração de resíduos e a forma que encontramos hoje, com diversos tipos de

materiais e cores, suas diferentes classificações, dentre elas destacam-se as indústrias alimentícias, pois tem como objetivo principal criar embalagens que contribuam com a conservação do alimento, mas também criar embalagens para atrair o olhar do consumidor aos seus produtos.

Segundo Landin (2016), diferentes materiais são utilizados na fabricação de embalagens para alimentos, sendo eles os plásticos, metais, vidro e celulose. Cada material possui suas diferentes características para conservar o produto, dentre elas as principais são propriedade de barreira a gases, aroma, luz, água, microrganismos e resistência mecânica. No entanto, apesar das diversas vantagens de sua utilização, seu uso e descarte desordenado gera um grande volume de resíduos sólidos, que estão associados à geração de impactos ambientais.

A compostagem também será apresentada como uma forma associada de destinação final, tendo em vista a grande fração orgânica presente nos resíduos sólidos domésticos. Partindo do princípio da melhoria e emprego de técnicas associadas para o gerenciamento e gestão dos resíduos sólidos, o município de Anhumas possui a coleta seletiva em pleno funcionamento. Nesse contexto, partindo desta atividade dando certo no município viu-se a necessidade de inserir a compostagem na gestão destes resíduos.

No Capítulo 4 é apresentada a metodologia para levantamento de dados e formulação da proposta, no capítulo 5 apresentação do município em questão, localização e populacional.

No Capítulo 6, são apresentadas as ações realizadas pelo município e nas ações voltadas à destinação final adequada dos resíduos sólidos, tais como, coleta seletiva, logística reversa e campanhas de educação ambiental, para que a proposta para implantação da compostagem seja realizada conforme previsto, pois no município de Anhumas-SP, o projeto apresentado, foi aprovado pelo Fundo de Interesses Difusos do Estado de São Paulo, onde pode servir de projeto modelo para implantação em pequenos municípios do estado ou até nível nacional.

E no capítulo 7, realiza-se a apresentação do projeto proposto para o município, com as formas de montagem do sistema proposto, cálculo e teste operacional. No capítulo 8 ações de educação ambiental, voltadas à divulgação do projeto.

Em busca de realizar uma proposta para a destinação final dos resíduos sólidos urbanos, neste trabalho buscou-se apresentar uma metodologia voltada para reciclagem de grande parte da fração dos resíduos coletados pelo município de Anhumas - SP, os resíduos orgânicos, trazendo a compostagem como forma de destinação final adequada e considerando a atividade de coleta seletiva como ferramenta importante aliada ao processo operacional, o projeto segue em fase de implantação e testes operacionais.

## **2. OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral deste trabalho é apresentar a proposição para implantação do tratamento da fração orgânica presente nos resíduos sólidos urbanos, pelo método da compostagem visando a contribuir com o gerenciamento dos resíduos sólidos do município de Anhumas - SP.

### **2.1 Objetivos específicos**

- Propor um protocolo de trabalho que sirva de modelo para novas experiências.
- Criar uma metodologia para realizar a compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, considerando a segregação na fonte.
- Caracterizar a dinâmica de gerenciamento dos resíduos sólidos local, considerando a importância da separação dos resíduos e sua destinação final adequada como forma de reduzir impactos.
- Contribuir com este estudo para a gestão dos resíduos sólidos no município de Anhumas, visando ao atendimento da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305/2010.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

Neste capítulo são abordados os principais temas relacionados ao trabalho, visando fundamentar a elaboração do projeto de compostagem da fração orgânica e a análise dos resultados obtidos.

#### **3.1 Resíduos sólidos urbanos**

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) englobam os resíduos domiciliares, isto é, aqueles originários de atividades domésticas em residências urbanas e os resíduos de limpeza urbana como os oriundos da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas, bem como de outros serviços de limpeza urbana (BRASIL, 2010).

As projeções demográficas para o período de 2000 a 2060 indicam que a população brasileira atingirá seu máximo em 2042, com aproximadamente 228,4 milhões de habitantes (IBGE, 2013). Conforme apresentado pelo Panorama dos resíduos sólidos no Brasil (2021) os dados apurados mostram que a geração de RSU no país sofreu influência direta da pandemia da COVID-19 durante o ano de 2020, tendo alcançado um total de aproximadamente 82,5 milhões de toneladas geradas, ou 225.965 toneladas diárias. Com isso, cada brasileiro gerou, em média, 1,07 kg de resíduo por dia. Como já mencionado, uma possível razão para este aumento foram as novas dinâmicas sociais que, em boa parte, foram quase que totalmente transferidas para as residências, visto que o consumo em restaurantes foi em grande parte substituído pelo delivery e os demais descartes diários de resíduos passaram a acontecer nas residências.

Do ponto de vista da degradação ambiental, o volume de resíduo sólido gerado representa mais do que poluição. Significa também muito desperdício de recursos naturais e energéticos para produzir os "bens" de consumo. (ABREU, 2007).

Para Ikuta (2009), os resíduos sólidos são considerados um dos grandes problemas das sociedades contemporâneas, manifestando-se com mais força nas áreas urbanas, onde agravam problemas ambientais já existentes e levam ao aparecimento de outros, quase sempre relacionados às formas ineficientes de sua gestão. Desta forma, este tema se apresenta como desafio ao planejamento e gestão urbana, uma vez que a maneira como ocorre a gestão e o gerenciamento

dos resíduos sólidos interferem de forma direta ou indireta no cotidiano de todos os cidadãos, com implicações sobre a qualidade ambiental e de vida nas cidades onde ocorrem as maiores interações entre consumo e seus descartes.

Lacerda (2004) aponta sobre o despreparo da população para perceber o impacto dos seus hábitos de consumo (e mudá-los) e a extensão dos danos provocados pelo descuido com seu próprio lixo, os custos de coleta, a inadequação das áreas de destino final e o descompromisso das indústrias de embalagens e de produtos potencialmente perigosos de uso doméstico, os quais são eixos centrais de um tema extremamente complexo. E os consumidores assumem um papel muito importante desde as escolhas que fazem com os produtos (e suas embalagens) até sua forma de destinação.

### **3.2 Classificação dos resíduos sólidos urbanos**

A classificação dos resíduos apresentou-se de forma funcional para auxiliar no descarte dos diferentes tipos de resíduos gerados, pois visto suas características peculiares da origem podem definir diretamente na forma de destinação empregada a este resíduo.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – define através da ABNT NBR 10.004/2004 os resíduos sólidos como sendo:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (ABNT, 2004a, p. 1).

Através da ABNT NBR 10.004/2004, define-se a classificação dos resíduos em dois grupos e subdivide-se o segundo em duas novas características:

- Resíduos Classe I - Perigosos;
  - Resíduos classe II – Não perigosos;
- Resíduos classe II A – Não inertes.

Resíduos classe II B – Inertes.

Caracterizam-se como resíduos perigosos denominados classe I, aqueles que apresentam características que em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e a patogenicidade, podem apresentar riscos à saúde pública e contribuir para um aumento de mortalidade ou incidência de doenças e/ou apresentar efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada. Os resíduos de classe II, divididos em dois subgrupos, II A e II B, diferenciam-se principalmente em relação a sua característica de solubilidade em água.

- Resíduos Classe II A – Não Inertes: Resíduos que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I ou II B. Podem apresentar 7 propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

- Resíduos Classe II B - Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10.007/2004, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006/2004, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

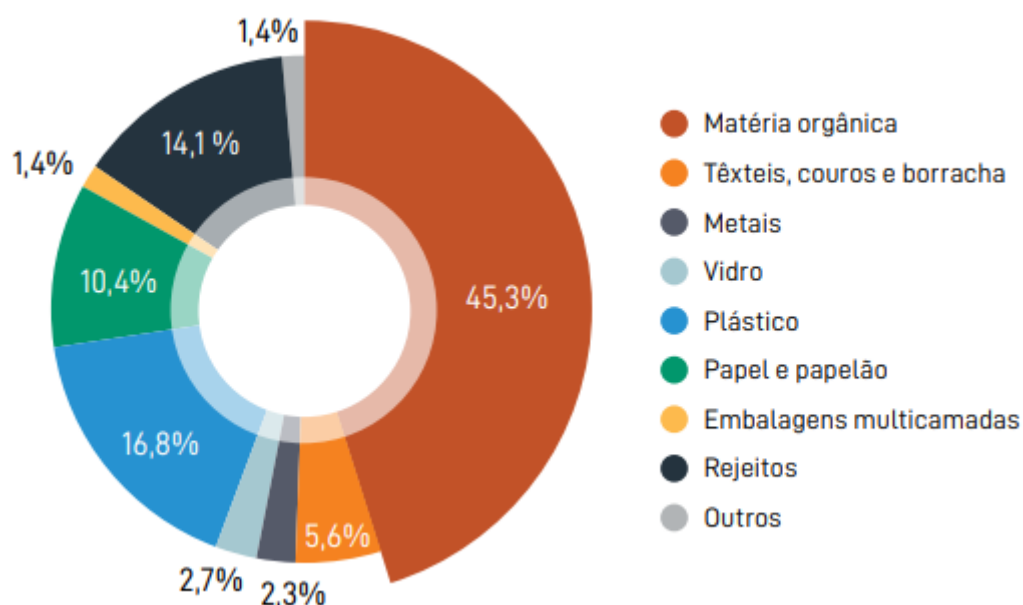
Com relação às características físicas, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), em seu Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos – Relatório de Pesquisa, estimou a composição gravimétrica dos RSU coletados no Brasil, mostrando que é constituído por uma composição de materiais de variados tipos, formas e dimensões, tais como (BRASIL, 2012, p. 36):

- A. 51,4% de matéria orgânica;
- B. 13,1% de papel, papelão e tetra-Pack;
- C. 2,4% de vidro;
- D. 2,9% de metal;
- E. 13,5% de plásticos; e,
- F. 16,7% outros.

Dados mais recentes apresentados pelo Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, elaborado pela Abrelpe (2020), apontam que a gravimetria nacional foi estimada com base na média ponderada a partir da geração total de Resíduos

Sólidos Urbanos (RSU) por faixa de renda dos municípios e suas respectivas gravimetrias, levando-se em consideração a população e geração per capita. A partir da compilação dos dados disponíveis nos materiais consultados foi possível desenvolver uma comparação estatística e sua harmonização, contemplando as diferentes componentes e seus percentuais (Figura 1).

**Figura 1** - Gráfico de gravimetria dos RSU no Brasil.



Fonte: Abrelpe, 2020.

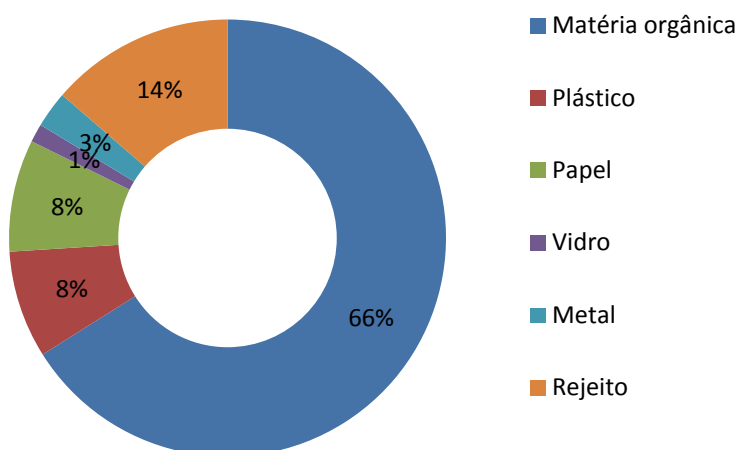
Ao analisar a gravimetria dos RSU apresentado pelo IPEA em 2012 e a Abrelpe em 2020, nota-se que a fração orgânica apresenta porcentagem maior que os demais resíduos, fato este que, ao apresentarmos os dados obtidos pelo plano de gerenciamento de resíduos sólidos de Anhumas realizado em 2015, a caracterização gravimétrica obtida pelo método do quarteamento demonstrou que a matéria orgânica presente também apresentou maior proporção que os demais resíduos.

Segundo a ABNT NBR 10.007 (2004) o método do quarteamento consiste em um processo de divisão em quatro partes iguais de uma amostra pré-homogeneizada, sendo tomadas duas partes opostas entre si para constituir uma nova amostra e descartadas as partes restantes. As partes não descartadas são misturadas totalmente e o processo de quarteamento é repetido até que se obtenha o volume desejado. A Figura 2 apresenta o percentual dos resíduos sólidos de

Anhumas, conforme o resultado obtido pela composição gravimétrica realizada nos resíduos sólidos urbanos em 2015.

**Figura 2** - Gráfico de composição gravimétrica do município de Anhumas.

### Composição Gravimétrica de Anhumas



Fonte: Adaptado do PGIRS de Anhumas, 2015.

**Tabela 1** - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares gerados no município de Anhumas – SP.

MATERIAL	PORCENTAGEM
Matéria Orgânica	66,05%
<b>Plástico</b>	<b>7,95%</b>
Papel	8,30%
<b>Vidro</b>	<b>1,35%</b>
Metal	2,70%
<b>Rejeito</b>	<b>13,65%</b>

Fonte: Assessoria de Agricultura e Meio Ambiente (2015).

Ao analisar os dados obtidos da composição gravimétrica do município de Anhumas e comparar com os dados apresentados das estatísticas da gravimetria nacional, é possível observar que a matéria orgânica permanece presente como maior fração dos resíduos sólidos urbanos. Nota-se que a fração orgânica, tanto

realizada no município em 2015, quanto os dados apresentados pela gravimetria da média nacional anteriormente, as porcentagens de matéria orgânica apresentadas foram maiores se comparados aos demais resíduos. Sobre a caracterização destes resíduos no Brasil, embora a composição dos RSU seja muito heterogênea, as análises gravimétricas revelam presença expressiva da fração orgânica (restos de alimentos, podas e outros putrescíveis) representando cerca de 50% em massa dos RSU (BRASIL, 2012); entretanto, como estudos gravimétricos não ocorrem com constância e não são padronizados, existe pouca informação sobre a geração e a destinação da fração orgânica no País (ZAGO; BARROS, 2019).

E estes resíduos por sua geração constante e a necessidade dos municípios em atender toda a população e manter rotinas das coletas adaptadas à realidade de cada município, faz com que o gerenciamento fique comprometido. As coletas e triagem, dentre outras atividades, são etapas de trabalho que demandam do trabalho manual e do comprometimento dos envolvidos, pois é um ciclo sem fim.

### **3.3 Dificuldades da gestão e gerenciamento**

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) apresenta como um de seus objetivos a “Não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos” (Brasil, 2010). Por sua vez define-se rejeito aquele produto/resíduo que foram esgotadas as possibilidades de aproveitamento, considerando que as indústrias visando tornar seus produtos mais atrativos, buscam sempre por mudanças, inovações e por consequência cada dia novos produtos com diferentes fórmulas são lançados no mercado, gerando-se, após o consumo, resíduos para descarte, restando para as prefeituras à responsabilidade de dar a destinação adequada para tal, muitas vezes sem o necessário apoio para isso.

Segundo Waldman (2012), a quantidade reaproveitada dos resíduos é irrisória. Um dos poucos estudos sobre aspectos econômicos da reciclagem foi realizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), em 2010, indicando que o país perde, anualmente, cerca de R\$ 8 bilhões ao enterrar como lixo os materiais que poderiam ser reciclados, reutilizados ou transformados em material para geração de energia.

A PNRS define também a gestão e o gerenciamento adequado de resíduos de forma compartilhada e integrada entre os setores públicos e privados. A gestão integrada de resíduos sólidos, de acordo com PNRS, constitui um conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável (Lei nº 12.305/2010, Art. 3º, inciso XI). Já o gerenciamento de resíduos sólidos é o conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) ou com o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010, Art. 3º).

A coleta seletiva, também presente como instrumento da PNRS, vem se destacando como um forte aliado para a destinação final adequada dos resíduos, visto que é utilizada como uma fonte de geração de renda para milhares de pessoas e propicia o retorno de matéria prima ao processo, com reutilização de recursos naturais já extraídos e economia de insumos necessários, como por exemplo, energia elétrica e água.

Além das leis e normas vigentes, órgãos fiscalizadores atuam com o intuito de fazer cumprir aos critérios estabelecidos para acabar com os lixões e descartes irregulares de resíduos sólidos, que provocam vários impactos ambientais, especialmente em corpos hídricos. Os municípios passaram a ser alvo das ações de fiscalizações constantes, aliada aos termos de ajustamentos de conduta -TAC, no qual as exigências surgem atreladas entre implantar aterros com características de aterro sanitário, incentivar ou implantar a coleta seletiva no município, bem como apresentar ações efetivas e contínuas para a gestão e o gerenciamento dos resíduos, incluindo programas de educação ambiental.

Nos TACs foram consignados os compromissos das administrações municipais, visando à regularização ou ao encerramento de aterros irregulares e à adoção de uma solução técnica definitiva e regularmente implantada. Em todos os casos, as ações desenvolvidas possibilitavam a adequação técnica e ambiental das

instalações, seguidas de seu correspondente licenciamento ambiental, bem como, a remediação de passivos ambientais existentes (CETESB, 2019).

Para adequação de muitos municípios de pequeno porte, como o caso de Anhumas, foi criado o Programa de Aterros Sanitários em Valas, estabelecido pelos Decretos nº 44.760, de 13 de março de 2000, e nº 45.001, de 27 de junho de 2000, permitindo a celebração de convênios entre a Secretaria do Meio Ambiente - SMA e 281 municípios de pequeno porte, com população de até 25.000 habitantes.

### **3.4 Principais etapas do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos**

#### **3.4.1 Coleta e Transporte**

A coleta de resíduos sólidos urbanos é a fase inicial de saída dos resíduos das casas das pessoas, podendo ser realizada de acordo com as características de cada município, feita com diferentes veículos, através de ponto de entrega, caso seja de difícil acesso, ou até mesmo porta a porta. As coletas dos resíduos sólidos domiciliares (RSD) podem ser divididas também pelos tipos de resíduos, geralmente são realizadas entre não recicláveis e a coleta dos recicláveis, também nomeada como coleta seletiva. A responsabilidade da coleta e transporte até a área de tratamento ou de destinação final é do poder público municipal, ou de empresas terceirizadas contratadas, como em muitos casos dos municípios a coleta dos recicláveis é realizada pelas associações de catadores locais, com acompanhamento técnico e apoio financeiro das prefeituras. A coleta e transporte dos resíduos sólidos envolvem vários fatores e um deles é a necessidade de mão de obra que age diretamente em todo o percurso realizado pelos caminhões, que em muitos casos são longos. Outro fator importante é o alto custo deste transporte, envolvendo combustível, frota, manutenção e outros.

### **3.4.2 Transbordo**

Conforme citado anteriormente, o transporte dos resíduos pode ser uma atividade com alto custo para os cofres públicos. Pensando nisto, as estações de transbordo surgem como aliadas ao sistema a fim de ser uma alternativa para reduzir custos.

A estação de transbordo se torna interessante para realizar o acúmulo de quantidades maiores de resíduos em um ponto intermediário, e a partir daí serem transportados em veículo de maior capacidade até os locais de tratamento ou disposição final.

### **3.4.3 Tratamento**

Tratar os resíduos sólidos urbanos significa submetê-los a procedimentos físicos, químicos ou biológicos, buscando assim o aumento do aproveitamento dos materiais ali contidos e seus subprodutos, a redução do seu volume e, ainda, a diminuição da sua capacidade de poluição. Geralmente a escolha de uma ou mais alternativas tecnológicas está condicionada a critérios técnicos e econômicos dos municípios. Dentre as tecnologias mais difundidas no tratamento dos resíduos sólidos urbanos são apresentadas aquelas mais usuais relacionadas para cada tipo de resíduos.

Segundo Jardim et al. (1995, p. 127), a necessidade de tratamento dos resíduos sólidos surge devido a quatro fatores: 1) escassez de áreas para destinação do lixo; 2) disputa pelo uso das áreas remanescentes com as populações da periferia (principalmente em grandes cidades); 3) valorização dos componentes do lixo como forma de promover a conservação de recursos; e 4) inertização de resíduos sépticos.

As cidades vão crescendo e chegando mais perto das áreas de destinação de resíduos, as quais muitas vezes eram consideradas distantes do perímetro urbano, mas hoje há residências as margeando. Segundo Santos (2007), a forma como é feita a ocupação do espaço tem provocado sucessivos e inúmeros problemas ambientais, como degradação da cobertura vegetal, perda de biodiversidade, obstrução e alteração da rede de drenagem, transmissão de doenças de veiculação

hídrica, contaminação e poluição do ar, da água e do solo, perda de terras produtivas, desencadeamento de processos erosivos, dentre outros.

Em razão de dificuldades financeiras e da falta de oportunidades de emprego, muitas pessoas empobrecidas têm buscado no lixo obter fonte de renda e sustento para suas famílias, muitas vezes sem conhecer sobre a importância que desempenha. Para Rosado (2007) os catadores, conscientemente ou não, tem papel fundamental na reinserção de materiais pós-consumo à cadeia de produção, realimentando-a, mas também contribuindo para a economia de energia e evitando a extração de bens naturais, sabidamente cada vez mais raros.

Como parte integrante do tratamento, há resíduos que necessitam de tratamentos específicos, para que reduzam seu potencial degradante ao meio ambiente. A inertização surge como alternativa, uma vez que promove a alteração das características dos resíduos e possibilita a disposição final em aterros.

#### **3.4.4 Triagem**

As unidades de triagem são voltadas ao tratamento físico, que proporciona uma separação rigorosa dos resíduos recicláveis secos, provenientes da coleta dos resíduos domésticos, considerando-se nesta separação de resíduos as suas características, como por exemplo, a coleta seletiva com os resíduos recicláveis, ao separar essas categorias de materiais que serão agrupados em quantidades suficientes para a comercialização com sucateiros ou, em maior quantidade, com as indústrias recicladoras ou diretamente com a indústria de transformação.

Após a classificação dos resíduos sólidos, os materiais recicláveis são reunidos e acondicionados de maneira a facilitar o seu transporte, dando origem a fardos ou outras formas de volume que serão encaminhados às indústrias de transformação responsáveis pela reciclagem. Em alguns casos, para se adequarem às exigências da indústria de transformação, os volumes de materiais que saem das unidades de triagem podem seguir para entes intermediários que são: indústrias recicladoras, sucateiros, entre outros, que ao comprarem de catadores independentes ou organizados proporcionam aos materiais triados ganho na escala de produção, melhoria na qualidade na separação e regularidade de entrega para as indústrias de transformação.

Para a fração dos úmidos também é possível realizar a triagem e nesta etapa serão separados os resíduos orgânicos dos rejeitos. Esta triagem é utilizada para a realização da compostagem, a fração orgânica será transformada em composto e terá uma nova utilização, restando uma menor fração para a destinação final como rejeito.

### **3.4.5 Disposição final**

A disposição final é o endereço final dos rejeitos, ou seja, a fração dos resíduos sólidos urbanos que foram esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação pelos processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis. Logo, após serem submetidos aos tratamentos, citados anteriormente, é possível que uma parte dos resíduos não possa ser tratada, ou ainda, que após o tratamento, se tenha como produto final desses processos os rejeitos. Em ambos os casos os rejeitos devem ser encaminhados para a disposição final ambientalmente adequada. A disposição final é realizada em solo, entretanto há algumas variações para os tipos de unidades empregadas no Brasil e nem todas são ambientalmente adequadas, sendo os mais comuns lixões, aterros controlados e aterros sanitários, sendo esta última a mais adequada ambientalmente. Por isso é importante conhecer as diferenças entre essas unidades e o que pode fazer delas unidades de proteção ambiental ou fontes de degradação.

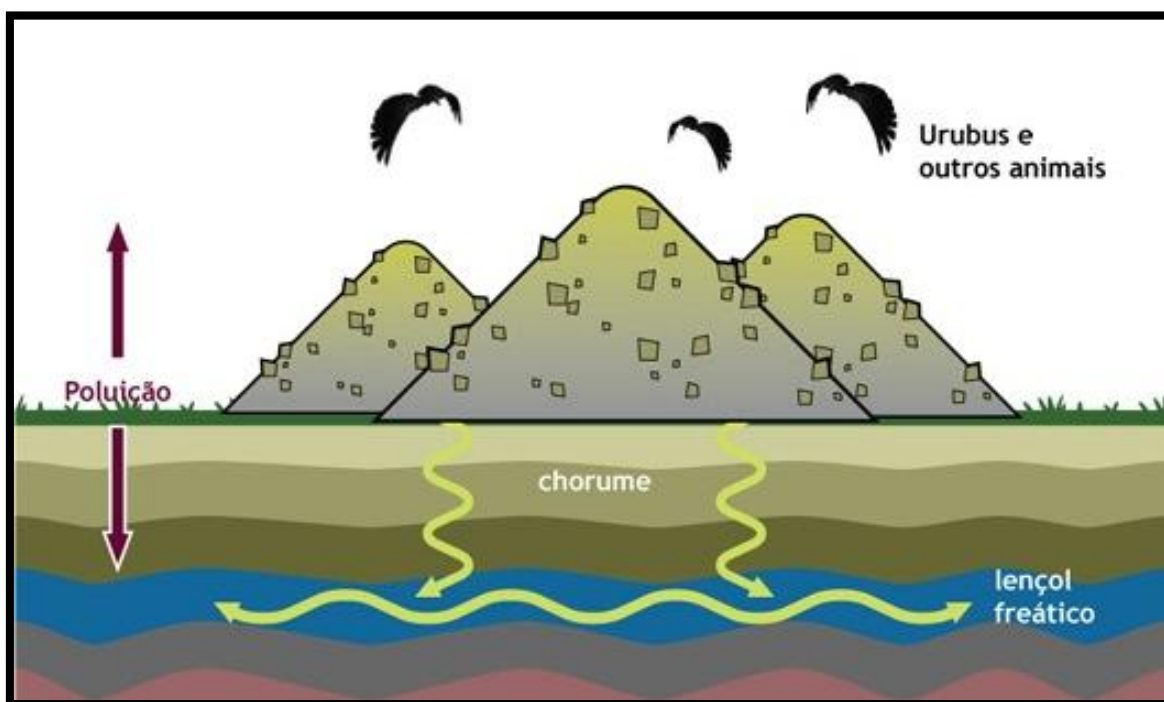
Como forma de destinação final, as mais comuns encontradas nos municípios brasileiros, são: lixão, aterro controlado em valas e aterro sanitário. Os lixões são os mais arcaicos, que remete ao pensamento de apenas "tirar das vistas", levar para longe, onde não há tratamento algum, apenas pilhas e pilhas de resíduos. Já os aterros controlados são uma forma de tentar esconder, maquiar a realidade, pois são feitas valas, enchem de resíduos e cobrem com terra, não há tratamento de chorume ou gases. Por sua vez, os aterros sanitários são aterros planejados para prevenir a poluição causada pela destinação dos resíduos.

O lixão é o local de disposição, a céu aberto, de qualquer tipo de resíduo, incluindo os perigosos, sem controle ambiental e nenhum tratamento. Geralmente não há controle de acesso ao local, pessoas e animais têm livre acesso para mexer nos resíduos e até morar no mesmo espaço. É, ambiental e socialmente, a pior

situação encontrada nos sistemas de gerenciamento dos resíduos sólidos, mas ainda estão presentes em diversos municípios brasileiros. Por isso, erradicar lixões é uma prioridade. Entretanto, é fundamental garantir condições de sobrevivência para as famílias que obtêm seu sustento nos lixões, com a retirada e comercialização de materiais recicláveis e reutilizáveis, e a recuperação desses locais, para evitar que, mesmo depois de encerrada sua operação, a atividade de disposição irregular seja retomada.

A disposição em lixões, realizada sem nenhum controle, resulta em amontoados de resíduos, muito embora não sejam raras situações em que os resíduos são dispostos em valas escavadas ou lançados de áreas mais elevadas como, por exemplo, penhascos. O chorume flui sem controle e pode formar pequenas lagoas, além de infiltrar pelo solo. Os gases são emitidos livremente na atmosfera e, além de malcheirosos, tornam os locais dos lixões susceptíveis a explosões e incêndios. A Figura 3 ilustra o desenho esquemático de um lixão, onde não há controle de poluição e de aterramento dos resíduos.

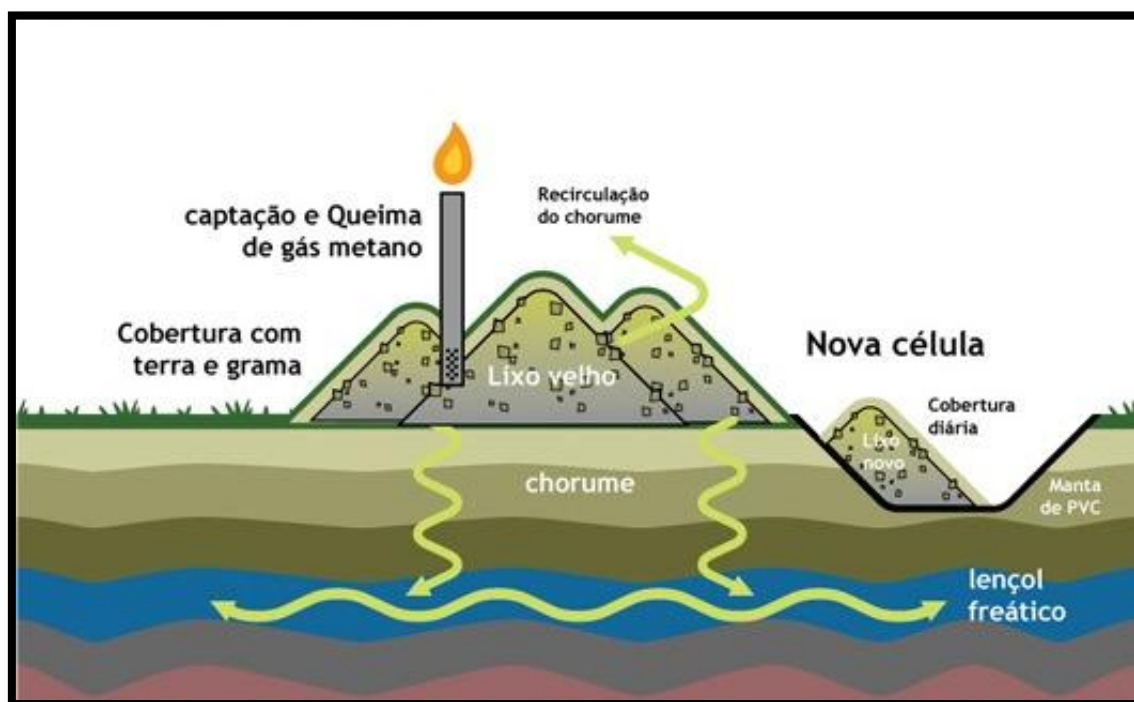
**Figura 3** - Desenho esquemático de um lixão.



Fonte: Martins, 2019.

Já os aterros controlados, são locais preparados para receber os resíduos de forma mais ordenada, se comparados aos lixões. São abertas valas (Figura 4), geralmente apenas uma por vez para serem preenchidas com resíduos e após cada destinação são recobertas com terra. Como forma de tentar acabar com os lixões e minimizar os impactos ambientais causados pelas destinações dos resíduos, esta técnica melhora os aspectos visuais do local e sociais, pois dificulta com que pessoas adentrem ao local em busca de recicláveis, mas na parte ambiental os impactos são semelhantes ao lixão, à disposição de resíduos em aterro controlado compromete a qualidade do solo, das águas subterrâneas e do ar, justamente por não ser feito tratamento adequado dos resíduos, destinação para aterro apenas de rejeitos e nem haver barreiras de prevenção da poluição.

**Figura 4** - Desenho esquemático de um aterro controlado em valas.



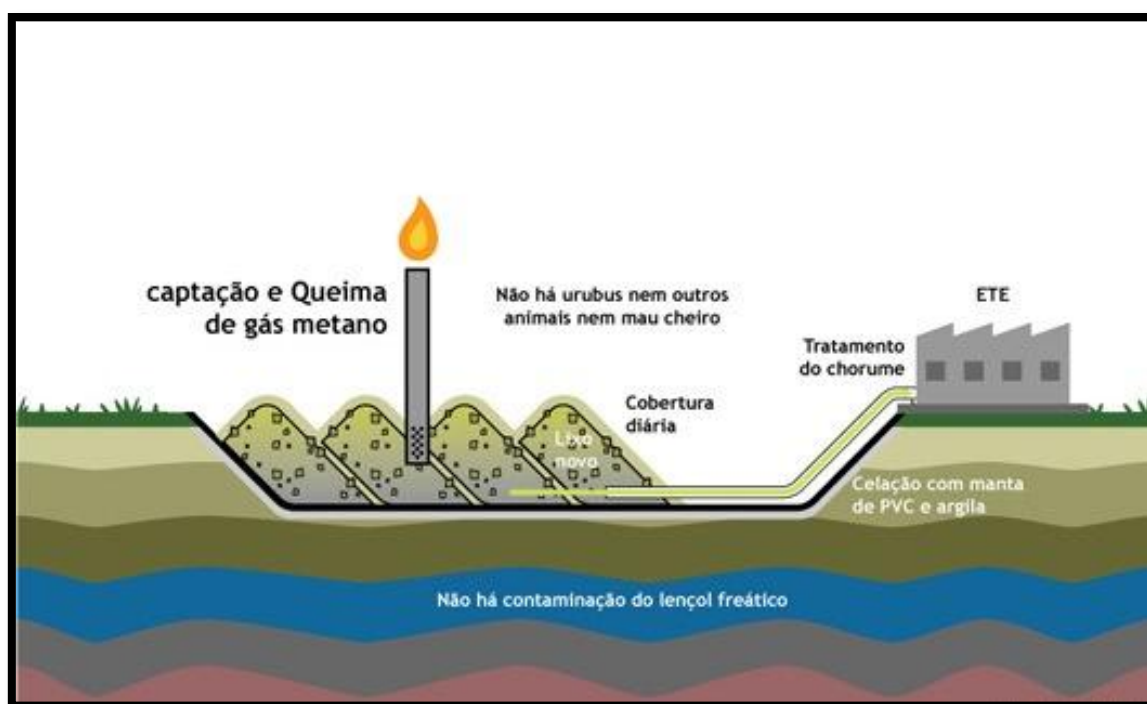
Fonte: Martins, 2019.

O aterro sanitário é a solução para a destinação final mais adequada de parte dos resíduos sólidos após seu tratamento e objetiva realizar o aterramento dos rejeitos em condições ambientalmente adequadas. É necessária sua utilização, mesmo quando existem tecnologias de tratamento, em razão da necessidade de disposição final dos rejeitos resultantes desses processos. A disposição em unidade de aterro sanitário consiste em dispor os resíduos sólidos urbanos, em sistemas cujas características promovam a proteção do meio ambiente. Para que seja construído um aterro sanitário é necessário prever em sua instalação, dispositivos que permitam o controle dos processos que ocorrem ao enterrar os rejeitos.

No aterro sanitário (Figura 5) há impermeabilização da área na qual as células serão alocadas, como forma de impedir a percolação do chorume para o subsolo e aquíferos existentes. Para evitar a acumulação do chorume no aterro, são construídos drenos que direcionam o chorume até um local de acumulação e, por outros meios de deslocamento, encaminha-se para uma estação de tratamento. Há também sistema de drenagem dos gases, de modo a evitar que escapem através dos meios porosos que constituem o subsolo e atinjam fossas, esgotos e edificações. Por fim, é necessário realizar a cobertura diária dos rejeitos depositados

no aterro, que tem por objetivo eliminar a proliferação de vetores, diminuir a taxa de formação de lixiviados, reduzir a exalação de odores e impedir a saída descontrolada do biogás.

**Figura 5** - Desenho esquemático de um aterro sanitário.



Fonte: Martins, 2019.

Segundo Leal (2004) O município de Anhumas, por sua vez, assim como os pequenos municípios da região do Pontal do Paranapanema, inicialmente dispunha seus resíduos sólidos dentro de erosões, sem nenhum processo de impermeabilização da vala (erosão) e de cobertura do lixo com camada de solo, caracterizando como vazadouro a céu aberto.

Conforme a Figura 6 é possível observar a identificação da erosão, localizada à direita da imagem, onde segundo levantamentos históricos da área, era comum o preenchimento da erosão com resíduos sólidos.

**Figura 6** - Fotografia da vista para identificação da erosão onde era realizado o descarte de resíduos em meados da década de 1980.



Fonte: Oliveira, 2015.

Em busca de moradia, a alternativa para as pessoas carentes é a ocupação de terrenos periféricos das cidades, onde os valores dos terrenos costumam ser mais baratos. Em meados do ano de 1978, os resíduos gerados na cidade eram depositados em uma grande erosão situada em propriedade particular, onde ao preencher o espaço vazio com lixo e terra, o local foi terraplanado (Fig. 7 e Fig.8). O poder público municipal, buscando auxiliar a população na construção da morada própria, loteou a área e doou terrenos aos interessados (Oliveira, 2015).

**Figura 7** - Fotografia da área após preencher a erosão com resíduos, foi realizada terraplanagem da área.



Fonte: Oliveira, 2015.

**Figura 8** - Fotografia da construção das casas na área do antigo lixão.



Fonte: Oliveira, 2015.

Importante ressaltar que em meados do ano 2000 foi destinada uma área para aterro controlado e havia aterramento dos resíduos, a área cercada com muros. Atualmente o município realizou a ampliação desta área do aterro e possui licença ambiental vigente para o atual aterro controlado.

### **3.5 Tratamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos através da compostagem.**

A Norma Brasileira (NBR) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) nº 13.591 de 1996 define compostagem como o “processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros, desenvolvido em duas etapas distintas: uma de degradação ativa e outra de maturação” (ABNT, 1996, p. 2).

Para Lima (2004) a compostagem é um processo aeróbico controlado de transformação biológica da matéria orgânica sobre ação de micro-organismos, resultando em um composto orgânico estável que quando utilizado diretamente no solo aprimora as características físicas, físico-químicas e biológicas do mesmo.

Em função da origem, os RSU são diferenciados em resíduos domiciliares, resíduos comerciais e de serviços (grandes geradores) e resíduos de poda e varrição provenientes de limpeza pública (BRASIL, 2010).

No art. 36 da Lei Federal nº 12.305/2010 é estabelecido que:

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 sólidos [...] V – implantar sistema de compostagem para resíduos 27 sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido (BRASIL, 2010).

Segundo o Instituto de Economia Agrícola (1999) a compostagem é realizada, pelas plantas produzirem matéria orgânica que são consumidas como alimento pelos consumidores primários. Estes são alimentos para os consumidores secundários, e assim por diante na cadeia alimentar. Todos os seres vivos produzem resíduos sólidos e/ou líquidos enquanto vivem. Os organismos decompositores aproveitam a energia desses resíduos e dos seres mortos através

da sua decomposição, devolvendo para o ambiente os minerais, a água e o gás carbônico, que novas plantas irão utilizar para fabricar mais matéria orgânica, formando assim o ciclo da matéria orgânica, conforme ilustrado na Figura 9.

**Figura 9** - Fotografia digital do ciclo da matéria orgânica.



Fonte: Gondo, 2021.

A separação de resíduos orgânicos na fonte acompanhada da coleta seletiva é indispensável para a eficiência e sucesso de sistemas de compostagem (INÁCIO; MILLER, 2009).

Alguns motivos fundamentais para inserirmos a compostagem em nosso cotidiano é o resgate de uma alternativa de destinação dos resíduos orgânicos ambientalmente adequada e de simples compreensão pela população, e obtenção de composto orgânico de qualidade que contribui no desenvolvimento de áreas verdes, ampliação da biodiversidade e da segurança alimentar, manifestando cidades mais saudáveis e resilientes (BRASIL, 2017a).

A NBR ABNT nº 13.591 de 1996 define também composto como “produto final da compostagem. Termo genérico usado para designação do produto maturado

(bioestabilizado, curado ou estabilizado), proveniente da biodigestão da fração orgânica biodegradável”.

O método de revolvimento de leiras é muito utilizado nas chamadas “usinas de triagem e compostagem”. Consiste basicamente em leiras piramidais, que são revolvidas periodicamente. O revolvimento é realizado em toda pilha de compostagem, revirando completamente os resíduos, pois do jeito que são montadas as leiras e a composição dos materiais seria muito difícil manter oxigênio no seu interior, o que proporciona rapidamente uma queda de oxigênio, com início do processo de fermentação. Segundo Inácio e Miller (2009) esse método tem melhor desempenho na compostagem de grandes volumes de material vegetal (restos de poda, grama e folhas secas) do que na compostagem de materiais mais pesados, com quantidade de água, como os restos de comida domésticos.

O processo de compostagem não se limita apenas à adição e mistura de materiais orgânicos em pilhas, mas envolve a escolha dos materiais, seleção do sistema de compostagem, o local onde será realizada, como também, a disponibilidade desses materiais para que processo se complete (KIEHL, 1998).

A compostagem possui três etapas (CARVALHO, 2015). São elas:

A) Fase mesofílica: início da decomposição da matéria orgânica, liberando calor e vapor d'água, com formação de ácidos e toxinas de curta duração (CARVALHO, 2015). As temperaturas podem atingir 40°C e ter duração de 2 a 5 dias (OLIVEIRA et al., 2008).

B) Fase termofílica: de semicura ou bioestabilização, é a fase com degradação ativa, quando o material atinge a temperatura máxima, superior à 40°C e onde as reações bioquímicas são mais intensas. A duração depende de fatores ambientais, natureza e quantidade dos resíduos, população microbiana e balanço de nutrientes (CARVALHO, 2015).

C) Fase de maturação ou humificação: período de estabilização que produz um composto maturado, estabilizado e humificado, livre de toxicidade (OLIVEIRA et al., 2008). Pode durar entre 30 a 60 dias (CARVALHO, 2015). Representa a conversão da matéria orgânica recente em húmus, composto estabilizado rico em materiais orgânicos (como ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina) e de alto peso

molecular. A estabilização é essencial para que se possa ser utilizá-lo de maneira segura, sem causar impactos ao meio. Se realizada de maneira correta, o composto ao final apresentará coloração escura e odor similar ao de terra (SILVA et al., 2013).

Segundo Aquino (2005), os resíduos orgânicos sofrem transformações metabólicas desde que fornecidas às condições de umidade, aeração e microrganismos como bactérias, fungos, actinomicetes, protozoários, algas, além de larvas, insetos etc., que têm na matéria orgânica *in natura* sua fonte de matéria e energia. Como resultado da digestão da matéria orgânica por esses organismos, ocorre à liberação de nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio se transformando em nutrientes minerais. Ou seja, esses elementos, antes não disponíveis na forma orgânica, tornam-se disponíveis para assimilação das plantas num processo conhecido como mineralização. Os microrganismos que realizam a decomposição da matéria orgânica absorvem carbono (C) e nitrogênio (N), sendo o tempo necessário para que ocorra a decomposição e a consequente mineralização, governado pela relação entre C e N da matéria-prima.

O teor de N dos resíduos a serem decompostos deve ter teoricamente 1,7%, quando o conteúdo é inferior a esse valor, o tempo de decomposição será maior (Kiehl, 1985). Ainda segundo o mesmo autor para que todo ciclo esteja completo são necessários aproximadamente de 90 a 120 dias após mistura dos materiais orgânicos (dependendo da relação C/N do resíduo), tendo como resultado um composto normalmente escuro e de textura turfa, utilizado como condicionador de propriedades físicas e biológicas do solo, assim como um composto fertilizante que fornece os nutrientes essenciais para o suprimento das plantas.

### **3.5.1 Parâmetros físico-químicos do processo de compostagem**

Para o bom funcionamento de um sistema de compostagem, seu monitoramento é essencial para a identificação de fatores que influenciam na transformação do material, além de considerar também a qualidade do material a ser compostado. Como todo processo biológico, a compostagem é influenciada por fatores que afetam as atividades microbiológicas (PEREIRA NETO, 2007), tais como:

#### **3.5.1.1 Temperatura**

A temperatura é considerada por muitos pesquisadores como o mais importante indicador da eficiência do processo de compostagem, estando intimamente relacionada com a atividade metabólica dos microrganismos, a qual é diretamente afetada pela taxa de aeração (Pereira Neto, 1988). Pereira Neto (2007) refere sobre a temperatura que o valor médio ideal é de 55°C e temperaturas superiores a 65°C devem ser evitadas, por causarem a eliminação dos microrganismos mineralizadores responsáveis pela degradação dos resíduos sólidos orgânicos. Também é um importante fator no que está ligado à eliminação de microrganismos patogênicos (GAJALAKSHMI; ABBASI, 2008).

#### **3.5.1.2 Aeração**

O oxigênio realiza papel fundamental para a decomposição da matéria orgânica, pois ele é o responsável pela oxidação biológica do carbono dos resíduos, para que assim possa gerar energia necessária para os microrganismos realizarem a decomposição da matéria orgânica e a energia que não utilizam se transforma em calor para o composto. O processo de compostagem é aeróbio (MASSUKADO, 2008).

A decomposição da matéria orgânica pode ocorrer por dois processos: na presença de oxigênio (aeróbio) e na sua ausência (anaeróbio). Quando há disponibilidade de oxigênio livre, predominam microrganismos aeróbios, sendo os agentes mais destacados os fungos, bactérias e actinomicetos (PEIXOTO, 1981).

A aeração do composto também pode ser classificada como o principal mecanismo capaz de evitar altos índices de temperatura durante o processo de

compostagem, de aumentar a velocidade de oxidação, de diminuir a liberação de odores e reduzir o excesso de umidade de um material em decomposição (Pereira Neto, 1994; Kiehl, 2004).

#### **3.5.1.3 Umidade**

No processo de decomposição da matéria orgânica, a umidade garante a atividade microbológica. Isso porque, entre outros fatores, a estrutura dos microrganismos consiste em aproximadamente 90% de água e na produção de novas células, a água precisa ser obtida do meio, no caso, da massa de compostagem. Além disso, todo o nutriente necessário para o desenvolvimento celular precisa ser dissolvido em água, antes de sua assimilação (ALEXANDER, 1977). A faixa de umidade ótima para se obter um máximo de decomposição está entre 40% a 60%, principalmente durante a fase inicial, pois é necessário que exista um adequado suprimento de água para promover o crescimento dos organismos biológicos envolvidos no processo e para que as reações bioquímicas ocorram adequadamente durante a compostagem (MERKEL, 1981).

Richard et al. (2002) afirmam que materiais com 30% de umidade inibem a atividade microbiana, sendo que um meio com umidade acima de 65% proporciona uma decomposição lenta, condições de anaerobiose e lixiviação de nutrientes.

#### **3.5.1.4 Relação Carbono/Nitrogênio - C/N**

A compostagem consiste em criar condições e dispor, em local adequado, as matérias-primas ricas em nutrientes orgânicos e minerais, especialmente, que contenham relação C/N favorável ao metabolismo dos organismos que vão efetuar sua biodigestão, (PEIXOTO, 1981). Segundo Kiehl (1998), o acompanhamento da relação C/N durante a compostagem permite conhecer o andamento do processo, pois quando o composto atinge a semicura, ou bioestabilização, a relação C/N se situa em torno de 18/1, e quando atinge a maturidade, ou seja, transformou-se em produto acabado ou humificado, a relação C/N se situa em torno de 10/1.

Para compreensão das fases da compostagem, é possível analisar as fases que a leira se encontra, que passa por três fases: fase fitotóxica, pela formação de ácidos orgânicos e toxinas de curta duração, geradas pelo metabolismo dos

organismos existentes no substrato orgânico, peculiaridade do material cru ou imaturo; fase de semicura ou bioestabilização, quando o composto deixa de ser danoso às raízes e às sementes; fase de cura, maturação ou humificação, quando o composto atinge o auge de suas propriedades benéficas ao solo e às plantas, resultado de um longo período de decomposição, tendo produzido húmus e sais minerais, nutrientes para as plantas, apresentando boas propriedades físicas, químicas e físico-químicas (Kiehl, 2002).

#### **3.5.1.5 pH**

Os resíduos orgânicos, que serão a matéria prima principal das leiras de compostagem, em sua maioria são de natureza ácida, pois geralmente são cascas de alimentos, sucos, sangue dentre outros resíduos orgânicos.

O valor do pH fornece informação sobre o estado de decomposição do composto. O pH final do composto é alcalino (COSTA, 2005).

#### **3.5.1.6 Microrganismos**

Os principais microrganismos envolvidos no processo de compostagem, além das bactérias, são os fungos e os actinomicetos (INÁCIO; MILLER, 2009; PEREIRA NETO, 2007). As bactérias desempenham seu principal papel na fase termofílica, decompondo açúcares, amidos, proteínas e outros compostos orgânicos de fácil degradação. Em relação aos fungos, entre suas funções está a decomposição dos resíduos orgânicos resistentes (BIDONE; POVINELLI, 1999).

#### **3.5.1.7 Granulometria**

Sobre o tamanho das partículas, quanto menor, maior será a área superficial sujeita a ação dos decompositores (PROSAB, 1999). Partículas maiores promovem melhor aeração e partículas muito finas podem dificultá-la (DA SILVA, 2007).

### **3.6 Métodos da compostagem e seus benefícios**

A compostagem é uma técnica bastante flexível, podendo ser realizada em pequena escala como, por exemplo, domicílios e escolas. Em médias e grandes escalas é mais comum em fazendas, municípios e indústrias, desde que possuam

em sua geração de resíduos grande fração de matéria orgânica. No Brasil se difundiu bastante a compostagem chamada de baixo custo, caracterizada pelo emprego de unidades dotadas de tecnologias simplificadas e emprego intensivo de mão-de-obra não qualificada, em sua grande maioria (SILVA, 2009).

Assim o processo de compostagem pode variar desde as simples soluções operacionais e financeiramente menos onerosas, até aquelas que necessitem utilizar dispositivos tecnológicos e mão de obra mais especializada, apresentando custos mais elevados.

A compostagem é um processo aeróbio e pode ser realizada basicamente pelos seguintes métodos: leira revolvida, leira estática aerada e sistema fechado. No Quadro 1, apresenta-se a síntese dos aspectos positivos e negativos de cada método citado.

**Quadro 1** - Métodos de realização da compostagem e seus aspectos positivos e negativos.

<b>Método</b>	<b>Aspectos positivos</b>	<b>Aspectos Negativos</b>
Leiras revolvidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixo investimento inicial;</li> <li>- Flexibilidade na quantidade de resíduos processada;</li> <li>- Simplicidade de operação;</li> <li>- Uso de equipamentos mais simples;</li> <li>- Emprego de mão de obra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requer mais área;</li> <li>- Odor mais difícil de ser controlado, principalmente no momento do revolvimento;</li> <li>- Depende do clima. Em períodos de chuva o revolvimento fica prejudicado.</li> </ul>
Leiras estáticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixo investimento inicial;</li> <li>- Melhor controle de odores;</li> <li>- Etapa de estabilização mais rápida que o método de leiras revolvidas;</li> <li>- Melhor aproveitamento da área disponível;</li> <li>- Mais eficaz na eliminação de organismos patogênicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necessita de bom dimensionamento do sistema de aeração e controle dos aeradores durante a compostagem;</li> <li>- Operação também influenciada pelo clima;</li> <li>- Requer que o material de entrada seja o mais homogêneo possível.</li> </ul>
Sistema fechado ou acelerado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menor demanda de área;</li> <li>- Menor dependência dos fatores climáticos;</li> <li>- Facilidade para combater odores;</li> <li>- Reduz tempo de compostagem;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior investimento inicial;</li> <li>- Dependência de sistemas mecânicos;</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.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Reis, 2005.

Com volume e qualidade, o composto orgânico produzido a partir de resíduos orgânicos, previamente separados na fonte, pode ser utilizado tanto na agricultura como na recuperação de solos. Muitos países têm adotado a agricultura urbana como parte da gestão das cidades (KUMAR & HUNDAL, 2016). A agricultura

urbana, associada à compostagem, pode contribuir, além da produção de alimentos, para o reflorestamento das cidades, a manutenção das áreas verdes e o aumento da permeabilidade do solo (RIBEIRO et al., 2012).

Os benefícios da transformação dos resíduos orgânicos em composto e posterior utilização no solo são muitos, como o aumento do teor de matéria orgânica, o que melhora as qualidades:

- Físicas
- Químicas
- Biológicas
- Ambientais.

#### FÍSICAS

- Melhorar a estrutura do solo (granulometria) ;
- Aumenta a retenção de água no solo;
- Aumenta a porosidade do solo;
- Diminui a compactação;
- Aumento da infiltração de água no solo, diminuindo a erosão;

#### QUÍMICAS

- Fornece micronutriente a planta;
- Fornece macronutrientes a planta;
- Promove a solubilização de nutrientes em solos minerais. Essa ação ocorre devido à ação dos ácidos orgânicos húmicos contidos nos húmus (vegetais ou animais decompostos)
- Acúmulo de matéria orgânica no solo;
- Possível melhora de pH.

#### BIOLÓGICAS

- Aumento da vida do solo (microrganismos);
- Inibe doenças do solo;
- Não espalha sementes de ervas daninhas;
- Proporciona maior desenvolvimento do sistema radicular;

- Aproveitamento de restos orgânicos com relação C/N (carbono/nitrogênio) desiguais que juntos proporcionam uma relação C/N adequada.

#### AMBIENTAIS

- Com o crescimento da população mundial houve um aumento significativo da produção de resíduos que em grande parte não possuem um destino adequado.
- Os resíduos orgânicos que podem e devem ser aproveitados na produção agrícola.

### 3.7 Unidades Licenciadas pela CESTESB no estado de São Paulo

Conforme o inventário estadual de resíduos sólidos elaborado pela Cetesb 2022 através do Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem no Estado de São Paulo, em 2021, foram avaliadas as unidades de compostagem de três municípios: Garça, Ribeirão Grande e São José do Rio Preto e essas unidades foram enquadradas em condições adequadas, por apresentarem Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem - IQC superior a 7,0 (Fig.10).

Enquadramento dos municípios do Estado de São Paulo, em ordem decrescente, quanto às condições ambientais das usinas de compostagem – IQC de 2021.

**Figura 10** - Municípios que realizam a compostagem no estado de São Paulo.

ENQUADRAMENTO	MUNICÍPIO	AGÊNCIA AMBIENTAL	UGRHI	RSU (t/dia)	IQC 2021	li	lo	DISPÕE EM
	SÃO JOSÉ DO RIO PRETO	S J Rio Preto	15	396,64	10,00	■	■	Onda Verde - AP
	GARÇA	Marília	20	32,31	7,57	■	■	
	RIBEIRÃO GRANDE	Capão Bonito	14	1,70	7,14	■	-	-

Fonte: Cetesb, 2022.

A compostagem traz consigo vários benefícios associados ao gerenciamento dos resíduos sólidos, porém é possível observar, conforme o número de unidades em funcionamento e licenciadas pela CETESB no estado de São Paulo, que é algo novo para a realidade de muitos municípios. Um fator importante que torna o processo menos atrativo para o poder público, são suas etapas que demandam tempo e monitoramento constante, desde o início do processo até a formação do composto pronto.

#### **4. METODOLOGIA**

Para a execução da pesquisa, inicialmente foi realizado um levantamento de informações bibliográficas através de documentos e publicações científicas disponíveis em versão digital, site do IBGE, publicações relacionadas ao município divulgadas pelos órgãos fiscalizadores, dados estatísticos nacionais, bem como foram colhidos dados no próprio município através de documentos de registros na Assessoria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente, tais como projetos, pesagens dos resíduos, funcionários, plano de gerenciamento integrado de resíduos sólidos (PGIRS), as quais serviram como embasamento teórico e técnico para a proposta em questão neste trabalho.

O município de Anhumas é considerado de pequeno porte, e conforme o levantamento das informações sobre os resíduos sólidos realiza ações de gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos conforme previsto em seu PGIRS, porém importante ressaltar que em seu plano vigente nada consta sobre a compostagem.

Diante da necessidade de tratamento dos resíduos sólidos recolhidos diariamente no município e as ações de coleta e separação, foram realizados levantamentos de viabilidade e plano de trabalho para serem submetidos a financiamentos ou captação de recurso a fundo perdido para serem investidos no tratamento dos resíduos sólidos. Diante da realidade local, a compostagem foi tida como foco principal para elaboração das propostas, pela caracterização dos resíduos sólidos urbanos do município que apresenta como maior fração a matéria orgânica e diante das ações já realizadas.

Tendo o plano de trabalho aprovado pelo Fundo Estadual de Defesa dos Interesses Difusos – FID e início da implantação do projeto no município, foi realizada esta proposta de trabalho para aprofundamento da metodologia utilizada. Conforme apresentado nos resultados e discussões, foram realizados testes operacionais para analisar as dificuldades operacionais práticas desta pesquisa, sobre o produto final e qualidade do composto, não há resultados, pois os testes não foram conclusivos pelo tempo necessário (120 dias) para a maturação.

## 5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 5.1 Localização

No que se refere às características do município de Anhumas, segundo dados do último censo do IBGE em 2010, este possui área total de 320,840 km<sup>2</sup> e está situado no oeste do estado de São Paulo, cujas coordenadas do ponto central da cidade são: 22° 17' 45" S (Latitudinais) e 51° 23' 08" W (Longitudinais). A Figura 11 apresenta a localização do município de Anhumas no Estado de São Paulo.

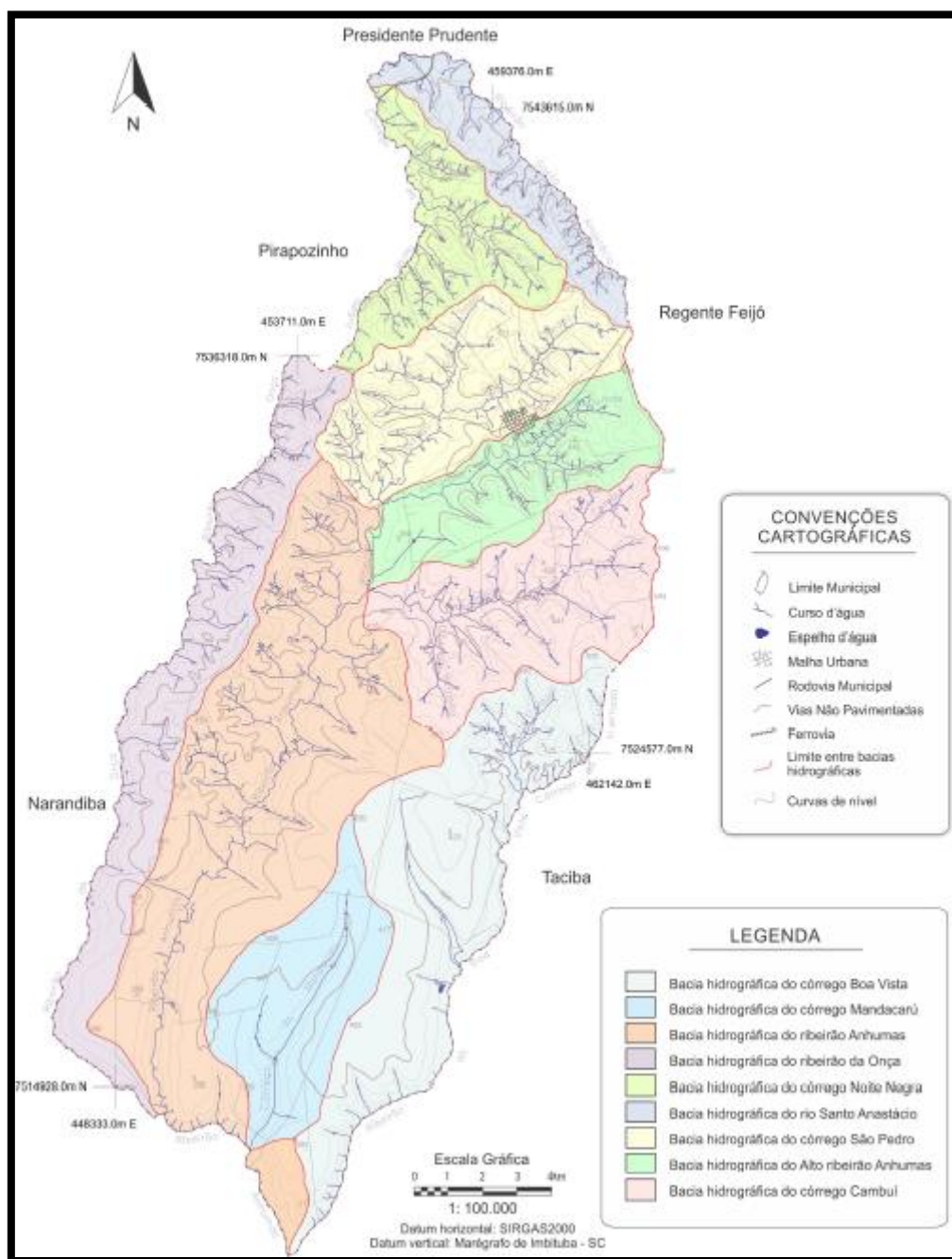
**Figura 11** - Localização de Anhumas no estado de São Paulo.



Fonte: Fundação SEADE, 2014.

O município de Anhumas pertence à comarca de Presidente Prudente e estabelece divisa com Narandiba, Pirapozinho, Presidente Prudente, Regente Feijó e Taciba. A delimitação é baseada em vários córregos, como comentando na sequência. Nesse sentido, apresenta-se mapa com as bacias hidrográficas do município de Anhumas (Fig.12).

**Figura 12 - Delimitação e Bacias Hidrográficas do município de Anhumas.**



Fonte: OLIVEIRA, 2015.

O limite com Narandiba inicia-se ao sul, mais precisamente na foz da bacia hidrográfica do córrego da Boa Vista, onde segue demarcando junto à drenagem do ribeirão Anhumas rumo ao córrego da Onça, terminando em seu curso médio.

A partir do médio curso do córrego da Onça, a divisão dá-se entre Anhumas e Pirapozinho, onde a demarcação entre ambos os municípios prossegue à montante do córrego da Onça, ultrapassando o divisor de águas e adentrando ao córrego Noite Negra e finalizando na confluência com o rio Santo Anastácio.

Em seguida, na divisa com Presidente Prudente, o limite margeia o rio Santo Anastácio sentido à cabeceira e termina na confluência com o córrego Embiri. Após a referida confluência, dá-se o seguimento com Regente Feijó, ultrapassando a cabeceira do rio Santo Anastácio, estendendo-se sobre os divisores de água entre o Ribeirão Anhumas e o Rio Laranja Doce, até encontrar-se com a cabeceira do córrego da Paca.

Por fim, o limite de Anhumas prossegue fazendo divisa com o município de Taciba, pelo divisor de águas da cabeceira setentrional da bacia do córrego da Invernada, adentrando à nascente do córrego Boa Vista e avançando novamente em sentido à confluência com o ribeirão Anhumas, estabelecendo, portanto, o ponto final junto à sua foz.

A constituição histórica do município de Anhumas iniciou-se quando os trilhos da Estrada de Ferro Sorocabana alcançaram a região, compreendida entre os rios Anhumas, Paranapanema, do Peixe e Aguapeí. Algumas cartas geográficas, nas quais a Figura de Domingos Ferreira de Medeiros constava como sendo a de maior possuidor de terras na região, demonstram que o lugarejo era formado pelas fazendas Anhumas e Laranja Doce, com 30 mil alqueires no total. Após a chegada de uma leva de imigrantes, ergueu-se o primeiro cruzeiro em 6 de agosto de 1922, dando início ao povoado de Anhumas que, já em 14 de dezembro de 1928, passou a distrito do território de Presidente (SEADE, 2014). A atual área urbana de Anhumas é apresentada na Figura 13.

**Figura 13** - Imagem do Google earth da área urbana de Anhumas.



Fonte: Google earth, 2022.

## 5.2 Aspectos populacionais

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010), em Anhumas temos ao todo 1.154 domicílios ocupados e contamos com o crescimento populacional de 9,59% na última década, somando ao todo uma população de 3.738 pessoas, sendo 1.863 homens e 1.875 mulheres. A Tabela 2 apresenta em número de habitantes no respectivo ano. Já em 2021, a população estimada pelo IBGE é de 4.172 habitantes.

**TABELA 2** - População de Anhumas x Ano.

Ano	População (habitantes)
1991	3.242
<b>1996</b>	<b>3.120</b>
2000	3.411
<b>2007</b>	<b>3.695</b>
2010	3.738

Fonte: IBGE, 2010.

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A compostagem dos resíduos orgânicos, é algo que ainda há muito que se analisar, visto as particularidades que há em cada município em seus resíduos, um ponto importante a ser destacado é que é possível realizar a reciclagem deste resíduo transformando-o em um composto rico em nutrientes e que pode ser fonte de renda.

### **6.1 Coleta seletiva**

Diante dos impactos ambientais resultantes das atividades da cidade, geração de resíduos, cumprimento do TAC e sua forma de destinação final de resíduos, por isso vem desenvolvendo projetos na área ambiental para minimizar estes impactos e a coleta seletiva é uma forma que este município encontrou.

Conforme citado anteriormente, os resíduos são gerados de diferentes fontes e características, tendo parte destes resíduos potencial de comércio e obtenção de renda. A atividade da catação de materiais recicláveis existe há algumas décadas no município de Anhumas. Até meados do ano de 2000 alguns moradores viviam exclusivamente da atividade de catação, no "lixão". Porém, com a regularização do aterro controlado em valas e, conseqüentemente, com a fiscalização do local, as pessoas que trabalhavam no recolhimento de resíduos recicláveis passaram a ser proibidas de trabalhar no local, em razão de saúde e de segurança.

Diante da realidade local, resíduos recicláveis sendo descartados no aterro, população carente, necessitando do dinheiro que antes era arrecadado com a venda dos recicláveis e os impactos ambientais devido à falta de separação prévia dos recicláveis na fonte geradora, levaram o poder público local, a partir de 2009, em parceria com universitários da Universidade do Oeste Paulista a desenvolver estudos relativos à questão dos resíduos sólidos municipais e em 2010 foi apresentado o projeto para a Fundação Nacional da Saúde – FUNASA, no qual conseguiram recursos para construção do barracão para triagem, caminhão de coleta e equipamentos necessários.

Em 2013, com toda a estrutura pronta, deram início às coletas nas ruas formalmente pela ACARDA, sigla registrada pela Associação dos Catadores de Recicláveis de Anhumas.

A necessidade de educar a população para uma nova postura diante da geração e segregação dos resíduos sólidos foi um desafio para a gestão ambiental do município, que contou com o apoio do Programa Município Verde Azul (PMVA), que atua no estado de São Paulo, e tem como principal objetivo do PMVA estimular e auxiliar as prefeituras paulistas na elaboração e execução de suas políticas públicas estratégicas para o desenvolvimento sustentável, cujas diretrizes indicavam um formato bastante profissional no que tange à questão dos resíduos sólidos e tudo o que o envolve. Assim, a prefeitura inicia um trabalho sistematizando procedimentos, envolvendo escolas e demais segmentos organizados, para a recepção de novas orientações sobre os resíduos sólidos urbanos e sua complexidade, incluindo novas leis municipais.

Simultaneamente ao Programa Municipal de Coleta Seletiva Solidária, foram realizadas campanhas para incentivar a adesão da população, tendo como principais agentes a assessoria de agricultura e meio ambiente, em parceria com as escolas municipal e estadual, vigilância sanitária e estagiários.

As consequências da crise ambiental estão diretamente ligadas às ações, atitudes e comportamentos do homem e sua relação com o meio ambiente. Neste sentido, as necessidades geradas em âmbito social surgem com o crescimento da complexidade socioeconômica e cultural de cada sociedade. Isso é o que diferencia qualitativamente a ação humana sobre o ambiente, portanto, socialmente determinada.

Outro aspecto de suma importância que torna o trabalho da associação relevante é seu caráter social, de empoderamento dos catadores, inclusão social através do trabalho realizado, além do proporcionar acesso ao seu direito ao trabalho digno e salubre. Dessa forma, é imprescindível reconhecer os catadores de recicláveis, como papel fundamental no dia a dia para contribuir com a limpeza pública, merecedores de direito de viver em um ambiente saudável, de ter os lixões de suas cidades erradicados e remediados, e por fim sua função de monitoramento social quanto à manutenção e/ou ampliação de conquistas do movimento organizativo dos catadores.

O trabalho de apoio à organização dos catadores de materiais recicláveis do município de Anhumas e as campanhas de incentivo à participação comunitária tem

como princípio metodológico a organização e a participação do público em questão, no sentido de proporcionar a inclusão dos catadores no mercado de trabalho. Este engajamento faz com que desenvolva a cidadania e oportuniza melhor atuação em sua atividade e, em seu novo projeto de vida, que se caracteriza fundamentalmente, pela atuação junto à comunidade, a partir de um processo interativo, com a ampliação do fluxo de informações e de conhecimentos sobre os resíduos sólidos, o meio ambiente, educação e saúde.

O trabalho de inclusão com os catadores cria canais de diálogo entre os membros e o poder público, população, possibilitando o suporte de caráter educativo e promotor de bons indicadores de sucesso, na coleta seletiva, na compostagem, bem como a responsabilidade compartilhada pelos diversos resíduos que gera. Conta-se, para isso, com vários recursos, como cartilhas, cartazes, folhetaria, informativos em jornal local, mensagens no carro de som, eventos, com o objetivo de potencializar ainda mais a coleta seletiva de materiais recicláveis, que será fator fundamental para o bom funcionamento da compostagem, assim como a disseminação do tema em todos os setores públicos municipais, dando grande visibilidade à implantação de um projeto que visa avançar nas questões relacionadas à gestão e ao gerenciamento dos seus resíduos gerados.

Como partes das atividades que ocorrem continuamente no município, as fotos 05 e 06 foram tiradas na capacitação realizada em 2019 com os 05 membros da ACARDA, na qual as imagens ilustram a realização da dinâmica sobre identificação dos aspectos positivos e negativos na vivência do trabalho, com objetivo de motivá-los sobre as questões de organização e gestão pessoal, ferramentas de trabalho, gestão nos negócios e fazê-los compreender sobre o papel fundamental que desempenham no município (Fig.14).

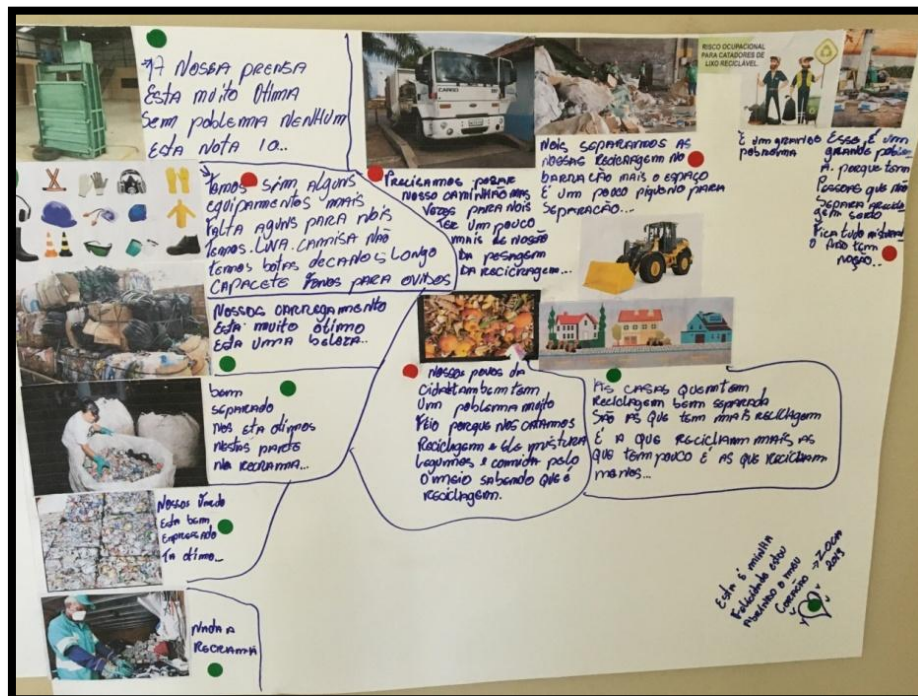
**Figura 14** - Fotografia digital de dinâmica para identificação dos aspectos positivos e negativos do trabalho.



Fonte: Autoria própria, 2019.

Após a escrita dos aspectos levantados por eles (Fig.15), foram abordados diversos assuntos, com o objetivo de entender também as dificuldades encontradas no dia a dia da equipe, bem como possíveis problemas gerados pela população, como por exemplo, descarte de resíduos não recicláveis nos dias da coleta seletiva, funcionamento dos equipamentos, caminhões e outros assuntos pertinentes às suas atividades.

**Figura 15** - Fotografia digital de discussão em equipe sobre os pontos positivos e negativos da rotina de trabalho.



Fonte: Autoria própria, 2019.

E para finalizar esta atividade foi feita uma reunião com a população em geral, como forma de expor o trabalho realizado, os benefícios gerados e novamente reforçar a importância da colaboração da população em separar os resíduos recicláveis e os descartar separadamente, facilitando a coleta seletiva (Fig.16).

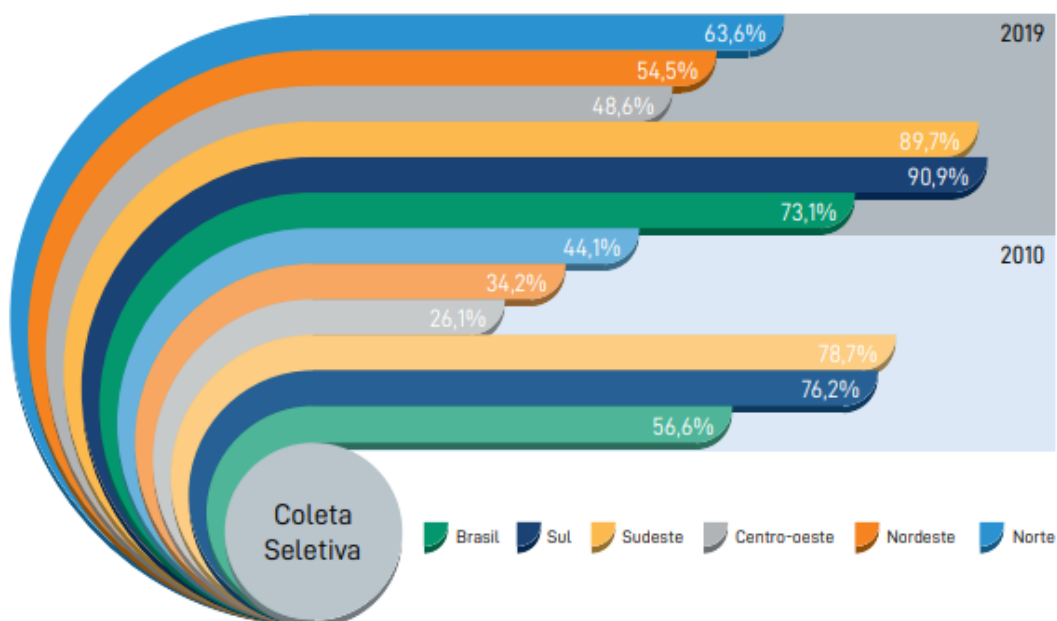
**Figura 16** - Fotografia digital de apresentação da equipe ACARDA para a população.



Fonte: Autoria própria, 2019.

Conforme os dados apresentados pela Abrelpe (2020), nos quais se mostra que em 2010, no Brasil, 3.152 municípios registravam alguma iniciativa de coleta seletiva, enquanto na década seguinte esse número aumentou para 4.070 municípios. Importante destacar, porém, que em muitos municípios as atividades de coleta seletiva ainda não abrangem a totalidade de sua área urbana, diferentemente de Anhumas que há anos realizada a coleta em 100% da área urbana e em alguns bairros rurais. Na Figura 17 seguem dados das porcentagens de municípios que possuem iniciativas de coleta seletiva implantadas em seus municípios subdivididas pelas regiões do Brasil.

**Figura 17** - Distribuição dos municípios com iniciativas de coleta seletiva (%).



Fonte: Abrelpe, 2020.

Os bairros rurais atendidos pelo programa de coleta seletiva no município de Anhumas são: Noite Negra, Vila Maria, Palmitalzinho e Banco da Terra. A frequência da coleta rural é quinzenal, além destes bairros citados anteriormente que são mais populosos, é realizada a coleta nas chácaras próximas à cidade, como por exemplo, as propriedades localizadas na saída da rua Padre Orlando Luiz Gazolla até a ponte do córrego Assú e as chácaras localizadas na rodovial Henrique Moreno Milan entre o Cristo Redentor e a entrada do Pesque Pague.

## **6.2 Aterro controlado em valas**

Os resíduos sólidos domésticos, recolhidos pela coleta porta a porta, ocorre três (3) vezes por semana e atende 100% da malha urbana e quinzenalmente bairros rurais mais populosos, como: Banco da Terra, Noite Negra, Vila Maria e Palmitalzinho. Estes resíduos atualmente são direcionados ao aterro controlado em valas, licenciado pela CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

O aterro está localizado na estrada rural AHM 010, a cerca de 1,3 km do perímetro urbano e ocupa uma área de cerca de 2,42 ha, onde parte desta área encontra-se o barracão da ACARDA e o barracão para compostagem. A entrada nestas áreas é controlada pelos colaboradores que ali trabalham e é restrita apenas a funcionários e associados.

Conforme as informações fornecidas pelo inventário de resíduos sólidos 2020 publicado pela CETESB, no município de Anhumas o coeficiente de geração de resíduos da população é de cerca de 2,37 toneladas/dia, nesta quantidade estão somados resíduos recicláveis e não recicláveis.

Para análise deste dado apresentado pela CETESB, seguem nas Tabelas 03, 04, 05, 06 e Tabela 07, as pesagens de resíduos realizadas pelo município. É possível observar que não foram mantidos padrões de amostragem para todas as pesagens, por exemplo, para as médias dos resíduos domésticos foram feitas com três repetições, já para os anos de 2015 e 2018, quando foram pesados os resíduos recicláveis, foram feitas apenas duas repetições.

**Tabela 3** - Data da pesagem, peso dos resíduos domésticos coletados (kg) por semana e valor médio semanal – ano 2009.

Data da Pesagem	Tara do Caminhão (kg)	Peso Líquido dos resíduos (kg)	Soma/dia (kg)	Total (kg)
17/08	7.680	2.280	6.000	13.290
		1.470		
		2.250		
19/08		1.530	2.270	
		1.230		
21/08		2.430	4.530	
		2.100		

Fonte: SILVA, 2009.

**Tabela 4** - Data da pesagem, peso dos resíduos domésticos coletados (kg) por semana e valor médio semanal – ano 2015.

Semana	Data da pesagem	Peso líquido dos resíduos domésticos coletados (kg) por dia	Peso Total dos Resíduos coletados (kg) por semana	Peso médio semanal (kg)
1ª Semana	09/03/2015	5.550	12.390	12.380
	11/03/2015	3.300		
	13/03/2015	3.540		
2ª Semana	16/03/2015	5.280	12.780	
	18/03/2015	3.330		
	20/03/2015	4.170		
3ª Semana	23/03/2015	5.280	11.970	
	25/03/2015	2.970		
	27/03/2015	3.720		

Fonte: Plano de gerenciamento integrado de resíduos sólidos de Anhumas, 2015.

**Tabela 5** - Data da pesagem, peso dos resíduos recicláveis coletados (kg) por semana e valor médio semanal – ano 2015.

Semana	Data da pesagem	Peso líquido dos resíduos recicláveis coletados (kg) por dia	Peso total dos resíduos recicláveis coletados (kg) por semana	Peso médio semanal (kg)
1ª Semana	10/03/2015	1.210	1.850	2.325
	12/03/2015	640		
2ª Semana	17/03/2015	1.670	2.800	
	19/03/2015	1.130		

Fonte: Plano de gerenciamento integrado de resíduos sólidos de Anhumas, 2015.

**Tabela 6** - Data da pesagem, peso dos resíduos domiciliares coletados (kg) por semana e valor médio semanal – ano 2018.

Semana	Data da pesagem	Peso líquido dos resíduos domésticos coletados (kg) por dia	Peso Total dos Resíduos coletados (kg) por semana	Peso médio semanal (kg)
1ª Semana	19/02/2018	3.900	9.320	10.456,66
	21/02/2018	1.530		
	23/02/2018	3.890		
2ª Semana	26/02/2018	4.460	10.890	
	28/02/2018	3.020		
	02/03/2018	3.410		
3ª Semana	05/03/2018	4.700	11.160	
	07/03/2018	2.780		
	09/03/2018	3.680		

Fonte: Assessoria de Agricultura e Meio Ambiente, 2018.

**Tabela 7** - Data da pesagem, peso dos resíduos recicláveis coletados (kg) por semana e valor médio semanal – ano 2018.

Semana	Data da pesagem	Peso líquido dos resíduos recicláveis coletados (kg) por dia	Peso total dos resíduos recicláveis coletados (kg) por semana	Peso médio semanal (kg)
1ª Semana	20/02/2018	1.780	2.810	2.475,00
	22/02/2018	1.030		
2ª Semana	06/03/2018	1.230	2.140	
	08/03/2018	910		

Fonte: Assessoria de Agricultura e Meio Ambiente, 2018.

Conforme os dados apresentados no ano de 2009, o coeficiente de geração resultante da tabela 03, foi de 1,9 toneladas/dia. Neste ano não havia a atividade de coleta seletiva porta a porta, para este coeficiente foi dividido o valor médio da semana pelo número de dias (7 dias). A partir destes dados em 2009 a geração per capita por dia foi identificada em 0,507 kg/hab.

Para elaboração do PGIRS em 2015, foi feita uma nova pesagem, na qual pelos dados apresentados o coeficiente de geração foi de 2,1 toneladas/dia. Neste ano a coleta seletiva já era atuante no município, este coeficiente considerou a geração total recicláveis + domésticos. A partir destes dados em 2015 a geração per capita por dia em 0,561 kg/hab.

Foi possível observar que com a coleta seletiva atuante cerca de 2 toneladas de resíduos por semana deixam de ir para o aterro. Ao analisar as tabelas 07 e 08, pesagem realizada em 2018, 19% dos resíduos sólidos domésticos foi recolhida pelo caminhão dos recicláveis, mostrando resultado da separação na fonte.

O município de Anhumas não detém de balança própria para pesagens de resíduos e para realizar tal atividade, deve ser feita em balanças particulares.

Vale ressaltar também que não foram feitas pesagens mais recentes em razão do período de pandemia de COVID-19 enfrentado em todo o mundo, durante

o qual por questões de segurança muitas atividades que envolviam contato direto com resíduos sólidos foram evitadas.

Sobre os dados dos aterros de disposição final de resíduos, notas são atribuídas anualmente pela CETESB, as notas são aplicadas de 0 a 10, onde a nota 10 representa situação totalmente satisfatória e 0 insatisfatória. Para definição destas notas são analisados diversos fatores para formulação chegar a uma pontuação final. Assim, são analisados conforme os formulários de aplicação: características do local, infraestrutura e condições operacionais, formando assim o IQR – Índice de qualidade dos aterros de resíduos, no qual são emitidos relatórios pela CETESB, órgão fiscalizador do estado de São Paulo. Para formulação da nota final, são realizadas visitas no decorrer do ano e os relatórios são emitidos no ano seguinte, os dados são tabulados conforme apresentados na Figura 18, no qual seguem as notas do município de Anhumas.

**Figura 18** - Notas do IQR de Anhumas conforme o Inventário de Resíduos Sólidos 2021.

ENQUADRAMENTO	MUNICÍPIO	AGÊNCIA AMBIENTAL	UGRHI	IQR	DISPÕE EM
5	ANHUMAS	Pres. Prudente	22	9,5	

Fonte: Adaptado de CETESB, 2022.

Neste mesmo relatório é apresentada também a evolução dos municípios em comparação com o ano anterior e a UGRHI em quem o Município pertence, sendo Anhumas pertencente à UGRHI – 22 – Pontal do Paranapanema. Conforme a Figura 19, Anhumas manteve a nota 9,5 nos anos de 2020 e 2021, consideradas adequadas. E apresenta como média diária de geração de resíduos sólidos 2,39 toneladas.

**Figura 19** - Evolução do IQR nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHs quanto ao enquadramento dos municípios e às quantidades de resíduos.

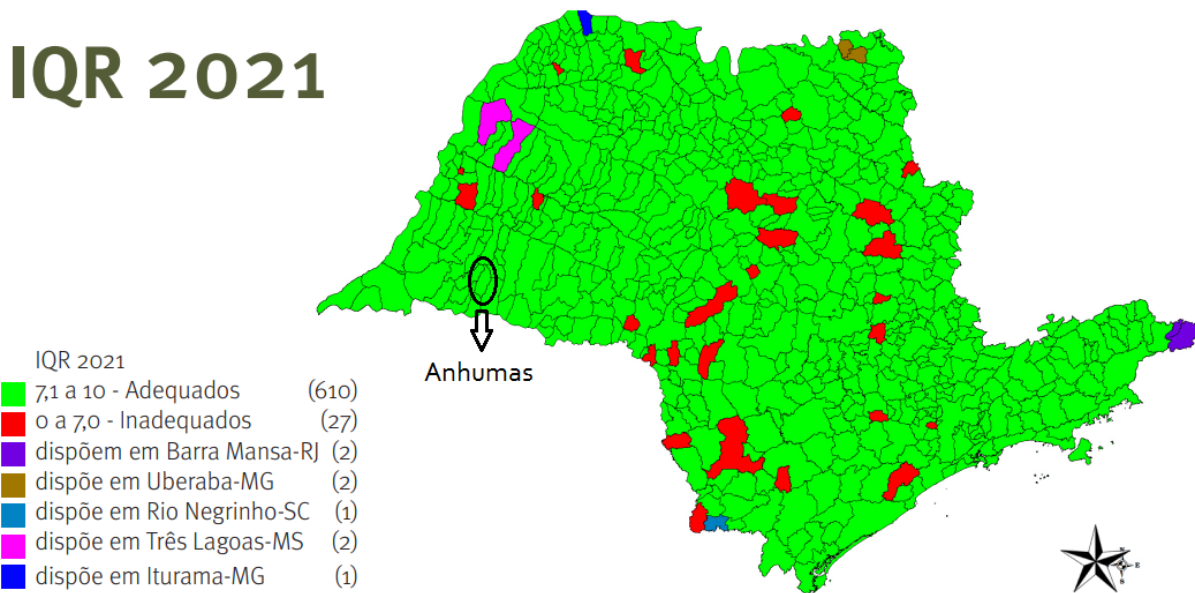
ENQUADRAMENTO	MUNICÍPIO	AGÊNCIA AMBIENTAL	UGRHI	RSU (t/dia)	INVENTÁRIO		DISPÕE EM	LI	LO	TRANSFERRIDO
					2020	2021				
					IQR	IQR				
	ANHUMAS	Pres. Prudente	22	2,39	9,5	9,5				

Fonte: Adaptado de CETESB, 2022.

Em função dos esforços de fiscalização e de orientação aos municípios, o número de aterros inadequados no estado diminuiu de 53 em 2020 para 27 em 2021. Em 2020, 585 municípios contavam com aterros enquadrados na condição adequada e, em 2021, 610, correspondendo a 95,76% dos municípios do estado.

Neste mapa ilustrado na Figura 20 o município de Anhumas segue na cor verde, localizado na imagem mais a oeste do estado de São Paulo, conforme destacado, ou seja, nas avaliações realizadas pela CETESB, a situação do município de Anhumas é satisfatória.

**Figura 20** - Mapa de situação dos aterros do estado de São Paulo.



Fonte: Adaptado de CETESB, 2022.

### **6.3 Aterro de resíduos da construção civil e inertes**

Após anos sem atividade, na área do aterro controlado exaurido em 2012, que possui um alqueire, foi licenciada a atividade: aterro dos resíduos da construção civil e inertes. Atualmente este aterro está localizado na área ao lado do aterro controlado em valas e ao lado do barracão de triagem dos recicláveis.

Esta área foi licenciada pelas características dos geradores do município, no qual não possui empresas no ramo da construção civil pesada ou outras que possam ser classificadas como grandes geradores de resíduos da construção civil. Por este motivo e pela ausência de uma área para descarte dos entulhos, foi licenciado este aterro que recebe resíduos da população, com ou sem contratação de caçambeiro.

Dentro das dependências deste aterro, os resíduos são dispostos de forma separada, pois alguns são passíveis de posterior utilização, como é o caso dos resíduos de podas e varrição, fontes de matéria orgânica, lenhas e madeiras que podem ser encaminhadas para caldeiras e fornos, terra que pode ser direcionada para aterramento dos resíduos na vala, restos de entulhos que podem servir para formar subcamadas em estradas, ou ser encaminhados para empresas especializadas para destinação final. A separação dos resíduos dentro do aterro é feita por equipe da prefeitura, no qual realiza o desmonte de móveis e tritura os galhos provindos das podas, ambos com o intuito de otimizar o espaço.

#### 6.4 Logística reversa

A PNRS, Lei 12.305/2010 define a logística reversa como instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

Além das coletas dos resíduos sólidos urbanos, há também a coleta de resíduos que são gerados no dia a dia das pessoas, porém possuem características que não permitem que sua destinação seja realizada junto com os demais resíduos no aterro controlado local. Alguns destes resíduos são: pilhas, baterias, lâmpadas, pneus, eletroeletrônicos, óleo usado de cozinha, embalagens de agrotóxicos e outros. Estes resíduos são considerados nocivos ao meio ambiente pela periculosidade de suas características, por isso para destinação destes resíduos são realizadas campanhas de entrega voluntária e destinação final ambientalmente adequada para cada tipo de resíduos, com empresas licenciadas para descarte.

Conforme a Figura 21, esta imagem foi um folder de divulgação utilizado pela Assessoria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente, no qual se informa que no prédio da casa da agricultura é ponto de entrega voluntária dos resíduos listados.

**Figura 21** - Folder de divulgação do ponto de entrega dos resíduos.



Fonte: Assessoria de agricultura e meio ambiente, 2019.

Diferente dos resíduos listados na imagem, as embalagens de defensivos agrícolas são resíduos que necessitam de coleta diferenciada e para realização desta campanha deve ser agendado o dia de coleta com participação de representantes do Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (inpEV), entidade gestora do Sistema Campo Limpo, sistema brasileiro de logística reversa de embalagens vazias de defensivos agrícolas. A coleta do ano de 2022 de Anhumas, contou com a participação de 18 agricultores, que somadas as quantidades, entregaram 2.410 unidades, pesando pouco mais de 1,5 toneladas. A Figura 22 apresenta o caminhão onde foram transportadas às embalagens para a entrega em Araçatuba.

**Figura 22** - Fotografia digital da logística reversa das embalagens de defensivos agrícolas.



Fonte: Assessoria de Agricultura e Meio Ambiente, 2022.

A destinação adequada destes resíduos é muito importante para gestão dos resíduos gerados dentro do município de Anhumas, pois vão além de volume gerado, alguns destes, são resíduos que apresentam características que são nocivas quando destinadas de forma inadequada ao meio ambiente.

## **7. PROPOSTA PARA PROJETO DE COMPOSTAGEM**

A compostagem se apresenta como grande aliada à destinação final dos resíduos sólidos urbanos, com métodos de aplicação associados ao baixo custo operacional, traz a solução para a transformação dos resíduos orgânicos em composto orgânico, ou seja, os resíduos de maior proporção. Neste capítulo serão apresentadas as etapas para formulação do projeto para obtenção de recursos financeiros, bem como o planejamento operacional da atividade.

### **7.1 Planejamento para implantar a compostagem**

Conforme os dados apresentados pela composição gravimétrica do município de Anhumas, 66% dos resíduos sólidos domésticos coletados são compostos por matéria orgânica e atualmente toda matéria orgânica é destinada no aterro controlado em valas. Considerando que o acúmulo de matéria orgânica em decomposição, causa a geração de chorume que, quando não tratado, pode atingir lençóis freáticos, rios e córregos, levando a contaminação para estes recursos hídricos. A compostagem surge como proposta para tratar esta fração de resíduos, transformando a matéria orgânica em composto orgânico.

Com a implantação do programa de compostagem em toda malha urbana do município de Anhumas, a quantidade de resíduos orgânicos levado ao aterro diminuirá significativamente, diminuindo o risco de contaminação do lençol freático ali presente, consequentemente reduz danos à saúde pública, além de aumentar a vida útil do aterro diante da redução da grande quantidade que hoje é destinado ao aterro e que poderá ser destinada para compostagem, permitindo que o município cumpra a Política Nacional de Resíduos Sólidos, definida pela lei nº12.305/2010.

Foi proposta a instalação do centro de compostagem dentro da área do aterro para facilitar o procedimento operacional, já que o barracão de triagem dos recicláveis também se encontra nas dependências da área do aterro controlado. Assim facilitará a triagem para retirada do material reciclável caso ainda tenha na coleta dos resíduos domésticos não recicláveis.

No que diz respeito ao meio ambiente, a Prefeitura Municipal de Anhumas há anos atua de acordo com os instrumentos da política para contribuir com o meio ambiente através de ações necessárias para reduzir os impactos relativos às

atividades do cotidiano, tanto nas atividades voltadas à limpeza urbana, dispondo seus resíduos em locais adequados, assuntos relacionados ao saneamento básico e preservação de recursos hídricos, bem como a coleta seletiva dos resíduos que já acontece há anos. Para a gestão de resíduos, Anhumas possui licença ambiental para área de disposição de resíduos sólidos domiciliares, área para manejo dos resíduos recicláveis, licença ambiental para aterro de inertes e licença para início da atividade de compostagem de resíduos orgânicos, sendo este um projeto recente, com recursos aprovados junto ao Fundo Estadual de Defesa dos Interesses Difusos (**FID**).

O Projeto para implantar a compostagem foi intitulado como: COMPOSTANDO ANHUMAS- Compostagem de resíduos orgânicos, com convênio assinado em 2019 com a Secretaria da Justiça do Estado de São Paulo, através do fundo estadual de defesa dos interesses difusos, no qual possibilita dar início a um passo muito importante para o município, pois segue destinando recursos para a implantação da compostagem dos resíduos orgânicos no município. Este projeto proporciona ao município a chance de melhorar ainda mais a gestão dos resíduos sólidos domésticos. Conforme descrito anteriormente, este município já caminha com ações voltadas à melhoria contínua da gestão integrada dos resíduos.

No município de Anhumas através da composição gravimétrica dos resíduos sólidos realizada para o PGIRS de Anhumas, os resíduos domiciliares foram caracterizados conforme citado anteriormente, sendo a matéria orgânica formada por aproximadamente 66% dos resíduos totais, 20% recicláveis e 14% rejeito, os resíduos recicláveis são coletados todas as terças e quintas-feiras.

No Brasil, as análises gravimétricas revelam frequência significativa da fração composta de materiais orgânicos (restos de alimentos, podas e outros putrescíveis), representando em média mais de 50% do total dos resíduos coletados (IBGE, 2010). Mesmo em cidades com maior grau de industrialização, como São Paulo, a porcentagem dos resíduos orgânicos ainda é muito alta (57,5%) (Agostinho et al, 2013).

## 7.2 Dimensionamento do projeto

A Limpeza urbana do município de Anhumas recolhe diariamente uma média de 2.390 kg de resíduos total, conforme apresentado pelo Inventário de Resíduos Sólidos 2022 elaborado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), do qual conforme o plano de gerenciamento de resíduos sólidos do município apresentou em sua gravimetria que 66% são matéria orgânica, representando então a matéria orgânica o valor aproximado de 1.578 kg.

Conforme o PMGIRS (2015) a geração de resíduos da varrição era de 663kg/dia, devido ao estoque destes resíduos já armazenado e o início do funcionamento do triturador de galhos, foi considerada a proporção de formação da leira de 1/1, sendo a mesma quantidade de resíduos domésticos orgânicos para a mesma proporção de resíduos de podas e varrição (matéria seca).

A densidade média dos resíduos sólidos domésticos, conforme determinado em experimento de campo para realização de compostagem por Silva (2009) em  $0,46\text{t/m}^3$ , pode-se dimensionar uma unidade de compostagem de baixo custo para tratamento e reciclagem destes resíduos. Considerando que para revolvimento com equipamento as pilhas devem possuir  $B = 2,5\text{m}$  e  $H = 1,3\text{m}$ .

A seguir são apresentados os procedimentos necessários para dimensionar uma unidade de compostagem com base em Ortiz (2013) em seu memorial dimensionamento para pátio de compostagem:

Levantamento de dados:

- Quantidade gerada de resíduos orgânicos expresso em kg = (Q);
- Adoção de forma geométrica: leira ou pilha;
- Leira: adotar as dimensões da seção (Base = B, Altura = H);
- Adotar a densidade da mistura = (D);
- Período de compostagem medido em dia = (d);
- Adotar um fator de segurança = (em torno de 10%) = (f);

Método de leira:

- Calcular a área da seção:
- Para triângulo -  $A_s = (B \times H) / 2$ ;
- Calcular o volume da leira:  $\text{Volume (V)} = Q/D$ ;

- Calcular o comprimento da leira: comprimento (L) =  $L = V/As$ ;

Cálculo do pátio:

- Calcular a área da base da leira:  $Ab = B \times L$ ;
- Calcular a área de folga para revolvimento da leira  $Af = Ab$ ;
- Calcular a área útil  $Au = (Ab + Af) \times d$ ;
- Calcular a área extra devido ao fator de segurança:  $Ae = Au \times f$ ;
- Calcular área total do pátio:  $At = Au + Ae$ .

Cálculo das dimensões da leira de compostagem.

Serão adotadas leiras de seção reta triangular com 1,3 m de altura e 2,5 de largura.

Cálculo do comprimento da leira (L)

- área da seção reta

$$As = \frac{2,5 \times 1,3}{2} = 1,62 \text{ m}^2$$

Densidade da massa de compostagem (D)

$D = 460 \text{ kg/m}^3$  - Conforme citado anteriormente

Cálculo das dimensões da leira de compostagem

Volume da leira de compostagem (V)

$$V = \frac{\text{Res. Orgânicos (kg)} + \text{Res. Palhosos (Kg)}}{\text{Densidade (kg/m}^3\text{)}}$$

$$V = \frac{1.578 + 1.578 \text{ (kg)}}{460 \text{ kg/m}^3} = 6,86 \text{ m}^3$$

Comprimento da Leira (L)

$$L = \frac{V}{AS} = \frac{6,86 \text{ m}^3}{1,62 \text{ m}^2} = 4,23 \text{ m}$$

Comprimento aproximando para  $L=4,3 \text{ m}$ .

Assim, as dimensões da leira são:

2,5m x 1,3m x 4,3m

Cálculo da área do pátio de compostagem

Área da base da leira ( $A_b$ ) = Largura x comprimento

$$A_b = 2,5 \times 4,3 = 10,75 \text{ m}^2$$

Supondo se tratar de um material cujo período de compostagem (fase inicial até sua maturação) seja de 120 dias, e que seja montada uma leira por dia, e área útil ( $A_u$ ) do pátio de compostagem será:

$$A_u = 120 \times 10,75 \text{ m}^2 = 1.290 \text{ m}^2.$$

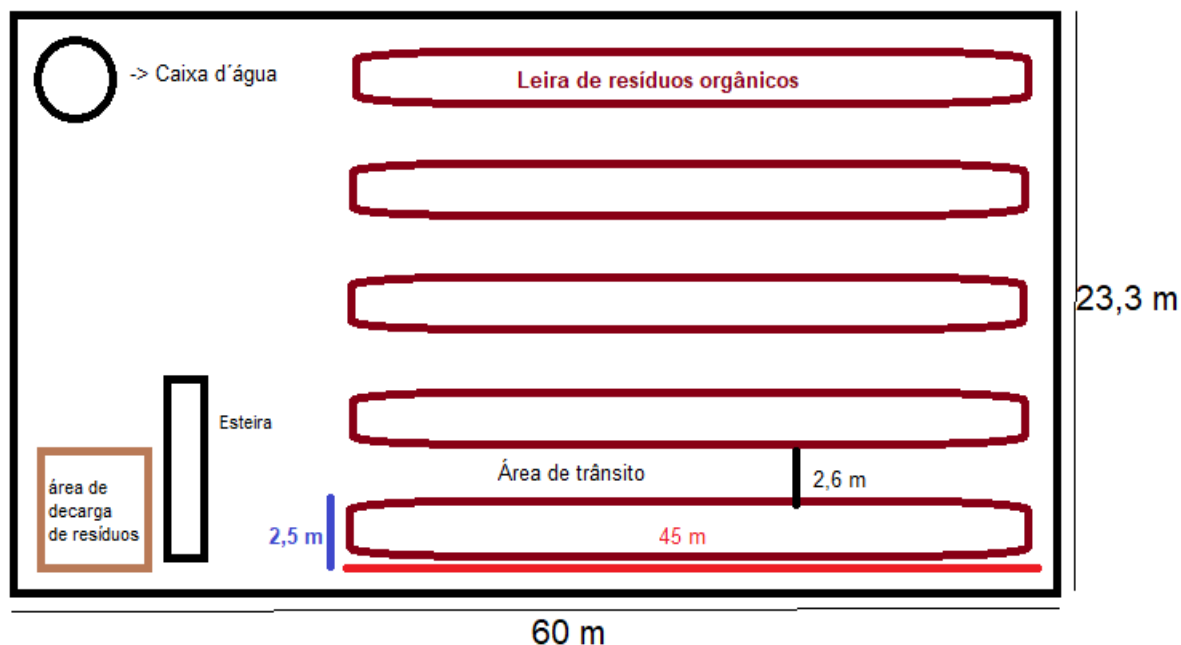
Adotando o coeficiente de segurança de 10% (devido a área de circulação), deve-se acrescentar 129 m<sup>2</sup>.

Assim a área total do pátio de compostagem será:

$$A_t = 1290 + 129 = 1.419 \text{ m}^2.$$

O projeto do barracão foi construído com 1400 m<sup>2</sup> e terá a distribuição das atividades no pátio conforme o croqui apresentado na Figura 23, onde há previsão de destinar uma área para realizara a descarga dos resíduos e pré-triagem, conforme o croqui.

**Figura 23 - Croqui de montagens das leiras no barracão.**



Fonte: Autoria própria, 2022.

### 7.3 Local de Implantação da compostagem.

A área proposta para a compostagem deve ser analisada conforme as necessidades da atividade, visto que a proximidade da área para descarte dos rejeitos e a área de estoque de matéria orgânica proveniente das podas e varrição será fundamental para reduzir custos no projeto. Local com baixa declividade, até 5%, é importante para facilitar o preparo e o manejo da pilha de composto, e que permita drenagem da área.

Para seleção da área para realização das atividades deve ser observadas as características adequadas para melhor desempenho da compostagem, conforme listados:

- Área plana;
- Proximidade das áreas de descarte de rejeito;
- Proximidade das áreas de depósito de resíduos de poda e varrição;
- Disponibilidade de água;
- protegido do sol e da chuva, pois a atividade será em realizada em um barracão;

- Fácil acesso para carga, descarga de resíduos e revolvimento.

A área licenciada para compostagem objeto desta proposta, é parte da área utilizada como aterro controlado em valas de Anhumas, localizada na estrada Municipal AHM 010, aproximadamente 1,5 KM do perímetro urbano do município de Anhumas. No aterro controlado em valas, com área de 2,42 ha, o barracão foi construído dentro da área do aterro onde não possui resíduos depositados.

Pela proximidade do município de Anhumas a Presidente Prudente, o local pretendido se encontra a aproximadamente 13 km do aeroporto de Presidente Prudente e a 7,5 km do aeródromo de Regente Feijó, medidas de mitigação de odores para evitar o que seja atrativo de aves serão implantadas, dentre as mais comuns neste método proposto é o revolvimento. Considerando que o local em questão é ampliação de um antigo aterro com valas já exauridas em 2010, no qual não foram registrados problemas com presença de aves ou outra infração neste sentido.

#### **7.4 Compostagem – Procedimento Operacional**

Após a definição do local para realização da compostagem, a coleta dos resíduos é uma parte fundamental para o bom desempenho da compostagem, neste município a coleta nas ruas ocorre três vezes por semana, as segundas, quartas e sextas-feiras e abrange toda malha urbana, após esta etapa, os resíduos deverão ser encaminhados ao barracão da compostagem, para serem manipulados pela equipe, é importante realizar a triagem dos resíduos, para retirada dos recicláveis (daqueles que resistem em não colocar na coleta seletiva) e parte dos rejeitos.

O material reciclável será acondicionado em bags e será direcionado ao barracão da coleta seletiva, instalado ao lado. Os rejeitos, ao final de cada dia de triagem, irão diretamente para as valas do aterro controlado e o restante que é a matéria orgânica presente nos resíduos será direcionado para formação das leiras.

As leiras serão formadas com camadas intercaladas entre resíduos de podas triturados, matéria orgânica e resíduos de varrição, conforme dimensionado apresentando proporções aproximada de 1 para 1 de cada material, conforme dimensionado. Ao formar pilhas com a matéria orgânica a ser degradada juntamente com folhas e galhos triturados, deve ser observado um padrão de continuidade das leiras, respeitando os resíduos que estão há mais tempo.

Conforme os métodos de realização apresentados, a previsão de utilização neste projeto será a técnica de leira revolvida, processo mecânico, para isto as mesmas devem ser montadas com aproximadamente 1,30 m de altura e 2,5 m de base, para que se adapte ao revolvimento mecanizado utilizando o revolvedor acoplado a um trator.

Para a montagem das leiras de produção, recomenda-se as seguintes dimensões:

- A. Largura entre 2,5m a 3,5m
- B. Altura de 1,5m a 1,8m
- C. Comprimento é livre, a depender da quantidade de resíduos gerada.

Utilizaremos a largura de 2,5m e altura de 1,5m, pois estas medidas são dimensionadas para uso do revolvedor adquirido para o projeto. As dimensões das leiras devem ser analisadas para que haja controle dos seguintes fatores:

- A. Pilhas altas aquecem demais;
- B. Pilhas baixas perdem calor demais;
- C. Pilhas estreitas e baixas perdem calor e umidade.

Outro fator importante será a preparação dos resíduos secos para serem introduzidos nas leiras. As coletas de resíduos de podas e sacos de folhas provenientes da limpeza das vias públicas da cidade, acontece duas (2) vezes na semana, terças e quintas-feiras. Ao chegar na área de estoque destes resíduos no aterro de resíduos da construção civil e inertes, os sacos de folhas são esvaziados manualmente por funcionários, onde os sacos são direcionados para a reciclagem. Já os resíduos de podas, formados por galhos, são direcionados para outra pilha onde são triturados, estas etapas já são realizadas, como forma de otimizar o espaço das baias. As Figuras 24 e 25 são registros dos resíduos estocados, onde são os resíduos de varrição e os resíduos de podas já triturados.

**Figura 24** – Fotografia digital de estoque de resíduos de varrição.



Fonte: Autoria própria, 2021.

**Foto 25** – Fotografia digital de estoque de resíduos de podas triturado.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Para montagem das leiras, deverão iniciar com as camadas de matéria orgânica seca (resíduos de poda e varrição) de 15 a 20cm de espessura, colocando em seguida camada de resíduos orgânicos úmidos (resíduos orgânicos domésticos).

Após o empilhamento desta camada, começa-se novamente a sequência dos materiais até que se atinja a altura de 1,5m. Depois procede a irrigação abundante, mas sem deixar que haja escoamento de água.

Quanto ao revolvimento da massa em compostagem, conforme apresentado por Silva (2009) nas conclusões de seu experimento de compostagem utilizando resíduos sólidos urbanos, o revolvimento das leiras pode ser semanal, visto que não houve diferença estatisticamente significativa quando o revolvimento foi realizado duas vezes por semana.

Após o revolvimento a temperatura deverá atingir novamente a temperatura ideal recomendada, em torno de 55°C, atentando-se sempre ao monitoramento para evitar que passe dos 65°C, o revolvimento poderá ajudar a controlar a temperatura, e a partir deste monitoramento repetir o processo sucessivamente até o 70º dia, quando o material estará semicurado e a temperatura estará estabilizada em torno

da temperatura ambiente. Como consequência, pode-se dizer que o composto estará pronto para uso entre 90 e 120 dias (PEREIRA NETO, 1996; KIEHL, 1998).

Além de ajudar a controlar a temperatura, o revolvimento diminui o excesso de umidade. Então para melhor compreensão do processo pode-se realizar o revolvimento quando a temperatura estiver maior que 65°C, a umidade estiver maior que 60%, podendo dificultar a oxigenação na leira e gerar maus odores e moscas.

Massukado (2008) comenta que as temperaturas na faixa de 65°C contribuem para a eliminação de possíveis microrganismos patogênicos e ervas daninhas.

Aos valores da temperatura quando ultrapassam 65°C, este excesso de calor pode restringir o desenvolvimento das bactérias e fungos e reduzir a atividade biológica. Para monitoramento da temperatura sugere realizar a introdução da termo sonda ou outro tipo de termômetro de solo com haste e fazer a planilha dos dados obtidos para analisar a curva de temperatura para esterilização ideal da leira e maturação do composto (Massukado,2008).

Quanto ao fornecimento de oxigênio à massa em compostagem, conforme apresentado por Silva (2009) nas conclusões de seu experimento de compostagem utilizando resíduos sólidos urbanos, o revolvimento das leiras pode ser semanal, visto que não houve diferença estatisticamente significativa quando o revolvimento foi realizado duas vezes por semana.

Com base em Kiehl (1985) a verificação de umidade também deve ser monitorada, pois um composto muito úmido faz com que a água ocupe os vazios impedindo o oxigênio de circular na leira, os valores ideais de umidade devem estar entre 50% e 60%, podendo contar com revolvimentos extras para reduzir umidade ou inserir água no processo caso necessário. Kiehl (1985) comenta que os limites adequados para o crescimento dos microrganismos variam entre 40% e 60% de umidade. A técnica do teste na mão é a mais simples para identificar a umidade ideal, ao pegar um pouco de composto e apertar na mão, o mesmo não pode pingar, pois isto significa que está com excesso de umidade e nem pode esfarelar pois indicará estar seco o suficiente para não se agrupar, o mesmo deve se apresentar como na Figura 26 abaixo.

**Figura 26** - Fotografia digital de teste de umidade ideal com 60%.



Fonte: Soso, 2019.

De acordo com (Teixeira et al., 2005) a mistura adequada de materiais na formação das leiras irá determinar o ritmo de maturação do composto. Os materiais ricos em carbono fornecem a matéria orgânica e a energia para a compostagem e os nitrogenados aceleram o processo de compostagem, porque o nitrogênio é necessário para o crescimento dos microrganismos.

Em condições aeróbias, a matéria orgânica é transformada em um composto estável após sua estabilização e humificação (BELO, 2011).

A humificação é o processo de transformação da matéria orgânica em húmus, que por sua vez húmus é a matéria orgânica depositada no solo, que resulta da decomposição de animais e plantas mortas, ou de seus subprodutos (Ferrera, 1986). De acordo com o mesmo autor, o húmus se forma através de um processo natural, produzido por bactérias e fungos do solo, e agentes externos como a umidade e a temperatura contribuem para a humificação.

Ao ocorrer à maturação do composto, o mesmo será peneirado, com auxílio da peneira rotativa, o composto peneirado será ensacado para posterior utilização e os rejeitos provenientes desta etapa final também serão encaminhados para o aterro em valas.

Deverão ser realizadas inspeções no pátio de operação da compostagem, analisando a caixa de contenção de chorume e a limpeza das canaletas coletoras.

Sempre que necessário o chorume será utilizado para umectação das leiras para melhor funcionamento do processo.

Para Kiehl (2009) o uso agrícola do composto orgânico é repleto de benefícios, podemos citar que além da melhora da fertilidade do solo, possui alta capacidade de reter água, proporciona aeração do solo, auxilia na retenção de nutrientes para as plantas, dentre outros benefícios fundamentais para alimentação das plantas, constituição e assimilação de nutrientes. Em suma, o composto orgânico proporciona considerável melhoria das propriedades físicas, físico-químicas e biológicas do solo, o que não pode ser obtido por nenhum fertilizante mineral (Kiehl, 2009).

### **7.5 Teste operacional – Piloto 1 – Considerando resíduos triados na fonte e com triagem no barracão.**

As Figuras 27 a 31 ilustram o teste operacional realizado durante um mês para identificação dos possíveis problemas que possam surgir da prática proposta de compostagem para o município de Anhumas e para entrega técnica do revolvedor proposto no projeto, além de criar uma imagem visual das etapas para a presente proposta. O processo operacional não foi iniciado, pois há pendência de aquisição de itens prevista no projeto, que inviabilizam neste momento a operação do projeto de forma definitiva. Conforme descrito o caminhão realizará a coleta dos resíduos domésticos, não recicláveis, e ao chegar no barracão realizará a descarga dos resíduos no piso do pátio.

**Figura 27** – Fotografia digital de descarga dos resíduos no pátio de compostagem.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Após o descarregamento dos resíduos no pátio, estes resíduos serão triados por duas equipes, a equipe que irá retirar os orgânicos úmidos – restos de alimentos, cascas de frutas, legumes, ou seja, os resíduos orgânicos provenientes das casas. Esta triagem será importante para o processo de decomposição da matéria orgânica e mais rapidez na formação do composto pronto, pois retirará boa parte dos rejeitos, e outros possíveis contaminantes. Outra equipe fará a triagem dos recicláveis, para remoção da fração que pode ser agregado valor e comercializado pela associação local.

Um fato importante é que as instalações elétricas da estrutura não estão prontas, por este fato, para a triagem não se utilizou a esteira conforme previsto no projeto. Conforme a Figura 28, as equipes contaram com apoio de tambores, bags e carrinho de mão para separação dos resíduos.

**Figura 28** - Fotografia digital de triagem dos resíduos orgânicos e recicláveis.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Após a triagem, os resíduos serão direcionados para formação das leiras, seguindo a sequência de formação, iniciando com a matéria orgânica seca – proveniente de resíduos de podas triturados e folhas, para formação da forração inicial, também chamada de “*cama*”, seguido com a camada de resíduos orgânicos úmidos e assim sucessivamente, repetindo as camadas de aproximadamente 20 cm de espessura até a altura desejada. A camada final deve ser de matéria orgânica seca. A Figura 29 apresenta a formação da cama com a matéria orgânica seca, conforme descrito anteriormente e a Figura 30 a formação da camada com resíduos orgânicos úmidos.

**Figura 29** – Fotografia digital de formação da leira de compostagem, iniciando pela forração da “cama”.



Fonte: Autoria própria, 2022.

**Figura 30** - Fotografia digital de sequência da leira com a camada de resíduos orgânicos provenientes da coleta doméstica.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Após a formação das camadas até a altura indicada, deverá proceder a formação da leira, fazendo forração de uma nova cama dando continuidade para o comprimento desejado da leira. A Figura 30 ilustra a continuidade de uma leira.

**Figura 31** – Fotografia digital de formação da leira até a altura de 1,5 m e processo de continuação da leira.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Após a leira alcançar a altura desejada, que no caso do tamanho padrão do revolvedor deste experimento será de 1,5 m, pode-se dar sequência de montagem na mesma leira, realizando uma nova forração da cama, “*esticando*” a leira até o tamanho desejado, e simultaneamente à continuidade da leira, inicia-se também o processo de monitoramento dos parâmetros indicadores, temperatura, odor, umidade, conforme já apresentado, de acordo com a necessidade do processo. Por falta dos itens necessários, principalmente a termo sonda, o teste operacional se limitará apenas na formação das leiras, revolvimento semanal e monitoramento visual de umidade, até o início integral das atividades.

## **7.6 Teste operacional – Piloto 2 – Considerando os resíduos triados apenas na fonte.**

Tendo em vista a possibilidade de outra maneira para realização do procedimento operacional, considerou-se a hipótese de realizar um segundo teste, de forma a realizar a compostagem sem uma triagem mais específica, considerando apenas a triagem que as pessoas realizam em suas casas, pois na cidade há coleta seletiva. Então considerando não ter triagem no barracão, seja por falta de mão de

obra ou outro fator, o procedimento apresentado neste experimento será realizar o descarregamento dos resíduos provindos da coleta dos resíduos domiciliares, não recicláveis, no pátio, fazer a forração da cama com a matéria orgânica seca, conforme descrito no teste 1, provindo de resíduos de podas triturados e folhas de varrição intercalando com os resíduos domésticos. Realizar a repetição das camadas de aproximadamente 30 cm de espessura, pois com os rejeitos, podem apresentar maior volume. Com auxílio da máquina retroescavadeira realizar a cobertura final da leira.

Após os resíduos serem descarregados no pátio, a equipe da compostagem rasgou as embalagens para evitar fermentação dos restos de comidas nos sacos plásticos, com auxílio da máquina realizou-se a formação da leira com os resíduos sem realizar triagem no local e houve o carregamento dos resíduos para a formação da leira, intercalando as camadas, conforme apresentado na Figura 32.

**Figura 32** - Fotografia digital de forração da "cama".



Fonte: Autoria própria, 2022.

Após os resíduos serem descarregados no pátio, a equipe da compostagem rasgou as embalagens para evitar fermentação dos restos de comidas nos sacos plásticos, com auxílio da máquina, realizou-se a formação da leira com os resíduos sem realizar triagem no local (Fig.33). Com auxílio da máquina, houve o carregamento dos resíduos para a formação da leira, intercalando as camadas (Fig.34 e 35).

**Figura 33-** Fotografia digital do processo de formação das leiras com resíduos.



Fonte: Autoria própria, 2022.

**Figura 34** - Fotografia digital de formação das leiras.



Fonte: Autoria própria, 2022.

**Figura 35-** Após término das camadas, finalização da leira com matéria orgânica seca.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Os testes operacionais foram realizados para treinamento da equipe sobre o funcionamento da compostagem e testes de equipamentos já entregues, como por exemplo, o revolvedor de composto. Não há resultados conclusivos sobre a qualidade e quantidade do composto, pois o sistema segue em fase de implantação.

### **7.7 Sistema de monitoramento ambiental**

O barracão possui 1400 m<sup>2</sup>, com piso de concreto, evitando assim que chorume infiltre diretamente no solo, o barracão é coberto para controle de agentes intempéricos, impedindo o excesso de umidade e assim o aumento de volume de água proveniente das chuvas, conforme a Figura 36. Haverá canaletas internas no barracão para coleta de chorume, que será encaminhado à caixa coletora, que quando necessário, será reutilizado para umidificar o processo de compostagem, por isso é de extrema importância o monitoramento da caixa de contenção, bem como a limpeza das canaletas.

As leiras serão monitoradas, com auxílio do termo sonda digital para aferição da temperatura. A umidade será checada através de observação visual e teste na mão, para revolvimento será realizado com auxílio do revolvedor para que seja feita a aeração, para acelerar o processo de decomposição. Serão monitorados pelos técnicos contratados e coordenadores do projeto três vezes por semana os seguintes parâmetros:

- Odor;
- Ocorrências: chuva excessiva, equipamento com problema, etc.;
- Temperatura da leira;
- Temperatura do ar/ambiente;
- Quantificar/recirculação do chorume.

O conteúdo do líquido excedente do composto consiste dos sais solúveis não retidos nos sítios de troca de íons na matéria orgânica e argila dentro da leira de compostagem, portanto a recirculação representa a destinação mais prática para esta fração líquida do processo e a análise do composto maduro incluirá a fração sólida. Em relação ao monitoramento dos odores pode-se ainda adotar uma planilha para registro da situação no dia do monitoramento por leira. Ao final serão

mensurados os volumes/massa de entrada e saída do sistema e a dinâmica das leiras com o uso do líquido recirculados, presença de odores, dinâmica de tamanho das leiras e temperatura.

Após a maturação do composto, amostras serão encaminhadas para um laboratório de análise, para verificar a qualidade do composto gerado através dos seguintes parâmetros: Ph, Sólidos totais, Sólidos totais fixos, carbono orgânico, nitrogênio nítrico, CTC – Capacidade de Redenção de Cátions, CRA – Capacidade de Retenção de água, macros e micro nutrientes totais e outros, se necessário.

Inácio (2009) considera um composto apto para uso agrícola e produção orgânica quando alcançam os índices satisfatórios de micro e macro nutrientes, metal pesado e ph, resultado do processo de coleta seletiva com valorização da fração orgânica e a separação na fonte, bem como a utilização de materiais secos não contaminados.

Por se tratar de um pátio de compostagem de pequeno porte apresenta todas as características descritas para os pátios de compostagem e por operar com um volume relativamente baixo de resíduos, demanda um acompanhamento simplificado.

**Figura 36 - Barracão para realizar compostagem.**



Fonte: Autoria própria, 2021.

## **7.8 Sistema de Efluentes**

Não será realizado o tratamento de efluentes para tratamento de chorume gerado pela compostagem, o mesmo será controlado através de material absorvente que será acrescentado ao composto (reutilização dos galhos triturados, proveniente das podas no município), porém em caso de geração, o pátio onde será realizada a atividade contará com calhas no interior do piso, que direcionarão para uma caixa coletora onde ficará armazenado e poderá retornar ao processo ou dar a destinação final adequada com tratamento em ETE terceirizada.

No processo da compostagem o ideal será controlar a geração do chorume, que em caso de geração em excesso poderá ser acrescentada matéria orgânica seca para absorver, acrescido de revolvimentos mais frequentes, pois os revolvimentos também auxiliam na aeração e controle de umidade das leiras, ou caso o chorume esteja acumulado nas caixas coletoras poderá ser lançado nas leiras para umectação quando as mesmas estiverem com umidade abaixo do ideal. A adição de chorume fornece microrganismos que vão beneficiar o processo de compostagem (Nunes, 2003).

## **7.9 Rendimento**

O rendimento final da compostagem é da ordem de um terço até metade do volume inicial, dependendo do material de origem e do teor de umidade, devido a este fator é o que se espera a redução de até 50% dos resíduos que iriam para o aterro controlado, sendo assim estima-se a produção de 12 ton/mês de composto. O composto estará curado, ou seja, pronto para o uso cerca de 120 – 150 dias após o início das operações.

O período de funcionamento será de segunda a sexta-feira das 8 às 17 horas, podendo contar com a presença de 6 pessoas, sendo um operador de máquina, para operar a retroescavadeira e trator, duas pessoas para formação das leiras e indicadores para manutenção, além de membros da ACARDA, cedendo até três catadores para retiradas dos recicláveis que persistirem na coleta convencional.

Sobre a equipe técnica uma pessoa poderá auxiliar nas demandas de orientações operacionais, os indicadores de eficiência e padrões de organização local.

### **7.10 Mitigação de aves**

A Resolução do CONAMA nº4, de 09 de outubro de 1995 (Conselho Nacional do Meio Ambiente) estabelece as Áreas de Segurança Aeroportuária (ASA):

Art. 1º São consideradas "Área de Segurança Aeroportuária – ASA" as áreas abrangidas por um determinado raio a partir do "centro geométrico do aeródromo", de acordo com o seu tipo de operação, divididas em duas categorias:

I – Raio de 20 km para aeroportos que operam de acordo com as regras de voo por instrumento (IFR);

II – Raio de 13 km para os demais aeródromos. Parágrafo único. No caso de mudança de categoria do aeródromo, o raio da ASA deverá se adequar à nova categoria.

Art. 2º Dentro da ASA não será permitida a implantação de atividades de natureza perigosa, entendidas como "foco de atração de pássaros", como, por exemplo, matadouros, curtumes, vazadouros de lixo, culturas agrícolas que atraem pássaros, assim como quaisquer outras atividades que possam proporcionar riscos semelhantes à navegação aérea.

De acordo com a notificação nº 13046 recebida do Segundo Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo do Comando da Aeronáutica (COMAER), o parecer foi favorável para instalação, porém medidas de proteção ambiental devem ser adotadas para mitigação de aves, visto que o centro de compostagem não seja ponto atrativo de fauna, gerando risco para os seguintes aeródromos:

- Aeródromo José Martins da Silva – Regente Feijó – Cod OAC SBDN.
- Aeródromo Presidente Prudente – Cod OAC SDYJ.
- Aeródromo Fazenda Pagador – Presidente Prudente – Cod OAC SIDO.

Os procedimentos operacionais deverão ocorrer de acordo com as orientações acima descritas que reduzem o odor gerado, evitando assim atrair aves, a mitigação das aves será realizada através das técnicas de aeração e controle de umidade das leiras, assim reduzirá a quantidade de chorume, manterá os micro-organismos no local, no qual realizam a decomposição do composto.

Além de a atividade ser realizada dentro de uma estrutura coberta na qual facilita o controle do processo e operacionalização, principalmente em dias chuvosos, conforme o croqui apresentado na Figura 37, o barracão será de 1400 m<sup>2</sup>.

### **7.11 Supressão vegetal**

Conforme apresentado pela Cetesb, em seu portal de licenciamento qualquer atividade que envolva a supressão de vegetação nativa depende de autorização, seja qual for o tipo da vegetação (mata atlântica, cerrado e outras) e o estágio de desenvolvimento (inicial, médio, avançado ou clímax). Mesmo um simples bosqueamento (retirada da vegetação do sub-bosque da floresta) ou a exploração florestal sob regime de manejo sustentável, para retirada seletiva de exemplares comerciais (palmito, cipós, espécies ornamentais, espécies medicinais, toras de madeira, etc) não podem ser realizados sem o amparo da autorização para supressão.

A supressão vegetal é um fator importante para ser observado, visto que toda atividade deve ser observada a presença de espécies arbóreas nativas ou exóticas. Para implantação desta atividade não haverá realização de supressão vegetal, visto que a área definida para implantação da compostagem se localiza dentro do terreno do aterro controlado e não há indivíduos arbóreos, conforme a figura 37, dentro da delimitação destacada em vermelho, há divisão entre as áreas denominadas como Aterro controlado em valas, aterro de resíduos da construção civil e inertes, área para triagem dos recicláveis e área onde foi construído o barracão da compostagem, nesta mesma imagem de satélite o barracão da compostagem segue inacabado, porém vale ressaltar que barracão já foi concluído.

**Figura 37 - Identificação da área antes da construção.**



Fonte: Google earth, 2021.

### **7.12 Equipamentos e Materiais solicitados junto ao projeto ao FID para efetividade do projeto**

Para o desempenho das etapas são necessários equipamentos, alguns mais específicos como o revolvedor de composto, outros necessários para suporte da equipe nas etapas, como por exemplo, um veículo, por isso o planejamento das etapas é muito importante para identificação dos insumos e recursos necessários para chegar ao produto final desejado.

Vale ressaltar que os itens não são limitados aos itens listados no quadro, pois para realizar o teste operacional, foram necessários itens que não foram previstos neste quadro, como por exemplo, EPI's, bombonas e carrinho de mão, porém estes itens são fundamentais para o desenvolvimento do projeto, os itens seguem listados no Quadro 2.

**Quadro 2 - Itens solicitados para aquisição no projeto.**

Quantidade	Unidade	Itens
4000	Unidades	Panfletos
4000	Unidades	Cartilhas
50	Horas	Anúncios nas ruas – carro de som
1	Unidade	Data show
1	Unidade	Tela de projeção
200	Horas	Consultoria de pessoa jurídica
1	Unidade	Veículo de apoio
1400	M²	Construção do pátio (piso e cobertura)
558,9	M²	Alambrado
1	Unidade	Caixa d'água
1	Unidade	Trator
1	Unidade	Revolvedor de composto
1	Unidade	Retroescavadeira
1	Unidade	Termo sonda
5	Unidade	Pás
5	Unidade	Enxadas
1	Unidade	Peneira rotativa
1000	Unidade	Sacos de ráfia
1	Unidade	Máquina de costura

Fonte: Assessoria de Agricultura e Meio Ambiente, 2019.

### **7.13 Utilização do composto orgânico**

Segundo Kiehl 1998, a maturidade do composto ocorre quando a decomposição microbiológica se completa e a matéria orgânica é transformada em húmus. Esse produto final da decomposição (húmus) é comumente utilizado para fins agrícolas, devendo deter de características físicas e químicas que facilitem o seu uso como fertilizante e/ou condicionador de solos, não podendo conter contaminação com metais pesados ou patógenos, uma vez que, havendo tais contaminantes, somente poderá ser empregado na adubação de plantas ornamentais e flores. Portanto, a técnica da compostagem foi idealizada para obter de forma mais rápida e parcialmente controlada a estabilização de materiais de origem orgânica. Matéria esses consideradas como subprodutos das indústrias e rejeitos sanitários das cidades. Promovendo a formação de um produto (composto), que poderá ser utilizado na agricultura, como alternativa a fertilização inorgânica de lavouras, além impor destino a essas matérias primas que estariam contribuindo para poluição ambiental.

O composto é uma alternativa, pois pode atuar perfeitamente como substrato para a produção de mudas. Além disso, um dos princípios da agricultura orgânica é a independência de materiais externos à propriedade, tornando desejável o desenvolvimento de substratos a partir da compostagem de matérias-primas locais (RESENDE et al., 2007). De acordo com Grassi Filho e Santos (2004), diversos tipos de compostos podem ser utilizados como substratos para o cultivo de espécies vegetais. Entretanto, em algumas situações, pode ser interessante fazer a misturas destes materiais com o objetivo de alcançar as melhores condições químicas e físicas para o crescimento das plantas.

Por ser tratar de um processo de compostagem ainda pioneiro no município de Anhumas, nos primeiros anos de trabalho, todo o composto produzido será utilizado, única e exclusivamente, no uso interno à prefeitura municipal, para melhoria da condição do solo de parques, praças e áreas de compensação ambiental com plantio de espécies arbóreas nativas de nossa região. Porém, após a estabilização e ganho de experiência da equipe de trabalho em todos os processos que são necessários para garantir um composto de qualidade e também após as testagem e avaliação econômica do produto, há possibilidade de procurar o órgão

competente para registro e possível comercialização através de uma cooperativa do composto produzido.

Para estimarmos o uso do composto, recorreremos à literatura e verificou-se que vários autores citam o composto de resíduos domésticos como eficiente para fertilização do solo.

De acordo com FERRO NETO (1997), uma tonelada de composto orgânico de lixo urbano no Brasil fornece aproximadamente 8 kg de N, 2 kg de P e 3 kg de K, indicando dessa forma que as dosagens deste produto para uso agrícola deverão ficar entre 10 e 20 ton/ha.

Aplicações sucessivas de composto de lixo urbano em solos calcíticos com centeio e hortaliças, nas dosagens de 150 a 400 ton/ha, durante oito anos, promoveram aumentos nos níveis de P orgânico e P disponível, resultando numa absorção maior de P pelas plantas (CABRERA *et al.*, 1991).

Enquanto a aplicação de composto de lixo urbano em solos arenosos plantados com sorgo aumentou o pH, a matéria orgânica, as bases trocáveis, a CTC e reduziu o potencial de acidez (ALVES; MELO; FERREIRA, 1999). DIAZ BARRIENTOS *et al.* (1999) verificaram aumentos no conteúdo de metais no solo que, em geral foi causado pela contribuição dos metais originalmente presentes no composto de lixo urbano.

Vários experimentos de uso de resíduos urbanos em mudas de espécies arbóreas comprovaram a eficiência desta prática para o aumento do crescimento das plantas (HENRY, 1986; SEVA *et al.*, 1996a). BAZZOFFI *et al.*, em 1998, estudaram o efeito da aplicação de composto de lixo urbano em cultura de milho e verificaram um efeito positivo nas propriedades físicas do solo e na redução da erosão e do escoamento superficial da água. CADILON, LACASSI e BEL VAUX (1999), também comprovaram que o composto orgânico de lixo urbano aumenta a estabilidade estrutural, a capacidade de retenção de água e a porosidade de solos salinos.

No município de Anhumas as áreas verdes totalizadas somam 52.101 m<sup>2</sup>. Na Tabela 8 foi feito um levantamento das possíveis áreas e praças que demandam de adubações constantes e suas respectivas localizações.

**Tabela 8 - Áreas para utilização do composto produzido.**

<b>Local e endereço</b>	<b>Área (m²)</b>
PORTAL DA CIDADE CRISTO – Rua Vicente José, 211 – Jardim Paulista	3.888
<b>PRAÇA DO IDOSO – Rua Alfredo Rodrigues, 1330 – Jardim Paulista</b>	<b>298</b>
PRAÇA ARNALDO OBREGON – Rua Nicola de Cápua, s/n – Jardim Paulista	1.050
<b>CENTRO COMUNITÁRIO – Rua Vicente José, 113 - Centro</b>	<b>1.101</b>
CEMITÉRIO CRISTO REDENTOR – Rua Vicente José 1030 – Centro	11.000
<b>VELÓRIO MUNICIPAL – Rua Vicente José, 1095 – Centro</b>	<b>154</b>
PRAÇA PADRE NIVALDO – Rua Vicente José, s/n – Centro	700
<b>CASA DA AGRICULTURA – Rua Vicente José, 1150 – Centro</b>	<b>3.000</b>
CRECHE ESCOLA PROF. EDE DUELA, Rua Vicente Lopes Ramon, 1125 – VIUnião	1.500
<b>EMEF AIRTON PALMIRO – Rua José Lopes Martins, 400 – VIUnião</b>	<b>2.900</b>
CENTRO DE SAÚDE MARINA CEOLIN LOPES – Rua Vicente José, 669 – Centro	148
<b>PRAÇA DA MATRIZ – Praça João Kivillus, s/n – Centro</b>	<b>3.100</b>
PISCINA MUNICIPAL – Rua José Lopes Martins, s/n -	200
<b>CENTRO DE SAÚDE ALADIA ARAN RODRIGUES / CENTRAL DE AMBULANCIA E FISIOTERAPIA – Rua José Lopes Martins, 250</b>	<b>200</b>
CRECHE CLOTILDE TREVISAN LOPES – Rua Segundo Manoel Gardin, 3255 – Jardim Esplanada	949
<b>PRAÇA JOSÉ PIVARO – Praça José Pivaro, s/n – Jd. Esplanada</b>	<b>611</b>
PRAÇA POLIESPORTIVA – Rua João Menossi, 1327 – Centro	3.500
<b>PORTAL II E AVENIDA - Rua Fernando Cachefo, 1113 -Centro</b>	<b>1.088</b>

Local e endereço	Área (m²)
AVENIDA CASA DA AGRICULTURA ATÉ ROTATÓRIO CDHU -	1.092
<b>PRAÇA CLOSADIR FUZARO – Rua Fundador Joaquim Pereira Loureiro – Conj. Hab. Jorge Sereguete</b>	<b>7.035</b>
CENTRO COMUNITÁRIO ATALIBA RODRIGUES – Rua Geraldo Rodrigues Arruda, 293 – Jd. IV	987
Centenário e PRAÇA JOÃO ZACHI <b>RODOVIÁRIA – R. Padre João Kivillus, 613 – Centro</b>	<b>200</b>
PREFEITURA MUNICIPAL – Rua Domingos Ferreira de Medeiros, 496 - Centro	100
<b>CONSELHO TUTELAR – Rua Vicente José, 296 - Centro</b>	<b>100</b>
<b>Total: 52.101,00 m² (5,2 ha)</b>	

Fonte: Assessoria de Agricultura e Meio Ambiente, 2019.

Além das áreas verdes, o município possui débito aproximado de 20.000 mudas de espécie a serem plantadas para comprimento dos TCRA em momento oportuno, adotando o espaçamento de 3 m x 2 m, **será necessário de 12 ha para plantio.**

Baseando-se nos estudos preliminares, do uso do composto de resíduos domésticos temos:

Taxa de aplicação adotada: entre 10 a 20 toneladas/ha

Área para reflorestamento: 12 ha

Área Verdes: 5.2 ha

**Área total: 17.2 ha**

Portanto, estima-se que para uma única adubação com composto orgânico seja necessárias mais de 300 toneladas de composto orgânico. Levando em consideração que a produção mensal de composto não ultrapassara 12 toneladas mês, podemos afirmar que serão necessários 2 anos de produção para atender a demanda interna.

## 8. EDUCAÇÃO AMBIENTAL

As campanhas educativas contribuem para mobilizar a comunidade, para sua participação efetiva e ativa na implantação da coleta seletiva de resíduos sólidos, ou outras campanhas, separando os materiais recicláveis e/ou reutilizáveis diretamente na fonte de geração.

Prestes a iniciar efetivamente as atividades previstas no plano de trabalho sobre a compostagem no município de Anhumas, a intensificação das atividades de educação ambiental, principalmente voltada à importância da segregação dos resíduos sólidos recicláveis na fonte, deve ser o elemento fundamental para o bom desempenho das etapas do processo.

Assuntos relacionados à adesão da população quanto à separação correta dos diferentes resíduos gerados em sua residência, conhecimento das dificuldades encontradas pelo município em realizar a destinação final ambientalmente adequada e toda mão de obra e recursos que envolvem para tal atividade são importantes para sensibilização das pessoas quanto aos benefícios esperados, por isso realizar a divulgação do projeto associado às ações de educação ambiental deve ser um elemento necessário para produção e qualidade final do composto.

Lanfredi (2002) discorre sobre a educação ambiental na formação da personalidade:

A educação ambiental objetiva a formação da personalidade despertando a consciência ecológica em crianças e jovens, além de adulto, para valorizar e preservar a natureza, porquanto, de acordo com princípios comumente aceitos, para que se possa prevenir de maneira adequada, necessário é conscientizar e educar. A educação ambiental é um dos mecanismos privilegiados para a preservação e conservação da natureza, ensino que há de ser obrigatório desde a pré-escola, passando pelas escolas de 1º e 2º grau, especialmente na zona rural, prosseguindo nos cursos superiores.

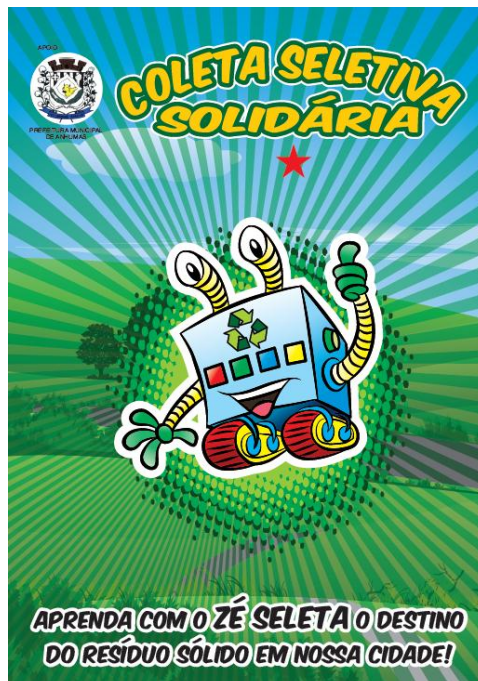
A produção de resíduos é constante, por isso a preocupação sobre como e onde dispor de quantidades de resíduos cada vez maiores vai além de buscarmos apenas por lugares de destinações cada vez maiores, mas também do apelo para a responsabilidade compartilhada, de envolver a população sobre a responsabilidade de realizar a segregação dentro de suas casas, de se preocupar com a destinação de seus resíduos, e a partir daí que o trabalho de educação ambiental se encaixa;

Além das atividades já realizadas pelos professores nas escolas, são feitos de diversas formas para toda a população. São realizadas ações porta a porta, através dos agentes de saúde, anúncios nas ruas com carros de som, panfletos, cartilhas informativas, reuniões de conselhos, reuniões de pais e alunos, campanhas cujo divulgações ocorrem também nas redes sociais.

A equipe da ACARDA que realiza a coleta seletiva, além de seu serviço prestado juntamente ao setor de limpeza urbana, também são agentes importantes na realização da educação ambiental, pois são pais de famílias do município, que se tornam agentes conhecidos pela comunidade, sua coleta acontece porta a porta acompanhada com o jingle da coleta [*djingou*] (que significa literalmente "tinido" em português) é um termo da língua inglesa que se refere a uma mensagem musical publicitária e elaborada com um refrão simples e de curta duração, a fim de ser lembrado com facilidade. É uma música feita exclusivamente para um produto, empresa ou político, chamando a população a colaborar com o meio ambiente através do verso – vem pra cá reciclar, ajude o meio ambiente, vamos preservar, eu quero ver, nossa cidade reciclando pra valer. Além da importância que seu trabalho desempenha a coleta seletiva, deve ser vista não somente como a “coleta de Lixo”, mas como a coleta para aproveitamento de matéria prima, fonte de renda para famílias, oportunidade de trabalho, além dos diversos benefícios relacionados ao meio ambiente está atrelada ao bom funcionamento da compostagem.

Nas ruas, nas casas, nas escolas, todo lugar é local para aprendizado e bons exemplos. Como ferramenta de intensificação da divulgação da coleta seletiva em 2012 foi elaborada pela equipe da assessoria de agricultura e meio ambiente uma cartilha para divulgação do projeto que se iniciava na época, este material foi trabalhado nas escolas e pelo conteúdo repleto de atividades interativas, como páginas para colorir e jogos como caça palavras, fez com que este material fosse guardado, utilizado por mais tempo, enfim levado para casa como tarefa (Fig.38).

**Figura 38** - Capa da cartilha de educação ambiental sobre coleta seletiva.



Fonte: Assessoria de agricultura e meio ambiente, 2012.

Como modelo para divulgação do projeto da compostagem, optou-se em repetir a ação realizada no ano de 2012 com a cartilha. Foi elaborado um material para educação ambiental em formato também de cartilha, onde o conteúdo deste faz referência à compostagem como parceira da coleta seletiva, tendo o atual projeto o mascote Compostito como parceiro da edição anterior - o Zé Seleta (Fig.39).

**Figura 39** - Capa da cartilha de educação ambiental sobre compostagem.



Fonte: Assessoria de agricultura e meio ambiente, 2022.

A compostagem pretende trazer consigo a melhoria do gerenciamento dos resíduos sólidos local e realizar o aproveitamento de uma fração considerável de todo resíduo que atualmente segue sendo tratado como rejeito.

Em 2020, como ação de divulgação do projeto, a equipe da assessoria de agricultura e meio ambiente da Prefeitura Municipal de Anhumas, juntamente com estagiários, iniciaram o trabalho de introdução do termo compostagem para a população local. Foram realizados questionamentos simples, sobre a separação do lixo: se conhece o que significa compostagem, se considera importante. Os questionamentos foram realizados em bairros distintos da cidade, o número de entrevistados foi de 115 pessoas, porém logo as entrevistas tiveram que ser interrompidas pelo crescente número de caso de Covid-19.

**Figura 40** – Fotografia digital do questionário utilizado nas entrevistas.



**PREFEITURA MUNICIPAL DE ANHUMAS**  
 C.N.P.J. (MF) 44.853.331/0001-40  
 Rua Domingos de Medeiros, 496 – Telefone: (18) 3286-1140  
 CEP 19.580-000 – ANHUMAS – Estado de São Paulo

**QUESTIONÁRIO COMPOSTAGEM**

Data: \_\_/\_\_/\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Bairro: \_\_\_\_\_ Telefone: \_\_\_\_\_

1) Você separa seu lixo?  
 ( ) Sim ( ) Não

2) Você sabe o que é compostagem?  
 ( ) Sim ( ) Não

3) Você sabe para que serve o composto orgânico?  
 ( ) Sim ( ) Não

4) Você sabe a importância de um Centro de Compostagem?  
 ( ) Sim ( ) Não

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5) Dos seguintes itens quais podem ou não podem ir para compostagem? (Responda com S para Sim e N para não)

( ) Restos de legumes, verduras, frutas, alimentos;

( ) Vernizes, restos de tinta, óleos, produtos químicos, restos de produtos de limpeza, óleos combustíveis, gasolina, removedores de tintas, etc...

( ) Filtros de café, cascas de ovos e saquinhos de chá;

( ) Fezes de animais domésticos, papel higiênico, fraldas;

( ) Galhos, folhas, cascas, podas de árvores;

( ) Papel de cozinha, caixas para ovos e jornal;

( ) Palhas secas e grama;

( ) Vidros, metais, plásticos;

( ) Couros, borrachas, tecidos.

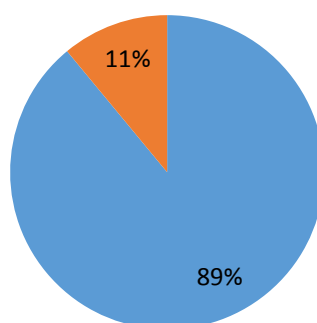
Fonte: Assessoria de Agricultura e Meio Ambiente, 2020.

Conforme os resultados obtidos do questionário, através da colocação dos dados em gráficos, foi possível analisar que 89% dos entrevistados realiza a separação dos recicláveis para coleta seletiva e que o termo compostagem ainda é

algo novo para a população, por consequência não sabem como funciona, conforme informado por 75% dos entrevistados. Esta ação foi realizada conforme o último censo (2010) realizado no município, com 3% da população.

### Separam os recicláveis

■ Sim ■ Não

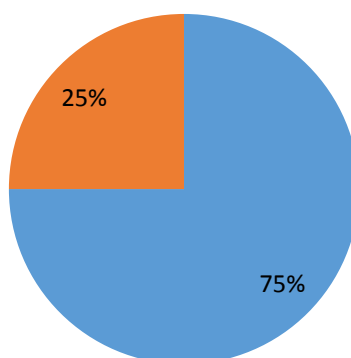


Fonte: Autoria própria, 2022.

**Figura 42** - Gráfico de Porcentagem de pessoas que sabem o que é compostagem.

### Sabem o que é compostagem

■ Não ■ Sim



Fonte: Autoria própria, 2022.

Para auxiliar as pessoas quanto aos conceitos e funcionamento da compostagem foi elaborado um folder e entregue para aquele que tinham interesse

em realizar a leitura do mesmo, além de informar também a população que este projeto está previsto para acontecer no próprio município. A Figura 43 apresenta o conteúdo colocado no folder entregue para as pessoas entrevistadas.

**Figura 43 -** Panfleto informativo sobre compostagem.



Fonte: Assessoria de Agricultura e Meio Ambiente, 2021.

Dando continuidade às ações previstas de educação ambiental, no ano de 2021, como etapa do retorno das atividades presenciais, foi realizado o projeto de Alfabetização Ambiental que teve como objetivo capacitar os professores, que são propagadores da sensibilização ambiental para os alunos, incentivando-os a discutir os temas propostos em suas casas, formar uma população sensibilizada, consciente e preocupada com o meio ambiente, comprometida em colaborar individual e coletivamente na resolução de problemas ambientais atuais diversos, principalmente os relacionados ao gerenciamento de resíduos sólidos do município de Anhumas, visando otimizar a segregação correta colaborando com a Associação de catadores local, a vida útil do aterro controlado dentre outros benefícios ao meio ambiente. E assim fazer com que o aluno perceba a importância do homem na transformação do meio em que vive e o que as interferências negativas têm causado à natureza, como a poluição do ar, da água, do solo.

Com o retorno das atividades escolares, em 2022, os alunos das escolas municipais e estadual do município tiveram como atividade na Semana do Meio Ambiente a divulgação do projeto de compostagem e o gerenciamento dos resíduos sólidos municipal. Conforme a proposta da Alfabetização Ambiental, não se deve apenas falar sobre educação ambiental nas datas comemorativas, mas sim no dia a dia. Segundo Medina (2001), o tema Educação Ambiental (EA) não deve ficar restrito a atividades paralelas, como, por exemplo, palestras, plantio de árvores, coleta seletiva, etc., mas sim estar incorporado ao conteúdo escolar, ou seja, deve ser abordado diariamente. A atividade foi apresentada para todos os alunos dos ensinos fundamental e médio do município de Anhumas.

A atividade foi apresentada para todos os alunos dos ensinos fundamental e médio, conforme Figura 44.

**Figura 44** - Divulgação do projeto Compostando Anhumas para os alunos.



Fonte: Assessoria de Agricultura e Meio Ambiente, 2022.

Como resultados das ações de educação ambiental nas escolas, foram participantes das atividades mais de 550 pessoas, entre alunos e professores, que, com base nos dados do último censo (2010), correspondem a aproximadamente 14% da população total do município.

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação à questão dos resíduos sólidos, o município de Anhumas está realizando a implantação de compostagem da fração orgânica presente na coleta dos resíduos sólidos urbanos. Por trabalhar empenhado em respeitar as ações voltadas ao gerenciamento dos resíduos sólidos e preocupada com meio ambiente, é que despertou o interesse em dar mais um passo adiante nas ações previstas na Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305/2010 em seu art. 36, inciso V cita - implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido.

Ao analisar as atividades realizadas continuamente pelo município, pôde-se observar que este realiza a gestão e gerenciamento dos diferentes resíduos gerados e se preocupa em realizar a destinação final adequada para cada um deles, estando realizando até a mediação dos resíduos previstos em lei para a logística reversa.

Para busca de dados publicados sobre o município de Anhumas, foi realizada a investigação no PMGIRS do município, no qual o ano de publicação segue sendo 2015 a última versão, pôde-se observar que o município já realizou muitas metas propostas, onde nas quais não estava prevista a implantação da compostagem no município, ficando como proposição a atualização de dados do município bem como a inclusão da compostagem.

Conforme apresentado, o poder público do município incentiva e várias campanhas voltadas à destinação final adequada de resíduos sólidos em geral, porém pode ser considerada uma ação de grande valia, inserir campanhas no âmbito de redução de desperdício de alimentos, tanto nas casas, prédios públicos, bem como em supermercados e quitandas locais, para este último introduzir divulgação de preços mais acessíveis para alimentos que apresentarem algum defeito ou mais maduros.

Sobre as questões financeiras que envolvem as etapas desde a coleta até a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos, os municípios podem utilizar como ferramenta elaborar projetos voltados à sua demanda local, seja compostagem, coleta seletiva ou até mesmo o próprio caminhão compactador. Porém para obter bons resultados nos projetos, é necessário ter em vista a necessidade de formação de cidadãos conhecedores e

ambientalmente educados para contribuir com as ações previstas, pois são os munícipes os geradores dos resíduos urbanos, e estes mesmos são os principais aliados que devem estar dispostos a colaborar com os projetos para que deem certo, por isto a educação ambiental deve ser contínua e abranger toda a população.

Com os testes operacionais realizados, pôde-se observar que a proposta para implantação do sistema de compostagem, alvo desta pesquisa, alcança o objetivo proposto, visto que os itens previstos para montagem e manutenção do sistema são suficientes.

Conforme apresentado no teste operacional 1, com a segregação dos resíduos orgânicos dos rejeitos, há resultados obtidos em estudos que comprovam que evidenciam que os teores de metais pesados estavam abaixo dos limites estabelecidos pela NBR 10004 – Resíduos Sólidos, da Associação Brasileira de Normas Técnicas. Concluindo que o resultado já era esperado, em decorrência do processo de separação do lixo orgânico usado na compostagem feita por catação manual em plataforma fixa.

Silva (2009) aponta em seus resultados sobre a compostagem com resíduos sólidos orgânicos, que embora tenha havido grande presença de recicláveis e rejeito na massa compostada, foi possível obter um composto de boa qualidade, como mostraram as análises realizadas em laboratório, ou seja, a presença de inorgânicos nas leiras de compostagem não prejudica a degradação biológica dos resíduos sólidos orgânicos. Por isso a realização do teste operacional 2, com triagem apenas na fonte.

Diante do exposto, ainda não é possível afirmar quanto ao funcionamento do processo e a obtenção efetiva do composto pronto. Entretanto, pode-se afirmar que o projeto é um importante instrumento para o gerenciamento de resíduos sólidos no município, principalmente na atual situação, pois pretende tratar a maior fração dos resíduos domésticos coletados, que é a fração orgânica, bem como corrobora para a sustentabilidade do ambiente, reduzirá a fonte de poluição, já que o aterro ainda possui anos de vida útil, e poderá servir como fonte de aprendizado para os municípios vizinhos.

## **SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

- Realizar o monitoramento, visando avaliar a eficiência dos métodos utilizados para análise do composto final obtido;
- Determinar através de pesagens atuais os dados quantitativos para dimensionamento real do aumento da vida útil do aterro, rendimento do composto produzido e os benefícios ao meio ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2013**. São Paulo, 2014. 112 p. Disponível em: [ [Links](#) ]. Acesso em: 08/08/2022.

ABREU, M. F. **Do lixo à cidadania: estratégias para a ação**. Brasília: Caixa, 2007.

AGOSTINHO, F.; ALMEIDA, C. M. V.; BONILLA, S. H.; SACOMANO, J. B.; GIANNETTI, B.F. **Estação de tratamento de resíduos sólidos urbanos no Brasil: há rendimento energético líquido do materiais recuperados**. Resources, Conservation and Recycling, v. 73, p. 143-155, 2013.

ALEXANDER, M. 1977. **Introdução à microbiologia do solo**. 2 ed. New York, John Wiley & Sons, 467 p.

ALVES, W. L.; MELO, W. J.; FERREIRA, M. E. **Efeitos do composto de lixo urbano em solo arenoso e plantas de sorgo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 729- 736,1999.

AQUINO, A. M. **Integrando Compostagem e Vermicompostagem na Reciclagem de Resíduos Orgânicos Domésticos**. EMBRAPA. Circular Técnica. n. 12. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 13591: **Compostagem**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004 **Resíduos Sólidos – Classificação**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: 2004.

BAZZOFFI, P.; PELLEGRINI, S.; ROCCHINI, A; MORANDI, M; GRASSELLI, O. **O efeito do composto de lixo urbano e diferentes pneus de tratores nas propriedades físicas do solo erosão do solo e produtividade do milho**. Soil and Tillage Research, Amsterdam, v. 48, p. 275-86, 1998.

BELO, S. R. S. **Avaliação de fitotoxicidade através de *Lepidium sativum* no âmbito de processos de compostagem**. 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Ambiente, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.

BIDONE, F.R.A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos, EESC/USP, 1999, 120p.

BRASIL. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos: diagnóstico dos resíduos urbanos, agrosilvopastoris e a questão dos catadores**. Brasília: Comunicado do Ipea/presidência, 2012.

BRASIL. Lei nº12.305, 2 de agosto de 2010. **Institui a política nacional de resíduos sólidos**; altera a lei nº9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 2010.

CABRERA F.; MURILLO, J. M.; LOPEZ, R.; HERNANDEZ, J. M. **Destino do fósforo adicionado com composto urbano a um solo calcário**. Journal of a Environmental Science and Health, New York, v. 26, n. 1, p. 83-97, 1991.

CADILON, M.; LACASSI, J. C.; BELVAUX, E. **Consideração do papel do composto de resíduos orgânicos urbanos para o desenvolvimento e manutenção de solos salinos**. REGIONAL SYMPOSIUM, 1999, Irbid. Proceedings, 1999. p. 465-471, 1999.

CARVALHO, C.R.B. **Compostagem de resíduos verdes e orgânicos alimentares**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de pósgraduação e pesquisa de engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CETESB (São Paulo). **Inventário estadual de resíduos sólidos urbanos 2021** [recurso eletrônico] / CETESB; coordenação técnica e redação Maria Heloisa de Pádua Lima ; equipe técnica Marilda de Souza Soares... [et al.] - São Paulo : CETESB, 2022.

COSTA, M.S.S.M. **Caracterização dos rejeitos de novilhos superprecoces: reciclagem energética e de nutrientes**. 2005. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp, Unesp, Botucatu, São Paulo.

DA SILVA, L.N. **Processo de compostagem com diferentes porcentagens de resíduos sólidos agroindustriais**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de

Recursos Hídricos e Meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná.

DE BERTOLDI, M; VALLINI, G.; PERA, A. **A biologia da compostagem**. a review. Waste Management and Resource, vol. 1, n. 2, p. 157-176, 1983. Disponível em: [ [Links](#) ]. Acesso em: 08/08/2022.

DIAS-BARRIENTOS, E.; MADRID, L.; CARDO, I.; MICHALKE, B.; SCHRAMMEL, P. **Influência da adição de resíduos orgânicos no teor de metais de um solo**. Fresenius' Journal of Analytical Chemistry, Berlin, v. 363, n 5/6, p. 558-561, 1999.

FERREIRA, A. B. H. **Novo Dicionário da Língua Portuguesa**. 2ª edição. Rio de Janeiro. Nova Fronteira. 1986. p. 909.

FERRO NETO, **A Solução regional para o aproveitamento do lixo urbano**. In: WORKSHOP SUL-AMERICANO SOBRE USOS ALTERNATIVOS DE RESÍDUOS DE ORIGEM FLORESTAL E URBANA 1997, Curitiba. Anais. Colombo: Embrapa Florestas, 1997. p. 157- 163.

FREITAS, E. R. de. **Curso Regional em Agricultura Ecológica: Conceituação**. Site do Instituto de Economia Agrícola (IEA). 1999. Disponível em: (<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=586#:~:text=Ciclo%20da%20mat%C3%A9ria%20org%C3%A2nica%20%E2%80%93%20as,e%2Fou%20I%C3%ADquidos%20enquanto%20vivem>), Acesso em: 19/07/2022.

FUZZI, F. R; LEAL, A. C. **Resíduos sólidos urbanos no município de Pirapozinho, São Paulo, Brasil: impactos socioambientais recorrentes da disposição em local inadequado (lixão) e dificuldades e desafios na organização dos catadores de materiais recicláveis**. Geosaberes, Fortaleza, v. 6, número especial (3), p. 217 - 229, Fevereiro. 2016.

GONDO, B. Compostagem e o Futuro da Gestão de Resíduos Orgânicos. Site: Futura QSMA. 2021. Disponível em: (<https://www.futuraqsma.com.br/compostagem-e-o-futuro-da-gestao-de-residuos-organicos>.) Acesso em: 19/07/2021.

GRASSI FILHO, H.; SANTOS, C. H. **Importância da relação entre os fatores hídricos e fisiológicos no desenvolvimento de plantas cultivadas em substratos**. In: BARBOSA, J.G.; MARTINEZ, H. E .P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. N. (Eds.) Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato. Viçosa: UFV, 2004. p.78-91.

GAJALAKSHMI, S.; ABBASI, S.A. **Gestão dos resíduos sólidos por compostagem: estado da arte**. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, v.38, n.5, 2008.

HENRY, C. L. **Resposta ao crescimento, mortalidade e concentrações foliares de nitrogênio de quatro espécies arbóreas tratadas com papel e celulose e lodos municipais**. In: COLE, D. W.; HENRY, C. L.; NUTTER, W. L. The forest alternative for treatment and utilization of municipal and industrial wastes. Seattle: University of Washington Press, 1986. 582 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: 2008**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Rio de Janeiro, 2010. 219 p. Disponível em: [ [Links](#) ]. Acesso em: 08/08/2022.

IKUTA, Flávia Akemi. 128r **Resíduos sólidos urbanos no Pontal do Paranapanema – SP: inovação e desafios na coleta seletiva e organização de catadores** / Flávia Akemi Ikuta. - Presidente Prudente : [s.n], 2010 235 f. : il.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M (2009). **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156 p.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos**. Relatório de pesquisa. Brasília, 2012. 82 p. Disponível em: [ [Links](#) ]. Acesso em: 08/08/2022.

IPEA, I. D. P. E. A. **Situação Social das Catadoras e dos Catadores de Material Reciclável e Reutilizável - Brasil**. p. 76, 2013.

JARDIM, N. S. (coord.) **Lixo Municipal: Manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: IPT/CEMPRE, 1995.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda., 1985.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba,:E. J. Kiehl, 1998.

KIEHL, E.J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. Piracicaba**: [s. n.], 2002. 171p.

KIEHL, Edmar José. 2009. Agrodqv. **Perguntas e respostas**. Disponível em <http://www.agrodqv.com/faq/>.

KUMAR, K.; HUNDAL, L.S. 2016. **Solo na Cidade: Melhorando Sustentavelmente os Solos Urbanos**. *Revista de Qualidade Ambiental*, v. 45, n. 1, p. 2-8.

LACERDA, GLEIDE BORGES MORAES. **A Reciclagem e a Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos Secos em Nilópolis – A Experiência do Ecoponto do Cabral: Estudo de Caso** [Rio de Janeiro] 2004.

LANDIM, Ana Paula Miguel et al. **Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil**. *Polímeros* [online]. 2016, vol.26, n.spe, pp.82-92. Epub Jan 19, 2016. ISSN 1678-5169.

LANFREDI, Geraldo Ferreira. **Política ambiental – Busca da efetividade de seus instrumentos**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2002.

LEAL, A. C. (Coord.). **Resíduos sólidos no Pontal do Paranapanema**. [Presidente Prudente?]: UNESP-FCT, 2004.

LIMA, L. M. Q. (2004). **Lixo: tratamento e biorremediação**. São Paulo: Editora Hemus.

MARTINS, Caroline. Entenda as diferenças entre lixão, aterro controlado e aterro sanitário. Trilho Ambiental, 2019. Disponível em: <<https://www.trilhoambiental.org/consultoria-ambiental>> Acesso em: 08/08/2022.

MASSUKADO, L. M. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares**. 2008. 204 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

MEDINA, Naná Mininni. **A formação dos professores em Educação Ambiental. SEF. Panorama da educação ambiental no ensino fundamental**. Brasília: MEC/SEF, p. 17-24, 2001.

MERCKEL, A. J. **Gerenciamento de resíduos de gado**. Westport: Avi Publishing Company, 1981.

NUNES, M.L. Appendino. **Avaliação de procedimentos operacionais na compostagem de dejetos de suínos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 101f. 2003.

OLIVEIRA, E.C.A. et al. **Compostagem**. 2008. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Compostagem\\_000fhc8nfqz02wyiv80efh b2adn37yaw.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Compostagem_000fhc8nfqz02wyiv80efh b2adn37yaw.pdf)>. Acesso em: 08 mai.2018.

OLIVEIRA, R. C. **Escolha de área para aterro sanitário em meios porosos: O caso do município de Anhumas (SP)** – Presidente Prudente, 2015.

Ortiz, Giovanna. **Dimensionamento de pátio de compostagem**. Site Slide Share, 2013. Disponível em: <[https://pt.slideshare.net/GiovannaOrtiz/dimensionamento-de-ptio-de-compostagem?from\\_action=save](https://pt.slideshare.net/GiovannaOrtiz/dimensionamento-de-ptio-de-compostagem?from_action=save)>. Acesso em: 22/10/22.

PEIXOTO, J. O. **Destinação final de resíduos, nem sempre uma opção econômica**. Engenharia Sanitária, (1): 15-18, 1981.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo.** Viçosa, MG: Ed. UFV, 2007.

PMGIRS – **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Anhumas.** 2015. Disponível em: <  
<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos4/planos-municipais-pmgirs/>>. Acesso em: 22/10/2022.

Presidente Prudente: FCT, UNESP, 2009. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, 2009.

PROSAB (1999). **Manual Prático para a compostagem de biossólidos.** Universidade Estadual de Londrina, 1999. 91 p. Disponível em: [https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Livro\\_Compostagem.pdf](https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Livro_Compostagem.pdf). Acesso em: 9 out. 2017.

Reis, M. F. P. **Avaliação do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos.** Tese (Doutorado). 2005. Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.

RESENDE, F. V.; SAMINÊZ, T. C. O.; VIDAL, M. C.; SOUZA, R. B. de.; CLEMENTE, F. M. V. **Cultivo de Alface em Sistema Orgânico de Produção.** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007, 16p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 56).

RIBEIRO, S.M.; AZEVEDO, E.; PELICIONI, M.C.F.; BÓGUS, C.M.; PEREIRA, I.M.T.B. 2012. **Agricultura urbana agroecológica - estratégia de promoção da saúde e segurança alimentar e nutricional.** *Revista Brasileira em Promoção da Saúde*, v. 25, n. 3, p. 381-388.

RICHARD, T., N. Trautmann, M. Krasny, S. Fredenburg and C. Stuart. 2002. **A ciência e a engenharia da compostagem.** The Cornell composting website, Cornell University. [http://www.compost.css.cornell.edu/composting\\_homepage.html](http://www.compost.css.cornell.edu/composting_homepage.html). Acesso em: 12/08/2002.

Rio de Janeiro-RJ, 2004. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10007: **Amostragem de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro-RJ, 2004.

Santos, C. Z. (2007). **Alterações socio ambientais na bacia hidrográfica do ribeirão do Lajeado no município de Paraibuna – SP (Dissertação de mestrado)**. São José dos Campos: Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Paraíba.

SILVA, Leila Maria Sotocorno. **Compostagem de resíduos sólidos urbanos em locais contemplados com coleta seletiva: influência da triagem e da frequência de revolvimento**. 2009. 121 fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

SILVA, P.R.D. et al. **Processo de estabilização de resíduos orgânicos**. Vermicompostagem versus compostagem. Química Nova, São Paulo, v.36, n.5, p.640-645, 2013.

TEIXEIRA, L.B.; GERMANO, V.L.C; OLIVEIRA, R.F. de; FURLAN JUNIOR, J. **Processo de compostagem usando resíduos das agroindústrias de açaí e palmito do açaizeiro**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 6p. (Embrapa. Circular Técnica, 36).

VELLOSO, M. P. (2008) **Os restos na história: percepções sobre resíduos**. Ciência & Saúde Coletiva, v. 13, n. 6, p. 1953-1964.

WALDMAN, Maurício. **Lixo: cenários e desafios - abordagens básicas para entender os resíduos sólidos**. São Paulo: Cortez, 2012.

WILSON, D.C. (2007) **Drivers de desenvolvimento para a gestão de resíduos**. Waste Management & Research, v. 25, n. 3, p. 198-207.

WORRELL, W. A.; AARNE VESILIND, P. **Engenharia de Resíduos Sólidos**. 2. ed. Stamford: Cengage Learning, 2011.