The background of the cover features a top-down view of various organic food scraps, including carrot peels, potato skins, and green herbs, scattered on a dark, rich layer of soil. In the upper right corner, a faint, light-colored geometric diagram consisting of interconnected lines and dots is visible. The main title is written in a bold, lime-green font, with a vertical bar of the same color to its left.

# Guia: implantação de unidades de compostagem para tratamento de resíduos orgânicos





# Guia: implantação de unidades de compostagem para tratamento de resíduos orgânicos



**TECA**  
TRICOTANDO  
COMCIÊNCIA

UM POUCO  
DE FOLHAS,  
CASCAS DE  
FRUTAS E DE  
LEGUMES...



RESTOS  
DE ALIMENTOS,  
RESÍDUOS DE  
PODA E DE JARDIM  
ENTRAM NA  
COMPOSTAGEM!



MAS ELA TEM  
QUE FICAR BEM  
AERADA, SENÃO  
ATRAI INSETOS...



ESFO+LODI  
© 2023

...E DEIXA UM  
CHEIRIIINHO!!!



Esta publicação é um dos produtos do projeto de implementação das ações do “Plano Regional de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Baixada Santista (PRGIRS)”, proposto pela AGEM e coordenado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, com recursos do FEHIDRO e em parceria com CONDESB e com 9 municípios que compõem a Região: Bertioga, Cubatão, Guarujá, Itanhaém, Monguaguá, Peruíbe, Praia Grande, Santos e São Vicente.

Os objetivos deste Guia são de orientar a estruturação de unidades de compostagem para o tratamento de resíduos orgânicos, visando oferecer subsídios para a tomada de decisão, considerando as dimensões técnica, econômica, ambiental e social. Destaca-se também, a função de auxiliar a estruturação de projetos para avançar e alcançar as metas de redução de resíduos sólidos destinados aos aterros sanitários.

Durante o período do projeto uma equipe interdisciplinar, com a parceria de colaboradores técnicos e dos municípios da região, dedicou-se a sistematizar os dados obtidos nos estudos de elaboração do PRGIRS e de projetos de pesquisa e desenvolvimento em Resíduos Sólidos.

Esta obra, portanto, representa o esforço da equipe do IPT em contribuir para os processos de gerenciamento de resíduos sólidos, em termos de abordagem metodológica que auxiliem na implantação de sistemas de tratamento de resíduos orgânicos.



Realização



**AGEM**  
AGÊNCIA  
METROPOLITANA  
DA BAIXADA  
SANTISTA



**COND** **SB**  
CONSELHO DE DESENVOLVIMENTO  
DA REGIÃO METROPOLITANA  
DA BAIXADA SANTISTA



**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Guia [livro eletrônico] : implantação de unidades de compostagem para tratamento de resíduos orgânicos. -- 1. ed. -- São Paulo : Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo : Agência Metropolitana da Baixada Santista - Agem, 2023. -- (IPT Publicação ; 3052)  
PDF

Vários autores.  
Vários colaboradores.  
Bibliografia.  
ISBN 978-65-5702-019-7

1. Aterros sanitários - Aspectos ambientais  
2. Compostagem 3. Ecologia 4. Meio ambiente  
5. Resíduos sólidos - Aspectos ambientais  
6. Resíduos sólidos - Manejo - Aspectos ambientais I. Série.

23-182077

CDD-631.875

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Compostagem : Agricultura 631.875

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

## **INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. – IPT**

Diretora Presidente – Liedi Legi Bariani Bernucci  
Diretora Financeira e Administrativa – Flávia Gutierrez Motta  
Diretor de Estratégia e Relações Institucionais – Fabrício Araujo Mirandola  
Diretor de Operações – Adriano Marim de Oliveira  
Diretora de Novos Negócios, Inovação e IPT OPEN – Claudia Caparelli  
CIDADES INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE – CIMA  
SEÇÃO DE INVESTIGAÇÕES, RISCOS E GERENCIAMENTO AMBIENTAL – SIRGA  
NÚCLEO DE SUSTENTABILIDADE E BAIXO CARBONO - NUSCARBON

## **AGÊNCIA METROPOLITANA DA BAIXADA SANTISTA – AGEM**

Vagner Bernardo Maria – Diretor Executivo  
George Charles Balthazar Junior – Diretor Administrativo  
Thiago Bianconi Wiggert – Diretor-Adjunto Técnico

## **COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DA BAIXADA SANTISTA – CBH-BS FUNDO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - FEHIDRO**

### **Organização**

Camila Camolesi Guimarães,  
Antonio Oswaldo Storel Jr.  
Letícia dos Santos Macedo

### **Autores**

Camila Camolesi Guimarães  
Antonio Oswaldo Storel Jr.  
Letícia dos Santos Macedo  
Emanoele dos Santos Rosa Bezerra  
Geovanna Paulino Pereira  
Maurício Iocca Jr.  
Aroldo Ribeiro da Silva  
Alexandre Muselli Barbosa  
Fernanda Peixoto Manéo

### **Revisão Técnica**

Cláudia Echevengua Teixeira

### **Projeto Gráfico e direção de arte**

Augusto Max Colin

### **Diagramação**

Marina Onoda

### **Revisão de referências e citações bibliográficas**

Edna Gubitoso

<b>01</b>	<b>Definições.....</b>	<b>20</b>
<b>02</b>	<b>Legislação e metas aplicáveis.....</b>	<b>22</b>
<b>03</b>	<b>O processo de compostagem dos resíduos orgânicos .....</b>	<b>26</b>
<b>04</b>	<b>Preparação para implantação da unidade de compostagem .....</b>	<b>32</b>
	<b>4.1 Resíduos que podem ser compostados .....</b>	<b>33</b>
	<b>4.2. Segregação na origem e coleta seletiva de resíduos orgânicos .....</b>	<b>34</b>
	<b>4.3. Preparação prévia do material fonte, .....</b>	<b>38</b>
	<b>4.4. Modelos e tecnologias aplicáveis à Baixada Santista .....</b>	<b>38</b>
	<b>4.5. Descrição das tecnologias sugeridas para aplicação na Baixada Santista .....</b>	<b>43</b>
	4.5.1. Sistema L.A.P.A .....	43
	4.5.2. Sistema de leiras estáticas com manta semipermeável.....	46
	<b>4.6. Licenças e autorizações necessárias .....</b>	<b>47</b>
<b>05</b>	<b>Implantação da unidade de compostagem.....</b>	<b>50</b>
	<b>5.1. Escolha da área .....</b>	<b>51</b>
	<b>5.2. Tamanho de área necessária.....</b>	<b>51</b>
	<b>5.3. Preparação do terreno .....</b>	<b>51</b>
	<b>5.4. Infraestrutura e equipamentos necessários.....</b>	<b>52</b>
	<b>5.5. Custos .....</b>	<b>54</b>
	5.5.1. Pátio de Compostagem com sistema L.A.P.A.....	54
	5.5.2. Pátio de compostagem com sistema de leiras estáticas com manta semipermeável .....	56



<b>06</b>	<b>Operação da unidade de compostagem.....</b>	<b>59</b>
	<b>6.1 Requisitos para operação .....</b>	<b>59</b>
	6.1.1. Unidade de Compostagem com sistema L.A.P.A.....	61
	6.1.2. Unidade de Compostagem com sistema de leiras estáticas com manta semipermeável .....	62
	<b>6.2. Mão de obra necessária e treinamentos.....</b>	<b>63</b>
	6.2.1. Unidade de Compostagem com sistema L.A.P.A.....	63
	6.2.2. Unidade de Compostagem com sistema de leiras estáticas com manta semipermeável .....	63
	<b>6.3. Parâmetros para acompanhamento e monitoramento .....</b>	<b>64</b>
	<b>6.4. Cuidados com o entorno .....</b>	<b>67</b>
	<b>6.5. Vida útil esperada .....</b>	<b>67</b>
	<b>6.6. Avaliação de custo-benefício .....</b>	<b>68</b>
	<b>6.7. Fatores institucionais e de gestão.....</b>	<b>69</b>
<hr/>		
<b>07</b>	<b>Utilização do composto produzido.....</b>	<b>71</b>
	7.1. Avaliação de qualidade do composto.....	71
	7.2. Usos possíveis para o composto.....	73
	7.3. Modelo de gestão para uso e distribuição do composto .....	73
<hr/>		
<b>08</b>	<b>Estratégias de educação ambiental .....</b>	<b>75</b>
<hr/>		
<b>09</b>	<b>Boas Práticas da Baixada Santista.....</b>	<b>79</b>
<hr/>		
<b>10</b>	<b>Referências.....</b>	<b>83</b>

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e a Agência Metropolitana da Baixada Santista (AGEM) conduziram, entre 2016 e 2018, os estudos para a elaboração do Plano Regional de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PRGIRS) da Baixada Santista, que avaliou as especificidades dos resíduos gerados (domiciliares, construção civil, industrial, serviços da saúde etc.) e indicou propostas para solucionar os problemas de modo integrado entre os nove municípios da Baixada Santista.

O PRGIRS, entregue em 2018 com o panorama da região, estabelece metas, estratégias e um plano de ações para aprimorar constantemente a gestão de resíduos. No final de 2020, o IPT e a AGEM deram início à segunda etapa do projeto, contemplando os trabalhos para dar continuidade ao PRGIRS, visando o diagnóstico das ações implementadas e a elaboração de instrumentos para implantar as estratégias e ações propostas referentes a resíduos sólidos urbanos. Desta forma, esta segunda etapa teve o objetivo de apontar COMO fazer para a melhoria da gestão de resíduos.

Esta publicação é um dos frutos deste projeto, em conjunto com o GUIA PARA ESTRUTURAÇÃO DE SISTEMAS DE RECUPERAÇÃO DE RESÍDUOS RECICLÁVEIS SECOS e GUIA PARA

ESTRUTURAÇÃO DE SISTEMAS DE LOGÍSTICA REVERSA: CONTEXTO DOS MUNICÍPIOS. Estes materiais visam apoiar a implementação de ações, fornecendo subsídios técnicos para que os gestores públicos avancem na elaboração de projetos e tomadas de decisões para alcançar as metas de redução de resíduos sólidos destinados aos aterros sanitários. Além desses materiais, o presente guia apresenta articulação também com o guia “Resíduo de poda de árvores urbanas: como reaproveitar?” (IPT/USP, 2022), desenvolvido pelo IPT e pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU-USP), para orientar os municípios quanto às possibilidades de reaproveitamento de resíduos de poda.

A recuperação de resíduos sólidos orgânicos representa um grande desafio para os municípios da Baixada Santista. Estes resíduos representam aproximadamente 40 % de todo o resíduo gerado na Baixada Santista, e são enviados quase em sua totalidade para aterros sanitários, não existindo sistemas de coleta seletiva de orgânicos implantados na região. A reciclagem e tratamento dos resíduos orgânicos municipais, por meio da compostagem ou biodigestão anaeróbia, além de contribuir para o atingimento das metas estabelecidas

pelos Planos de Resíduos Sólidos em nível regional, estadual e federal, ainda são estratégias para o cumprimento dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), combate às mudanças climáticas, geração de renda e redução dos impactos causados pela disposição de resíduos e aumento da vida útil dos aterros sanitários.

Dessa forma, o objetivo do presente guia é fornecer informações e orientações aos gestores públicos para o planejamento, implantação e operação de unidades de compostagem para tratamento dos resíduos orgânicos a nível municipal e microrregional. A compostagem caracteriza-se como o processo de decomposição biológica dos resíduos orgânicos, com presença de ar, resultando num composto que pode ser utilizado para fins de agricultura, reflorestamento, recuperação de áreas degradadas, entre outros.

“  
**O objetivo do presente guia é fornecer informações e orientações aos gestores públicos para o planejamento, implantação e operação de unidades de compostagem para tratamento dos resíduos orgânicos a nível municipal e microrregional.**





A compostagem pode ser realizada em diferentes escalas, como a doméstica, empresarial, comunitária, municipal e regional. O foco do presente guia é a compostagem de grande escala (municipal e regional), que possibilite o tratamento dos resíduos orgânicos gerados pelos municípios ou microrregiões da Baixada Santista, incluindo os domiciliares, de feiras livres e mercados públicos, de grandes geradores e de poda, capina e varrição.

São apresentadas também algumas estratégias de um tema essencial para garantir o sucesso das ações de redução e compostagem de resíduos orgânicos propostas: a educação ambiental. As ações de educação ambiental podem ser implantadas em diferentes escalas, para promover a conscientização e adoção de práticas de redução da geração, correta separação e tratamento de resíduos orgânicos para diferentes públicos envolvidos na gestão de resíduos urbanos. Destaca-se que este guia deve ser utilizado de forma orientativa, realizando-se

as adaptações necessárias conforme a escala e objetivos de recuperação dos resíduos orgânicos para cada município.

Esta obra, portanto, representa o esforço da equipe do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT em contribuir para os processos de gerenciamento de resíduos sólidos, em termos de abordagem metodológica, pautada em preceitos técnico-científicos que auxiliem a tomada de decisão. Não temos, no entanto, a pretensão de esgotar o tema, mas visamos disseminar o aprendizado adquirido, e as boas práticas, contribuindo para o avanço da gestão de resíduos no Brasil.

Os autores agradecem a todos os envolvidos, pessoas e entidades que ajudaram a viabilizar esse projeto.



## Como utilizar este guia?

### 01

#### Definições

O capítulo 1 apresenta as definições importantes para a utilização do guia, como compostagem, composto, resíduos orgânicos, entre outros

### 02

#### Legislação e metas

O capítulo 2 apresenta as principais legislações e metas a nível nacional, estadual e regional relacionadas ao desenvolvimento da compostagem.

### 03

#### Compostagem

O capítulo 3 apresenta as principais características do processo de compostagem, como as fases e fatores que afetam seu desenvolvimento.

### 04

#### Preparação

O capítulo 4 apresenta as ações necessárias de preparação para a implantação da unidade de compostagem, como seleção dos resíduos, implantação de coleta seletiva de orgânicos, escolha da tecnologia de compostagem e licenças necessárias.

### 05

#### Implantação

O capítulo 5 apresenta os passos para implantação de uma unidade de compostagem, incluindo: escolha e tamanho da área, preparação do terreno, infraestrutura e equipamentos necessários e custos.



# 06

## Operação

O capítulo 6 apresenta os requisitos para operação de uma unidade de compostagem, incluindo a alimentação e manutenção das leiras, mão de obra e treinamentos necessários, parâmetros de monitoramento, vida útil esperada e avaliação de custo-benefício.

# 07

## Uso do composto

O capítulo 7 apresenta as orientações para uso do composto produzido, com avaliação de qualidade e modelo de gestão para seu uso e distribuição.

# 08

## Educação Ambiental

O capítulo 8 apresenta as ações de educação ambiental envolvidas no processo de implantação de uma unidade de compostagem.

# 09

## Baixada Santista

O capítulo 9 apresenta as experiências da Baixada Santista na recuperação de resíduos orgânicos.

# 10

## Referências

O capítulo 10 apresenta as referências utilizadas e recomendadas para a implantação de unidades de compostagem.



A recuperação e tratamento dos resíduos sólidos orgânicos é um dos principais desafios para a gestão municipal de resíduos. Os resíduos orgânicos, quando enviados aos aterros sanitários, resultam em impactos ambientais a partir da geração de chorume e gases de efeito estufa (GEE) em seu processo de decomposição. Quando segregados na fonte, recuperados e tratados pelo processo de compostagem, representam uma oportunidade de redução das emissões de GEE, geração de emprego e renda e geração de produto final para utilização na agricultura urbana, recuperação de áreas degradadas, reflorestamento, revitalização de praças e parques, entre outros. Além disso, a reciclagem de resíduos orgânicos contribui para o atingimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela ONU, como apresentado na

**Figura 1.**

**Figura 1** – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável associados à reciclagem de resíduos orgânicos



Fonte: Elaborado pelos autores.

“  
**No Brasil, os municípios são responsáveis pela política de limpeza pública, e por isso, de forma direta pela coleta e tratamento dos resíduos sólidos.**

O Plano Regional de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Baixada Santista (PRGIRS/BS) estabelece como uma de suas diretrizes a minimização da geração e da destinação aos aterros dos resíduos sólidos domiciliares e urbanos, estabelecendo como estratégias a segregação e o tratamento dos resíduos orgânicos, nos níveis residencial, municipal e inter-

municipal. Dentre as ações de curto prazo previstas no PRGIRS/BS, tem-se a implantação da segregação na fonte e coleta seletiva de resíduos orgânicos; promoção da reciclagem dos resíduos orgânicos e destinação apenas de re-

jeitos para os aterros sanitários; e implantação de unidades de tratamento de orgânicos para o tratamento da fração orgânica domiciliar segregada na fonte e unidades de compostagem para tratamento dos resíduos orgânicos municipais, gerados nas feiras livres, mercados municipais, parques e cemitérios.

No Brasil, os municípios são responsáveis pela política de limpeza pública, e por isso, de forma direta pela coleta e tratamento dos resíduos sólidos. Implantar sistemas de compostagem e articular com os agentes públicos e sociais formas de utilização do composto produzido são claramente estabelecidas como responsabilidades dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010).

Nesse contexto, o objetivo do presente guia é orientar os gestores municipais e apresentar instrumentos para a implementação de unidades de compostagem municipais e microrregionais, considerando as microrregiões definidas no PRGIRS/BS (Microrregião 1: Bertioga e Guarujá; Microrregião 2: Cubatão, Santos e São Vicente; Microrregião 3: Itanhaém, Mongaguá, Peruíbe e Praia Grande), de forma a apoiar o cumprimento das metas para resíduos orgânicos a serem atingidas pela região.

Neste guia são apresentadas orientações para as seguintes etapas do processo de implementação de unidades de compostagem: preparação para a implantação, que inclui a estruturação de sistemas de coleta seletiva de resíduos orgânicos e seleção das tecnologias de compostagem aplicáveis à realidade da Baixada Santista; a implantação e operação das unidades de compostagem, considerando a área necessária, requisitos de operação, custos e mão de obra necessária; e, por fim, orientações para gestão da utilização do composto produzido. Destaca-se que as orientações para a implementação de sistemas de segregação e coleta seletiva de resíduos orgânicos domiciliares e urbanos serão abordadas de forma mais detalhada no “Guia para estruturação de sistemas de recuperação de resíduos recicláveis secos”, produzido também no âmbito do projeto de apoio à implementação das ações previstas no PRGIRS/BS.





# 01 | Definições

## Definições



**Coleta Seletiva:** coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição pelos geradores (também conhecida como coleta diferenciada); consiste na separação, na própria fonte geradora, dos componentes que podem ser recuperados para reaproveitamento ou reciclagem, mediante um acondicionamento distinto para cada componente ou grupo de componentes segregados conforme sua constituição ou composição.



**Compostagem:** processo de decomposição biológica controlada dos resíduos orgânicos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições aeróbias e termófilas, resultando em material estabilizado, com propriedades e características completamente diferentes daqueles que lhe deram origem.



**Reciclagem:** processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes. A reciclagem, portanto, também pode ser biológica, cujo exemplo típico é a compostagem, pois essa visa reestabelecer o ciclo natural da matéria orgânica e seu papel natural de fertilizar os solos devolvendo nutrientes e matérias vivas ao processo de produção.



**Resíduos de Alimentos:** são aqueles resíduos compostáveis originados de restos de alimentos, preparados ou não, de origem vegetal ou animal. Constituem no Brasil, em geral, a maior fração dos resíduos compostáveis. Diferenciam-se de outros materiais compostáveis como os resíduos “verdes” originados de restos de plantas ornamentais e paisagísticas, madeiras não-resinadas, papéis e bioplásticos compostáveis.



**Resíduos Sólidos Orgânicos ou Resíduos Compostáveis:** são aqueles representados pela fração orgânica dos resíduos sólidos (não contaminada por outros tipos de resíduos como recicláveis ou rejeitos), passível de compostagem, sejam eles de origem urbana, industrial, agrossilvipastoril ou outra.



**Composto Orgânico:** produto estabilizado, oriundo do processo de compostagem, podendo ser caracterizado como fertilizante orgânico, condicionador de solo e outros produtos de uso agrícola.



**Unidade de compostagem:** instalação de processamento de resíduos orgânicos, por meio do processo de compostagem, incluindo os locais de recepção e armazenamento temporário dos resíduos *in natura* ou provenientes de outras unidades de tratamento de resíduos e dos rejeitos, do processo de compostagem em si, e ainda as instalações de apoio e armazenamento do composto produzido.



02

Legislações  
e metas  
aplicáveis

## Legislações e metas aplicáveis

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é o principal instrumento de gestão dos resíduos sólidos urbanos no país. Foi instituída pela Lei Federal nº 12.305 de 2010 e regulamentada pelo Decreto Federal nº 10.936 de 2022. Com sua publicação, o processo de compostagem ganhou destaque como uma forma de tratamento e destinação ambiental-

mente adequada dos resíduos sólidos orgânicos no país. A lei também estipula que o resíduo orgânico é considerado reciclável e não um rejeito, e estabelece uma hierarquia de ações ou ordem de prioridades na gestão dos resíduos sólidos, onde a compostagem está incluída como uma forma de reciclagem dos resíduos orgânicos.

No âmbito da legislação federal, destaca-se ainda o Decreto Federal nº 10.936/2022, que regulamenta a PNRS e institui que os sistemas de coleta seletiva devem estabelecer a separação dos resíduos, no

mínimo, em três frações (recicláveis, orgânicos e rejeitos), e a Lei Federal nº 14.026/2020, que institui o Novo Marco Legal do Saneamento, inclui as atividades operacionais de compostagem entre os serviços públicos especializados de limpeza pública e de manejo de resíduos sólidos. Além disso, destaca-se a Resolução CONAMA nº 481/2017, que estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos no Brasil.

No Estado de São Paulo, os principais instrumentos legais que abordam a compostagem são a Resolução SMA nº 69/2020, que dispensa o processo de licenciamento ambiental da CETESB para áreas que desenvolvam compostagem e vermicompostagem e que recebam até 500 kg de resíduos orgânicos por dia, e a Resolução SMA nº 102/2012, que dispõe sobre dispensa de licenciamento ambiental para as atividades de compostagem e vermicompostagem em instalações de pequeno porte, sob condições determinadas.

Com relação às metas de redução de resíduos orgânicos enviados aos aterros sanitários, em nível federal, o Plano Nacional de

“  
**A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é o principal instrumento de gestão dos resíduos sólidos urbanos no país. Foi instituída pela Lei Federal nº 12.305 de 2010 e regulamentada pelo Decreto Federal nº 10.936 de 2022.**

Resíduos Sólidos, regulamentado pelo Decreto nº 11.043/2022, prevê a recuperação de 13,5 % da fração orgânica, em relação à massa total de RSU gerado no país, até 2040. Esta meta contribui para a redução de custos associados ao transporte e disposição final dos resíduos, bem como para a redução de emissões de gases de efeito estufa.

No âmbito da Baixada Santista, o PRGIRS/BS considerou estratégias e ações de curto prazo para a reciclagem de resíduos orgânicos, com destaque para as estratégias 1.2 (Segregação dos resíduos e tratamento local dos orgânicos

nas residências) e 1.3 (Segregação dos resíduos e tratamento dos orgânicos nos grandes geradores públicos e privados). A compostagem é considerada como a principal alternativa tecnológica para o tratamento de resíduos orgânicos, sendo estabelecida uma meta para a Baixada Santista de redução de 21 % da quantidade de resíduos orgânicos enviados aos aterros sanitários, num horizonte de 20 anos, o que representa o tratamento de aproximadamente 167 mil toneladas por ano de resíduos orgânicos domiciliares e 55 mil toneladas por ano de resíduos de poda em 2042.





03

O processo de  
compostagem  
dos resíduos  
orgânicos

# O processo de compostagem dos resíduos orgânicos

A compostagem, baseada na decomposição biológica natural da matéria orgânica, é um processo controlado, cujo resultado é o composto, um produto homogêneo, estabilizado, equilibrado em nutrientes, portador de microrganismos e substâncias benéficas ao solo e às plantas. O manejo equilibrado de alguns fatores é essencial para que a técnica da compostagem seja bem executada e produza os resultados esperados.

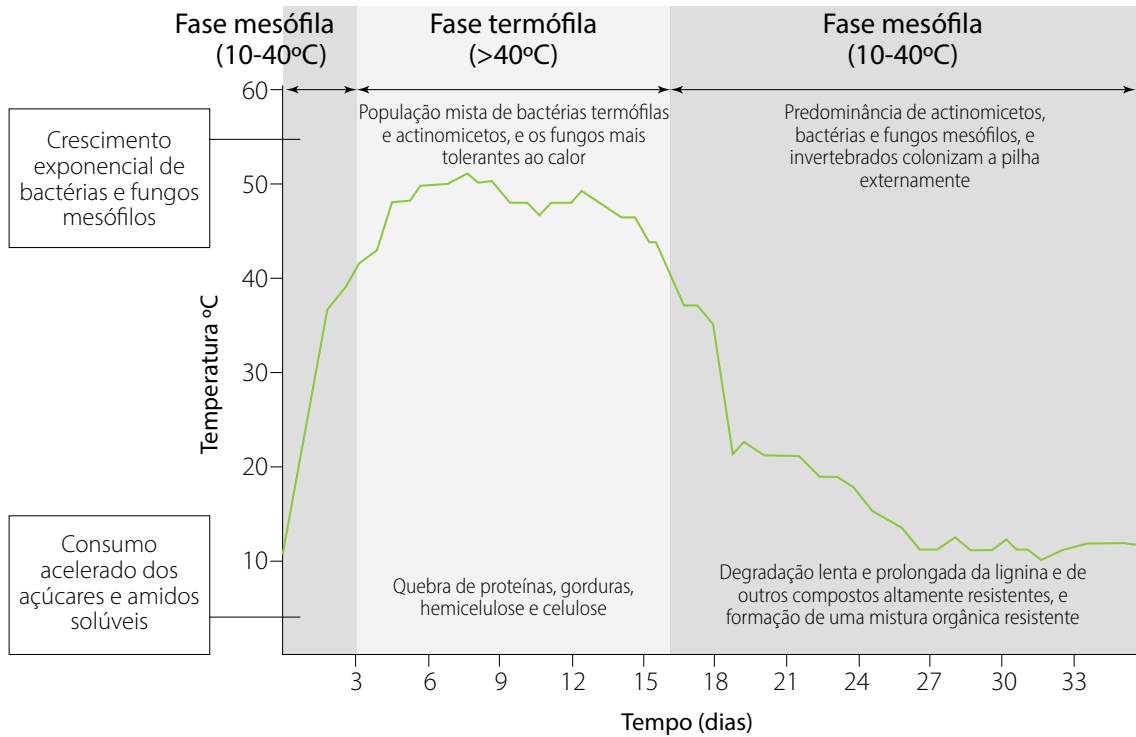
## 3.1. As fases do processo de compostagem

A degradação dos resíduos orgânicos na compostagem acontece pela ação de microrganismos predominantemente aeróbios (bactérias, fungos e actinomicetos), ou seja, utilizam o oxigênio para seus processos de quebra das moléculas orgânicas presentes nos resíduos. A combinação da ação destes microrganismos ao longo do processo sobre os diferentes substratos, geram intervalos de temperatura, definidas como fases do processo de compostagem (**Figura 2**). O gráfico foi gerado a partir de um experimento escolar e não reflete a realidade de uma unidade de compostagem, onde o processo leva aproximadamente 120 dias. No

entanto, ele é útil para ilustrar as diferentes fases do processo.

- O processo se inicia com a quebra de moléculas como açúcares solúveis, gerando o aumento de temperatura (temperatura ambiente até 40 °C, com duração média de 3 dias (fase mesófila inicial).
- Após o consumo das moléculas menores, inicia-se o processo de quebra das proteínas, gorduras e celulose, com temperaturas superiores a 40 °C, com duração de aproximadamente 15 dias (fase termófila). Nessa fase ocorre a sanitização do material, com a eliminação de patógenos, ervas e sementes daninhas.
- Após esta etapa a temperatura começa a cair, iniciando o processo de quebra das substâncias orgânicas de difícil degradação, como a lignina até a maturação final e produção do húmus. Destaca-se que o processo de compostagem depende de aeração para que o aporte de oxigênio seja garantido.
- Fase de maturação: fase de finalização da produção do húmus, com duração de até 60 dias;
- Fase de finalização: fase de finalização do composto, com seu peneiramento e preparação para distribuição.

**Figura 2** – Fases da compostagem em experimento escolar carregando resíduos em uma única batelada



Fonte: Trautmann e Krasny (1997, tradução nossa).

O processo de compostagem deve necessariamente passar por uma fase ativa, na qual as temperaturas se elevam, inicialmente a níveis mesófilos e em seguida termófilos, seguidas por uma fase de maturação na qual as temperaturas vão gradualmente retornando à temperatura ambiente. É apenas durante a fase ativa da compostagem que se deve carregar a leira com a mistura de resíduos. É também apenas na fase ativa que se pode recircular para a própria leira os líquidos percolados recolhidos pelo sistema de drenagem. Estes, devido às temperaturas elevadas, tendem a evaporar, deixando na leira seu inóculo microbiano. Na fase de maturação a leira deve ficar em repouso sem carregamento de resíduos e sem recirculação de líquidos percolados. Após o final da fase ativa e antes da fase de maturação, a leira deve necessariamente ser revolvida para homogeneizar o material presente e garantir maior facilidade de finalização do composto.

Após o fim da fase de maturação da compostagem, a massa de resíduos da leira deve

ser removida para a área de finalização do composto. A temperatura da leira próxima à temperatura ambiente, a impossibilidade de identificar os resíduos sólidos iniciais, a cor marrom escura, o cheiro agradável de terra ou chão de floresta e a presença de fauna macroscópica como tatu bolinha, tesourinha, etc. são indicadores práticos da boa maturação do composto.

Como a umidade nessa etapa é muito alta (entre 60 e 50 %), a finalização do produto se inicia pela secagem e, em seguida, pela homogeneização (por revolvimentos). Após a umidade baixar a 30 %, é possível proceder o peneiramento com malha não superior a 40mm, de acordo com a finalidade de uso do produto. Após peneirado, com o rejeito da peneira voltando para um novo ciclo de compostagem, o composto pode ser ensacado e rotulado. Caso se destine a comercialização, o rótulo precisa seguir a IN nº 61/2020 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2020).

### 3.1. Fatores importantes no processo de compostagem

Dentre os principais fatores que afetam o processo de compostagem, detalhados a seguir, destacam-se a aeração adequada, o equilíbrio de materiais orgânicos e a presença de microrganismos ativos, todos fundamentais para o sucesso desse processo.

**Temperatura:** é o fator síntese mais importante no monitoramento do processo de compostagem. A temperatura é função da atividade microbiológica e inicia-se por uma fase mesófila (35 a 45 °C) atinge uma fase termófila (entre 55 °C e 75 °C) e uma fase de arrefecimento voltando lentamente à temperatura ambiente. Para que ocorra a sanitização do resíduo durante a compostagem deve-se garantir pelo menos 14 dias com temperaturas acima de 55 °C ou 03 dias acima de 65 °C (Resolução CONAMA Nº 481/2017 em Brasil, 2017). Se a temperatura não atingir os 55 °C necessários, medidas corretivas devem ser adotadas como, por exemplo, o revolvimento. Convém impedir que a temperatura da leira

ultrapasse por muito tempo os 65 °C, pois grande parte dos organismos benéficos são também eliminados.

**Umidade e aeração:** o interior da leira deve ser úmido, mas sem encharcamento ou excesso de água (entre 50 e 75 %) e deve haver muitos espaços entre as partículas para que o ar circule sem dificuldade homogeneamente por toda massa de resíduos (entre 11 % e 14 % de oxigênio é suficiente para a boa aeração). Isso se consegue com o equilíbrio de materiais estruturantes ricos em carbono e, em especial, de lignina, com os materiais úmidos ricos em nitrogênio. A aeração deve ser garantida por movimento convectivo interno da leira, por frequentes revolvimentos ou por aeração forçada, mas é muito importante que a aeração seja a mais homogênea possível em toda a massa de resíduos. O excesso de umidade deve ser retirado bem rápido do interior da leira por sistemas de drenagem para que não prejudique a entrada de ar. Quando há excesso de umidade no interior da leira o ambiente fica anaeróbio, isto é, sem oxigênio, e pode gerar odores e atração de vetores.



**Relação carbono/nitrogênio:** dos muitos elementos químicos que os microorganismos necessitam para promover a decomposição da matéria orgânica durante a compostagem, os mais importantes são o carbono e o nitrogênio. A proporção entre o carbono e o nitrogênio da massa de resíduos a ser compostada (relação C/N), precisa estar entre 30/1 e 40/1, sendo ideal próxima a 35/1 (na base de matéria seca), para que o processo de compostagem se inicie pela decomposição microbiana. O produto final, por outro lado, não pode ter mais que 20/1 de relação C/N.

**pH e matéria orgânica:** o pH da massa de resíduos começa ácido e durante a compostagem vai se aproximando do neutro. A matéria orgânica, durante a compostagem, tem parte perdida na forma de  $\text{CO}_2$  e parte humificada, onde moléculas complexas e muito estáveis formam o húmus, que é de difícil decomposição pelos microorganismos e possui elevada capacidade de troca de cátions, atuando como fertilizante e condicionador do solo.

**Diversidade de microrganismos:** A diversidade de substâncias que compõem os resíduos orgânicos, exige uma população diversificada de microrganismos para a degradação de diferentes tipos de substâncias em rápida sucessão. Populações desses organismos já estão presentes nos resíduos orgânicos, mas podem ser enriquecidas com a adição de inoculantes, como o próprio composto já produzido ou material orgânico de serrapilheira de floresta. Os microrganismos termófilos, durante a fase ativa da compostagem, elevam a temperatura da leira em níveis que eliminam e reduzem substancialmente os organismos patogênicos ou as sementes viáveis de plantas daninhas. Durante a fase de maturação do composto, os fungos podem degradar substâncias complexas como lignina e celulose, enriquecendo de nutrientes o produto final.



04

Preparação para  
implantação  
da unidade de  
compostagem

# Preparação para implantação da unidade de compostagem

## 4.1 Resíduos que podem ser compostados

A compostagem de resíduos sólidos orgânicos, como restos de alimentos, aparas de jardinagem, restos de comercialização de frutas, legumes e verduras, restos de comercialização de produtos de origem animal e resíduos de poda e remoção de árvores é muito facilitada pela natureza complementar desses dois tipos básicos de resíduos sólidos orgânicos no processo de compostagem: os restos de alimentos são ricos em nitrogênio e os restos de podas e jardinagem são ricos em carbono (**Figura 3**).

Para que a compostagem seja técnica e economicamente viável é necessário observar uma certa proporção na relação carbono/nitrogênio da massa de resíduos compostáveis, em geral, em torno de 35:1. São necessárias, portanto, uma fonte de resíduos orgânicos úmidos e ricos em nitrogênio (material putrescível ativador, de rápida degradação, por exemplo, resíduos de alimentos vegetais ou animais, crus ou cozidos) e outra fonte de resíduos secos e ricos em carbono (material estruturante, de lenta degradação, por exemplo, poda triturada e aparas de grama). Portanto, entre os

restos de alimento de residências, feiras livres, mercados e restaurantes, e os resíduos de poda e jardinagem existe complementaridade positiva para a compostagem.

A característica desses resíduos em estado natural, sem adição de substâncias sintéticas e sem processamento industrial, permitem alta qualidade e facilidade do processo microbiológico de degradação natural, sendo recomendados os processos de compostagem aeróbicos termófilos (com presença de ar e que atingem temperaturas acima de 55 °C) pelas razões de garantir com facilidade a sanitização e a segurança no processamento contra patógenos, odores e vetores e evitando o lançamento de efluentes no ambiente.

Além de resíduos orgânicos animais e vegetais, preparados ou não, podem ser compostados também madeiras e papéis livres de resinas ou ceras, e bioplásticos compostáveis certificados pela NBR 15.448-2/2008 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008).

**Figura 3** – Tipos de resíduos que podem ser compostados



Fonte: Elaborado pelos autores.

## 4.2. Segregação na origem e coleta seletiva de resíduos orgânicos

A experiência internacional sobre estratégias de segregação e coleta seletiva de resíduos orgânicos tem avançado recentemente na utilização da coleta seletiva porta-a-porta e de contêineres (Figuras 4 e 5), sinalizados por cores e adesivos com imagens para cada tipo de fração de resíduo: Compostável (orgânicos), Reciclável (secos) e Rejeitos. Informações mais detalhadas sobre a implantação de sistemas de coleta seletiva em três frações podem ser encontradas no “Guia para estruturação de sistemas de recuperação de resíduos recicláveis secos”, produzido também no âmbito do projeto de apoio à implementação das ações previstas no PRGIRS/BS.

**Figura 4** - Utilização de contêdres sinalizados com cores e imagens para cada fração da coleta seletiva na cidade de São Francisco (EUA)



Fonte: SF Public Works (2023).

**Figura 5** - Caminhão especializado da coleta seletiva de orgânicos em condomínios de Florianópolis (SC)



Fonte: Florianópolis (2021).

A implantação da coleta seletiva deve ser precedida de campanhas de sensibilização e ser escalonada no espaço e no tempo, por exemplo, começando com o envolvimento do próprio poder público na segregação dos resíduos orgânicos municipais, como de feiras-livres, mercados públicos e de podas e jardinagem, seguido pela segregação dos resíduos em órgãos públicos, escolas, hospitais e presídios, evoluindo para o envolvimento de grandes geradores comerciais como restaurantes, mercados, supermercados e shopping centers, até, finalmente, o envolvimento de comunidades e bairros de geradores domésticos.

O tamanho geral da frota de veículos da coleta seletiva em três frações não tende a aumentar quando comparada com a frota da coleta convencional indiferenciada. A frota especializada em cada fração de coleta é disposta em dias alternados, por exemplo, 3 vezes por semana orgânicos, 2 vezes por semana recicláveis secos e 1 vez por semana rejeitos. Os caminhões especializados na coleta seletiva de resíduos orgânicos não necessitam de equipamento compactador já que os resíduos orgânicos segregados na origem não são compactáveis. O transporte dos resíduos orgânicos putrescíveis (ou de rápida degradação) deve ser realizado em acondicionamento hermético que evite a exposição do resíduo ao

ambiente, causando a liberação de odores ou efluentes líquidos.

Um elemento importante da estratégia de coleta seletiva de resíduos orgânicos é o recipiente de coleta para cozinhas domésticas. A cidade de Milão, na Itália, distribuiu para seus geradores domésticos um modelo de “baldinho de pia” com paredes perfuradas e sacos de bioplástico compostável porosos ao ar (**Figura 6**). Além de facilitar enormemente a logística da coleta seletiva de orgânicos, a degradação aeróbia ocorrida no próprio baldinho já reduzia em 20 % o peso do resíduo.

O envolvimento da comunidade por meio de políticas de incentivo à organização de esquemas comunitários de distribuição de baldinhos e coleta seletiva de resíduos orgânicos com encaminhamento a pátios de compostagem descentralizados operados pela comunidade ficou conhecida no Brasil a partir da experiência de Florianópolis (SC) como “Revolução dos Baldinhos” e foi indicada como Tecnologia Social referência pela Fundação Banco do Brasil.

A obtenção de resíduos orgânicos segregados na fonte, de boa qualidade, apresenta alguns desafios, principalmente no nível domiciliar, relacionados ao armazenamento, disposição para coleta e forma de coleta desse material, devido à sua característica de

putrescibilidade. Para isso, é necessário o estabelecimento de um sistema robusto de coleta seletiva, incentivos e fiscalização, que alie a disponibilização de infraestrutura municipal com ações de educação ambiental contínuas para sensibilização e mobilização da população para a correta segregação dos resíduos na fonte.

Considerando esses aspectos, indica-se que se inicie o tratamento dos resíduos orgânicos na unidade de compostagem por aqueles de grandes geradores, que já apresentam algum grau de segregação na origem, como as feiras livres e mercados, sendo incorporados os resíduos domésticos conforme for avançando a implantação dos sistemas de coleta seletiva domiciliar dos resíduos orgânicos. A utilização da unidade de compostagem como um instrumento de educação ambiental, bem como a distribuição do composto produzido, podem servir como sensibilizadores para a adoção da segregação em três frações por parte da população, sendo

que ações de treinamento, produção e distribuição de materiais informativos e fiscalização são essenciais para garantir a boa qualidade da separação dos resíduos orgânicos na origem.

**Figura 6 – Sistema de coleta seletiva de resíduos orgânicos em Milão, Itália.**



**Contentor com rodinhas**  
Contentores de 120 L dispostos nas calçadas\*, para cada residência. Também disponível no tamanho de 35 L.

\* Os contentores são distribuídos gratuitamente à população

**Lixeira de cozinha ventilada**

A pequena lixeira de cozinha apresenta uma estrutura especial aerada para garantir a oxigenação do saco compostável e de seu conteúdo, minimizando a geração de odores e líquidos.

**Sacos compostáveis**

Sacos produzidos com bioplásticos tem propriedades e características muito similares aos plásticos tradicionais, porém, são biodegradáveis e compostáveis de acordo com a norma europeia EN13432.



Fonte: adaptado de Heinrich (2017).

### 4.3. Preparação prévia do material fonte

A principal forma de preparação dos resíduos orgânicos para a compostagem refere-se à qualidade da segregação na origem pelo gerador. A referência para aceitação dos resíduos na unidade de compostagem é de, no máximo, 5 % em peso de resíduos não conformes dentro da massa de resíduos orgânicos segregados na origem.

É necessário monitorar constantemente a qualidade da segregação na origem, mesmo após a implantação bem-sucedida, identificando com rapidez os locais que estejam gerando resíduos em desconformidade e dando feedback imediato a equipes de educação ambiental, que devem reforçar o trabalho de conscientização nesses pontos específicos de geração.

Quanto aos resíduos públicos municipais de feiras livres, é necessário segregar os resíduos orgânicos de outros resíduos especiais presentes, tais como cascas de coco verde, madeiras de caixarias com pregos, e outros resíduos que necessitem de máquinas ou tratamentos especiais antes de poderem ser incorporados na leira de compostagem. Os resíduos de podas devem chegar à unidade de compostagem já triturados e, como os

resíduos de aparas de jardinagem, devem estar livres de outros resíduos contaminantes como terra, asfalto, pedras, restos de construção civil, resíduos recicláveis e rejeitos.

### 4.4. Modelos e tecnologias aplicáveis à Baixada Santista

Para avaliação dos modelos tecnológicos de compostagem aplicáveis à realidade da Baixada Santista, foram considerados os critérios apresentados no **Quadro 1**.

Dessa forma, apenas os sistemas e métodos técnicos que pressupõem resíduos sólidos orgânicos segregados na origem isentos de contaminações sanitárias, químicas ou biológicas e processos de higienização aeróbicos termófilos (que atingem temperaturas acima de 55 °C por períodos superiores a 14 dias) foram considerados na análise das alternativas tecnológicas para a implantação de unidades de compostagem na Baixada Santista.

Assim, foram selecionadas as seguintes tecnologias para análise:

- Sistema de leiras revolvidas (*turned windrow composting*) (**Figura 7**);



- Sistema de leiras estáticas com aeração forçada (*aerated static pile composting*) (**Figura 8**);
  - Sistema de leiras estáticas de aeração passiva (aeração passiva com ou sem tubos perfurados – Método UFSC) (**Figura 9**);
  - Sistema de leiras estáticas cobertas por mantas semipermeáveis nanoporosas e aeração forçada automatizada (**Figura 10**);
  - Sistema de leiras com arquitetura projetada para a aeração (sistema L.A.P.A.) (**Figura 11**).
- A descrição das tecnologias, bem como avaliação de suas vantagens e desvantagens está apresentada no **Quadro 2**.

#### Quadro 1 – Critérios utilizados para seleção das tecnologias de compostagem mais adequadas à realidade da Baixada Santista

Enquadramento nos requisitos exigidos pela Resolução CONAMA nº 481/2017, no que diz respeito à presença de condições aeróbias e termófilas e tempo mínimo necessário para higienização do material;

Enquadramento nos critérios definidos pela IN MAPA/SDA nº 61/2020 para a produção de compostos orgânicos de Classe A, no que diz respeito à utilização de resíduos orgânicos domiciliares e de limpeza urbana para a produção de fertilizante orgânico, desde que segregados na fonte geradora e recolhidos por coleta diferenciada em, no mínimo, três frações (orgânicos, recicláveis e rejeitos), isentos de contaminações sanitárias;

Capacidade de tratamento de, no mínimo, 20 t/dia;

Capacidade de tratamento de todos os tipos de resíduos orgânicos gerados por residências, mercados, restaurantes, feiras livres e provenientes da limpeza pública;

Existência de unidades em operação em território nacional, como referência de experiência prática para redução de risco tecnológico e de custos de transferência de tecnologia.

Fonte: Elaborado pelos autores.

## Quadro 2 - Análise das tecnologias de compostagem possíveis de serem implantadas na Baixada Santista

Tecnologia de compostagem	Descrição	Vantagens	Desvantagens
Sistema de leiras revolvidas	Sistema de leiras com seção piramidal com revolvimento para aeração por equipamentos motorizados de grande porte.	Capacidade de tratamento maior que 20 t/dia; Fácil operação; Baixo custo de implantação; Baixa exigência técnica especializada.	Baixa performance de processamento por área necessária (500 m <sup>2</sup> /t); Carregamento por batelada em cada leira (alimentação única); Gastos de combustível com maquinário; Necessidade de regas e revolvimento frequente, com emissão de odores e bioaerossóis (impactos na vizinhança).
Sistema de leiras estáticas com aeração forçada	Sistema de leiras piramidais sem revolvimento, com aeração forçada a partir de sopradores posicionados em sua base.	Boa performance de processamento por área necessária (250 m <sup>2</sup> /t);	Pouco controle da emissão de odores; Carregamento das leiras por batelada; Necessidade de equipamentos de controle automatizado e de ventilação de alta potência, com gasto de energia elétrica; Altos custos de implantação e operação. Alta exigência técnica especializada.
Sistema de leiras estáticas de aeração passiva (método UFSC)	Sistema de leiras de seção retangular ou piramidal, com ou sem inserção de tubos perfurados para aeração passiva	Baixo custo; Fácil operação.	Baixa aeração da massa de resíduos; Maior tempo de compostagem (8 a 12 meses); Uso de bombonas para transporte exige limpeza e gera efluente para tratamento. Indicado para compostagem rural ou urbano em escalas abaixo de 0,5 t/dia.
Sistema de leiras estáticas com manta semipermeável	Sistema de leiras estáticas cobertas por mantas semipermeáveis nanoporosas e aeração forçada automatizada	Alta performance técnica e ambiental; Controle de odores e emissões; Operação contínua; Baixo custo de operação; Possibilidade de automação completa do processo.	Alto custo de implantação. (Taxas de importação) Indicado somente para capacidades maiores que 30 t/dia.
Sistema de leiras com arquitetura projetada para aeração (sistema L.A.P.A.)	Sistema de leiras retangulares com paredes e cobertura de aparas de gramíneas, com aeração natural permanente, drenagem, coleta e recirculação do percolado.	Boa performance de processamento por área (250 m <sup>2</sup> /t); Baixo impacto de vizinhança (não há emissão de bioaerossóis e odores); Fácil operação; Baixo custo; Fluxo contínuo de alimentação.	Indicado para áreas urbanas com capacidade entre 2 e 30 t/dia. Acima de 30 t/dia, apresenta maior complexidade de operação, exigindo fluxo intenso e gestão dedicada para manter os requisitos de funcionamento.



**Figura 7** - Unidade de compostagem com sistema de leiras revolvidas em Campinas (SP)



**Figura 8** - Unidade de compostagem com sistema de leiras estáticas de aeração forçada em Indaiatuba (SP)



**Figura 9** - Pátio de compostagem com sistema de leiras estáticas de aeração passiva (método UFSC) em Florianópolis (SC)



Fonte: Composul (2023)

**Figura 10** - Unidade de compostagem com sistema de leiras estáticas com manta semipermeável em Içara (SC)



Fonte: Agência Mural (2021)

**Figura 11** - Pátio de compostagem com sistema de leiras com arquitetura projetada para aeração (sistema L.A.P.A) em São Paulo (SP)

Considerando as características de cada uma das tecnologias apresentadas e a realidade e características da Região, selecionou-se como melhor aplicáveis à realidade da Baixada Santista o sistema de leiras com arquitetura projetada para aeração (sistema L.A.P.A.) e o sistema de leiras estáticas com membrana semipermeável, que apresentam boa performance de processamento por área, baixo impacto de vizinhança, fluxo contínuo de alimentação e baixa a média complexidade de operação. Essas tecnologias serão detalhadas no item a seguir.

## 4.5. Descrição das tecnologias sugeridas para aplicação na Baixada Santista

### 4.5.1. Sistema L.A.P.A

O sistema de leiras com arquitetura projetada para aeração (sistema L.A.P.A.) foi desenvolvido incorporando vários aperfeiçoamentos a partir do sistema de leiras estáticas para aeração passiva desenvolvido no Brasil pela Universidade Federal de Santa Catarina em Florianópolis (SC), conhecido

como “Método UFSC”, que segue a metodologia de Inácio e Miller (2009) e inclui as seguintes características:

- Uso de bombonas plásticas para segregação na origem, armazenamento e transporte dos resíduos orgânicos;
- Leiras estruturadas com paredes perpendiculares ao solo, com auxílio de materiais verdes como grama e outros resíduos vegetais, que permitem a formação de uma estrutura que se sustente com o peso dos resíduos aplicados no interior da leira, conferindo-se um formato retangular à mesma;
- Revolvimento manual ou mecanizado da leira ao final da fase ativa.

O método de Leiras com Arquitetura Projetada para Aeração - L.A.P.A. (Ricci-Jürgensen et al., 2016) representa uma evolução e um aperfeiçoamento do Método UFSC, tornando-o mais robusto para atendimento dos critérios de segurança e controle de riscos para compostagem em ambientes urbanos. Esse método incorporou os seguintes critérios ao processo de compostagem:

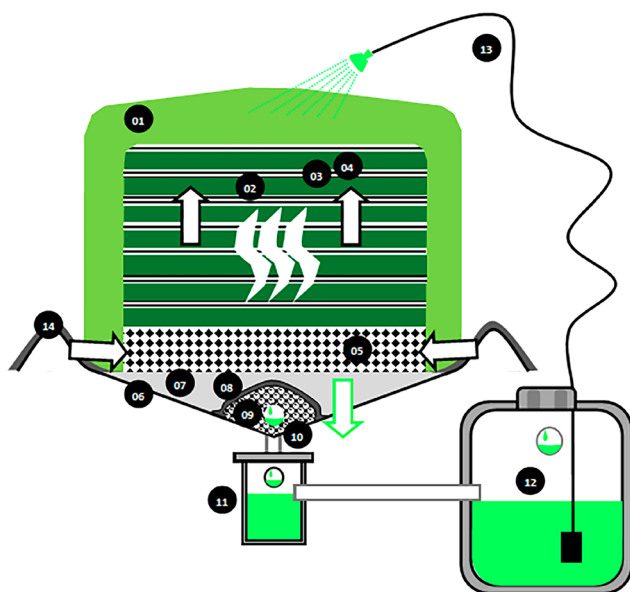
- Operação mecanizada e sem uso de bombonas;
- A arquitetura da leira é construída de modo a permitir o arraste de oxigênio para seu interior pelo fluxo convectivo, facilitando a atividade de decomposição microbiana e manutenção de fatores importantes no

- processo de compostagem, como temperatura, umidade, aeração, e relação entre carbono e nitrogênio, reduzindo o uso de mão de obra, equipamentos, água e energia;
- Implantação de sistema de drenagem e recirculação do percolado;
  - Construção das paredes e base da leira com material estruturante (poda triturada);
  - Cobertura da leira com camada de aparas de grama, para permitir a entrada de ar, desviar a entrada de água da chuva e manter a temperatura interna da leira;
  - Alimentação da leira com mistura na proporção em peso de 2/3 de resíduos de alimentos com 1/3 de resíduos estruturantes (resíduos verdes);
  - Alimentação das leiras por fluxo contínuo e mistura manual de camadas a cada nova carga de resíduos. Recomendação de segregação dos resíduos orgânicos na origem, com preferência pela utilização de sacos de bioplástico compostável, conforme a norma ABNT NBR 15.448-2/2008 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008);
  - Impermeabilização do solo abaixo das leiras, com geomembrana de PEAD ou pavimento de concreto;
  - Cobertura dos extremos laterais da geomembrana de impermeabilização com pequena camada de solo, para atuar como ponte microbiana, que comunica o ambiente interno da leira com os microrganismos presentes no solo;
  - Revolvimento da leira apenas ao final da fase ativa da compostagem, para preparar o material para a fase de maturação;
  - Recirculação do líquido percolado apenas durante a fase ativa;
  - Inserção de uma camada de poda triturada pura de, no mínimo, 40 cm de altura na base da leira, para evitar a compactação de fundo;
  - Inserção de camada de aparas de gramíneas de, no mínimo, 25 cm de espessura, para cobertura da leira;
  - Uso de areia acima do bidim que cobre a brita que reveste o dreno perfurado no sistema de drenagem de líquidos percolados da leira de compostagem, para evitar a colmatagem do bidim.
- O esquema da leira de compostagem do método L.A.P.A. com sistema de drenagem construído com geomembrana de PEAD é apresentado na **Figura 12**.

A arquitetura da leira promove eficiência de aeração da seguinte forma:

- O excesso de líquido percolado sai rapidamente do interior da leira;
- O ar frio externo entra pelos espaços vazios entre as partículas da base de poda triturada e do mix de resíduos;
- A ação microbiana aquece o ar no interior da leira que sobe e puxa o ar frio externo para o interior da leira, iniciando o movimento convectivo de maneira uniforme;
- O calor e a umidade interna da leira são mantidos pelo cobertor/telhado/parede de aparas de grama devido à micropilosidade das folhas de gramíneas;
- Atinge-se velocidades de arrasto do ar que levam oxigênio para o interior da leira e o processo é acelerado, atingindo com facilidade temperaturas termófilas (acima de 55°C).

**Figura 12 -** Arquitetura da leira de compostagem utilizando o método L.A.P.A.



1. Cobertura e paredes de aparas de grama (espessura: 25 cm)
2. Mix resíduos (C/N 35:1)
3. Inóculo (composto)
4. Poda triturada
5. Base de poda triturada (10cm)
6. Geomembrana de PEAD (1mm)
7. Areia média
8. Geotêxtil Bidim
9. Brita #3
10. Dreno corrugado Ø 100mm
11. Caixa de inspeção
12. Caixa de acumulação
13. Bomba para recirculação do percolado
14. Ponte microbiana com o solo local

Fonte: Elaborado pelos autores.

#### 4.5.2. Sistema de leiras estáticas com manta semipermeável

O método das leiras estáticas de aeração forçada cobertas com mantas semipermeáveis com camada interna de ePTFE (Teflon®) expandido ou politetrafluoroetileno expandido se desenvolveu para lidar com as limitações do método de leiras estáticas de aeração forçada. O sistema utiliza uma manta que garante que a aeração se dê com pressão positiva, ou seja, o oxigênio não cria canais preferenciais de saída da massa de resíduos e é empurrado uniformemente para o preenchimento dos espaços vazios internos à massa de resíduos, garantindo uma aeração homogênea (**Figura 13**).

A manta utilizada no processo é composta por três camadas: a primeira interna, de tecido de nylon resistente a choques mecânicos e à degradação microbiológica; a segunda (o “miolo” da manta) de tecido de ePTFE expandido (ePTFE), que é inerte e extremamente resistente à degradação biológica, com uma nanoestrutura que só permite a passagem de gases e impede que saiam da leira gotículas de líquidos, microrganismos e compostos orgânicos voláteis; e a terceira camada externa, que é constituída de tecido resistente à degradação por raios ultravioleta e que protege o ePTFE expandido da ação desses raios e das intempéries, como chuva e ventos.

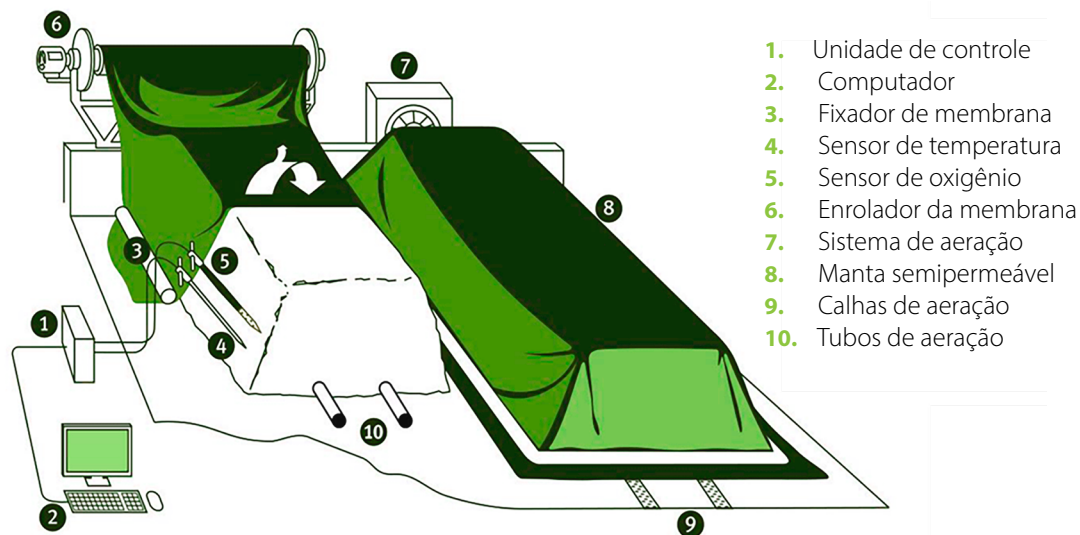
Desse modo, o sistema de leiras estáticas de aeração forçada com mantas semipermeáveis

com camada interna de ePTFE expandido resolve de maneira definitiva os grandes desafios da compostagem de resíduos sólidos municipais em áreas urbanas, ou seja, o controle de odores, patógenos e vetores e da emissão de efluentes líquidos. Devido à sua característica modular, essa solução pode ser aplicada em todas as escalas de operação, tendo restrições apenas em relação aos custos de implantação, que são elevados, devido a tratar-se de tecnologia importada.

Os custos de operação, no entanto, são mais baixos que os custos de outras alternativas, devido ao baixo consumo de energia e combustível e a baixa demanda de mão-de-obra. Assim, com os cuidados necessários para a preservação dos equipamentos, a vida útil da tecnologia pode estender-se e tornar os custos finais competitivos.

Além disso, o monitoramento das variáveis de controle da leira como pressão, oxigênio e temperatura e a possibilidade de correção remota e online imediata do programa dos aeradores entrega grande segurança de operação e facilidade de gerenciamento remoto por meio da internet. Essas características estão transformando essa tecnologia na mais utilizada para unidades de compostagem de grande escala em áreas urbanas ou periurbanas nos países desenvolvidos.

**Figura 13** - Esquema do sistema de leiras estáticas com manta semipermeável



Fonte: Composul (2022)

## 4.6. Licenças e autorizações necessárias

De acordo com a Resolução CONAMA nº 237/97 e da Lei Estadual nº 997/76, os sistemas autônomos públicos ou privados de armazenamento, transferência, reciclagem, tratamento e disposição final de resíduos sólidos estão sujeitas a licenciamento ambiental. Em âmbito estadual, a Resolução SMA nº 075/2008, dispõe sobre o licenciamento de unidades de armazenamento, transferência, triagem, reciclagem, tratamento e disposição final de resíduos sólidos, indicando a responsabilidade da CETESB

no licenciamento de unidades de compostagem com capacidade inferior a 100 t/dia (Brasil, 1997; São Paulo, 1976, 2008).

Não haverá dispensa de licenciamento ambiental, pois as unidades apresentarão capacidade de tratamento superior a 500kg/dia (Resolução SIMA nº 69, em São Paulo, 2020). Para a elaboração do estudo ambiental para sistemas de tratamento de resíduos sólidos urbanos por compostagem, que processem até 100 t/dia de resíduos orgânicos, a CETESB apresenta um roteiro com conteúdo mínimo a ser apresentado, que deverá ser detalhado dependendo de algumas características da

unidade de compostagem, como tamanho, área de inserção e capacidade suporte do meio.

Para a solicitação do licenciamento, deverão ser apresentados os seguintes documentos (CETESB, 2023):

- Certidão da Prefeitura Municipal Local;
- Manifestação do órgão ambiental municipal;
- Documento que comprove a propriedade do imóvel;
- Anuência da empresa concessionária/permissionária se o empreendimento se instalar próximo a rodovias;
- Roteiro de acesso até o local;
- Memorial de caracterização do empreendimento;
- Estudo ambiental para unidades de compostagem (empreendimentos com capacidade

- de até 10 t/dia e de 10 até 100 t/dia);
- Plano de Comunicação com a comunidade;
- Planilha de custos.

No caso do estudo ambiental para unidades de compostagem com capacidade de 10 a 100 t/dia, doze itens mínimos deverão ser seguidos, conforme apresentado no **Quadro 3**.

Para as unidades de compostagem com capacidade superior a 100 t/dia, a CETESB prevê que o licenciamento deverá ser realizado com base em estudos ambientais (EIA, RAP ou EAS), definidos pelas Resoluções CONAMA nº 01/86 e 237/1997, Resolução SMA nº 49/2014 e Decisão de Diretoria CETESB nº 153/2014/I (Brasil, 1986, 1997; CETESB, 2014; São Paulo, 2014).

### Quadro 3 - Informações necessárias para o processo de licenciamento para unidades de compostagem com capacidade de 10 a 100 t/dia



Fonte: Elaborado pelos autores



05

Implantação  
da unidade de  
compostagem

# Implantação da unidade de compostagem

## 5.1. Escolha da área

Em relação às distâncias, é importante que a área da unidade de compostagem seja implantada próxima às fontes geradores principais dos resíduos orgânicos ou às concentrações de consumidores de composto, buscando reduzir os custos com o transporte de resíduos e composto. O terreno ideal deve ser não alagável, distante no mínimo a 1,5 m da altura máxima do lençol freático, plano ou terraplenado, levemente inclinado - 1 a 2 % de declividade - para facilitar o escoamento das águas de superfície. Deve ter acesso fácil por caminhões e máquinas e possibilidade de fechamento por cercas e portões para evitar acesso de animais e pessoas não autorizadas e barreiras verdes para evitar ventos e minimizar a saída de odores.

## 5.2. Tamanho de área necessária

Para o sistema L.A.P.A., pode-se usar a referência de planejamento de 250m<sup>2</sup> de área necessária para cada tonelada de capacidade diária de processamento de resíduos orgânicos, já incluindo as áreas de armazenamento de podas trituradas e aparas de gramíneas, áreas de recepção e mix de resíduos e áreas de finalização do composto produzido. Assim, para um pátio de compostagem pelo sistema L.A.P.A. de 10 t/dia de capacidade de processamento devem ser reservados 2.500m<sup>2</sup> ou para 20 t/dia, 5.000m<sup>2</sup>. Destaca-se que a área necessária poderá variar conforme as características de cada projeto.

Para o sistema de leiras estáticas com manta semipermeável, que começa a ter viabilidade técnica e econômica a partir de 30 t/dia de capacidade, a referência de planejamento é de 35m<sup>2</sup> para cada tonelada de capacidade diária de processamento. Essa performance no uso da área é conseguida pela redução do tempo da compostagem para apenas 8 semanas devido ao maior controle dos fatores de operação no ambiente interno da leira. Assim, uma usina de compostagem pelo sistema de mantas semipermeáveis de 30 t/dia de capacidade necessitará de 1.050 m<sup>2</sup> e uma de 300 t/dia de capacidade necessitará de 10.500m<sup>2</sup>.

## 5.3. Preparação do terreno

O terreno deverá ser terraplenado com leve inclinação e compactado para permitir o tráfego constante de caminhões e máquinas com pavimento apropriado (pedriscos ou outros) que evite derrapagens e atolamentos. A condução das águas de superfície deve ser feita de modo a evitar alagamentos temporários e erosão, pois o pátio ou unidade de compostagem deverão funcionar inclusive em dias de chuva, já que o fluxo de resíduos dos sistemas de coleta doméstica e municipal é contínuo. O terreno deverá contar com cercamento e portões e uma barreira verde circundando seus limites para evitar ventos e preservar o ambiente microbiano da compostagem.

## 5.4. Infraestrutura e equipamentos necessários

O **Quadro 4** apresenta o detalhamento da infraestrutura e os equipamentos necessários para implantação dos dois métodos.





#### Quadro 4 - Detalhamento da infraestrutura e equipamentos necessários nos métodos L.A.P.A. e leira estática com manta impermeável

### Método L.A.P.A.

#### Infraestrutura

- Cercas, portões e barreira verde;
- Ponto de água e energia;
- Iluminação de emergência para operação noturna;
- Pavimento adequado ao tráfego de caminhões e máquinas (pedriscos ou outro);
- Galpão de Apoio e Finalização do Composto;
- Baías de Recepção e Mix de Resíduos;
- Sistema de Drenagem, Coleta e Recirculação de Líquidos Percolados;
- Base da leira em geomembrana de PEAD ou em concreto;
- Caixas de inspeção;
- Caixas de acumulação.

#### Equipamentos

- Trator com Pá carregadeira ou Mini-carregadeira;
- Triturador de galhos;
- Peneira manual inclinada ou de balanço, mecânica horizontal ou rotativa;
- Ensacadora e seladora;
- Balança;
- Termômetro;
- Bomba hidráulica semi-submersível tipo “sapo”;
- Carrinhos jerica, garfo reto, garfo curvo, pá, enxada, vassourão.

### Método de leiras estáticas com manta semipermeável

#### Infraestrutura

- Cercas, portões e barreira verde;
- Ponto de água e energia;
- Iluminação de emergência para operação noturna;
- Pavimento Concretado;
- Galpão de apoio, recepção/mix de resíduos e finalização do composto;
- Baía concretada com canaletas perfuradas para aeração e coleta de líquidos percolados;
- Muros laterais de concreto para fixação das bordas da manta;
- Muro de contenção e suporte de aeradores e do sistema de controle dos aeradores;
- Casa de Força e Controle dos aeradores.

#### Equipamentos

- Mantas semipermeáveis nanoporosas de tripla camada com camada interna de ePTFE;
- Equipamento enrolador/desenrolador de mantas;
- Sondas de pressão, temperatura e oxigênio;
- Internet (Wifi);
- Notebooks;
- Software de gerenciamento e controle do sistema aerador;
- Pá carregadeira;
- Peneira rotativa;
- Balança rodoviária.

Fonte: Elaborado pelos autores

## 5.5. Custos<sup>1</sup>

### 5.5.1. Pátio de Compostagem com sistema L.A.P.A.:

O **Quadro 5** apresenta um exemplo ilustrativo do dimensionamento e custos estimados para uma unidade de compostagem com capacidade de 20 t/dia.

**Quadro 5** - Dimensionamento e custos de uma unidade de compostagem pelo sistema L.A.P.A. e capacidade de 20 t/dia



### Dimensionamento

**Área Necessária:** 5.000 m<sup>2</sup>;

**Área Coberta:** 170 m<sup>2</sup>;

**Nº de turnos:** 01;

**Nº de operadores/turno:** 04 (período de funcionamento de 04 horas/dia);

**Dimensionamento das Leiras:** L: 2,00m x H: 2,75 x C: 20,00m;

**Número de Leiras:** 20;

**Ciclo da Leira:** 120 dias (Fase Ativa: 90 dias + Fase de Maturação: 30 dias);

**Dias Úteis por ano:** 313,07;

**Dias Úteis por mês:** 26,08;

**Entrada de resíduos:** Restos de Alimentos: 15 t/dia; Poda Triturada: 5 t/dia;

**Aparas de Gramíneas:** 1,8 t/dia;

**Geração de Líquido Percolado:** 19.723 L/mês (Reservatório: 25.000 L, 45 dias sem necessidade de recircular);

**Geração de Rejeitos:** 0,14 t/dia;

**Produção de Composto Finalizado:** 6 t/dia.

**1.** Os custos reais podem variar em função das dificuldades locais de preparação do terreno, do escopo e escala do projeto e outros fatores. Os exemplos indicados nesse item foram retirados de projetos reais, mas não se aplicam como casos gerais.



### Custos de implantação (CAPEX) (R\$/mês)

**Infraestrutura e Utilidades:** R\$ 281.077,50

**Ferramentas e Montagem:** R\$ 5.882,00

**Capex Total:** R\$ 286.959,50

**Capex Anualizado:** R\$ 28.695,90

### Custos de operação (OPEX) (R\$/mês)

**Salários:** R\$ 11.312,00

**Energia:** R\$ 479,00

**Manutenção:** R\$ 1.500,00

**Serviços de terceiros (esp. máquinas):**

R\$ 12.750,00

**Óleo combustível:** R\$ 471,40

**Opex por mês:** R\$ 26.512,40

**Opex Anualizado:** R\$ 318.148,80

### Custos por tonelada de resíduo orgânico compostado

**CAPEX + OPEX (R\$/ano):** R\$ 472.149,50

**CAPEX (R\$/t):** R\$ 13,10

**OPEX (R\$/t):** R\$ 145,30

**CAPEX + OPEX (R\$/t):** R\$ 158,40

Fonte: Elaborado pelos autores

## 5.5.2. Pátio de compostagem com sistema de leiras estáticas com manta semipermeável

O **Quadro 6** apresenta um exemplo ilustrativo do dimensionamento e custos estimados para uma unidade de compostagem com capacidade de 120 t/dia.

**Quadro 6** - Dimensionamento e custos de uma unidade de compostagem pelo sistema de leiras estáticas com manta semipermeável e capacidade de 120 t/dia



### Dimensionamento

**Área Necessária:** 7.500 m<sup>2</sup>;

**Área Coberta:** 500 m<sup>2</sup>;

**Nº de turnos:** 01;

**Nº de operadores/turno:** 03 (período de funcionamento de 08 horas/dia)

**Dimensionamento das leiras:** L: 8,40m x H: 3,50 x C: 50,00m

**Número de Leiras:** 6;

**Ciclo da Leira:** 45-60 dias (Fase Ativa: 30 dias + Fase de Maturação: 15 dias)

**Dias úteis por ano:** 313,07

**Dias úteis por mês:** 26,08;

**Entrada de resíduos:** Restos de Alimentos: 80 t/dia; Poda Triturada: 40 t/dia

**Aparas de Gramíneas:** 0,20 t/dia;

**Geração de Líquido Percolado:** próximo de zero;

**Geração de Rejeitos:** 3 t/dia;

**Produção de Composto Finalizado:** 36 t/dia.



### Custos de implantação (CAPEX) (R\$/mês)

**Infraestrutura e Utilidades:** R\$ 1.636.600,00  
**Tecnologia (importada):** R\$ 9.802.000,00  
**Equipamentos e Montagem:**  
R\$ 1.003.332,00

**Capex Total:** R\$ 12.441.932,00  
**Capex Anualizado:** R\$ 622.096,60

### Custos de operação (OPEX) (R\$/mês)

**Salários:** R\$ 15.352,00  
**Energia:** R\$ 1.764,50  
**Manutenção:** R\$ 2.000,00  
**Serviços de terceiros:** R\$ 1.000,00

**Óleo combustível:** R\$ 2.546,00  
**Opex por mês:** R\$ 22.662,50  
**Opex Anualizado:** R\$ 271.950,00

### Custos por tonelada de resíduo orgânico compostado

**CAPEX + OPEX (R\$/ano):** R\$ 894.046,60  
**CAPEX (R\$/t):** R\$ 16,56

**OPEX (R\$/t):** R\$ 7,24  
**CAPEX + OPEX (R\$/t):** R\$ 23,80

Fonte: Elaborado pelos autores



06

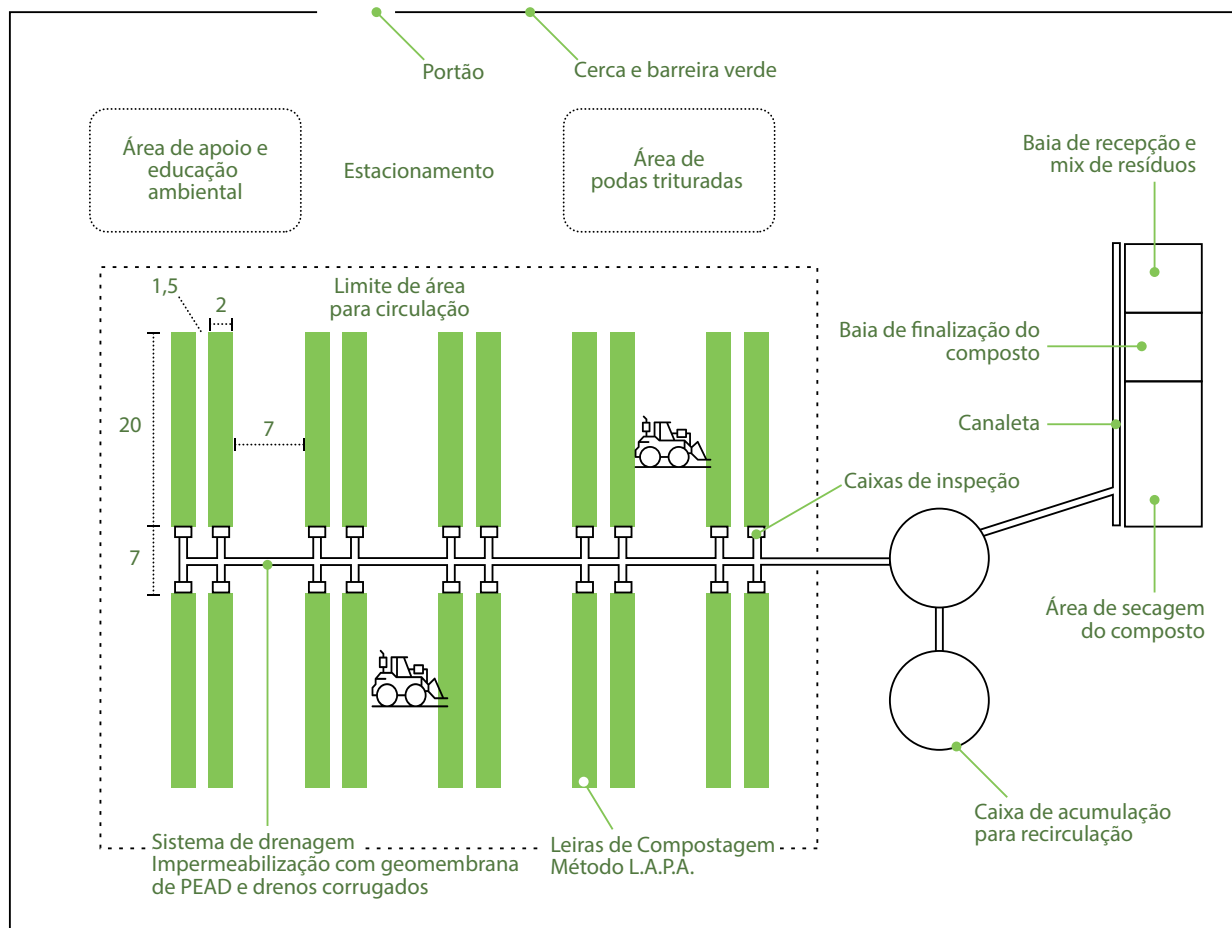
Operação da  
unidade de  
compostagem

# Operação da unidade de compostagem

## 6.1. Requisitos para operação

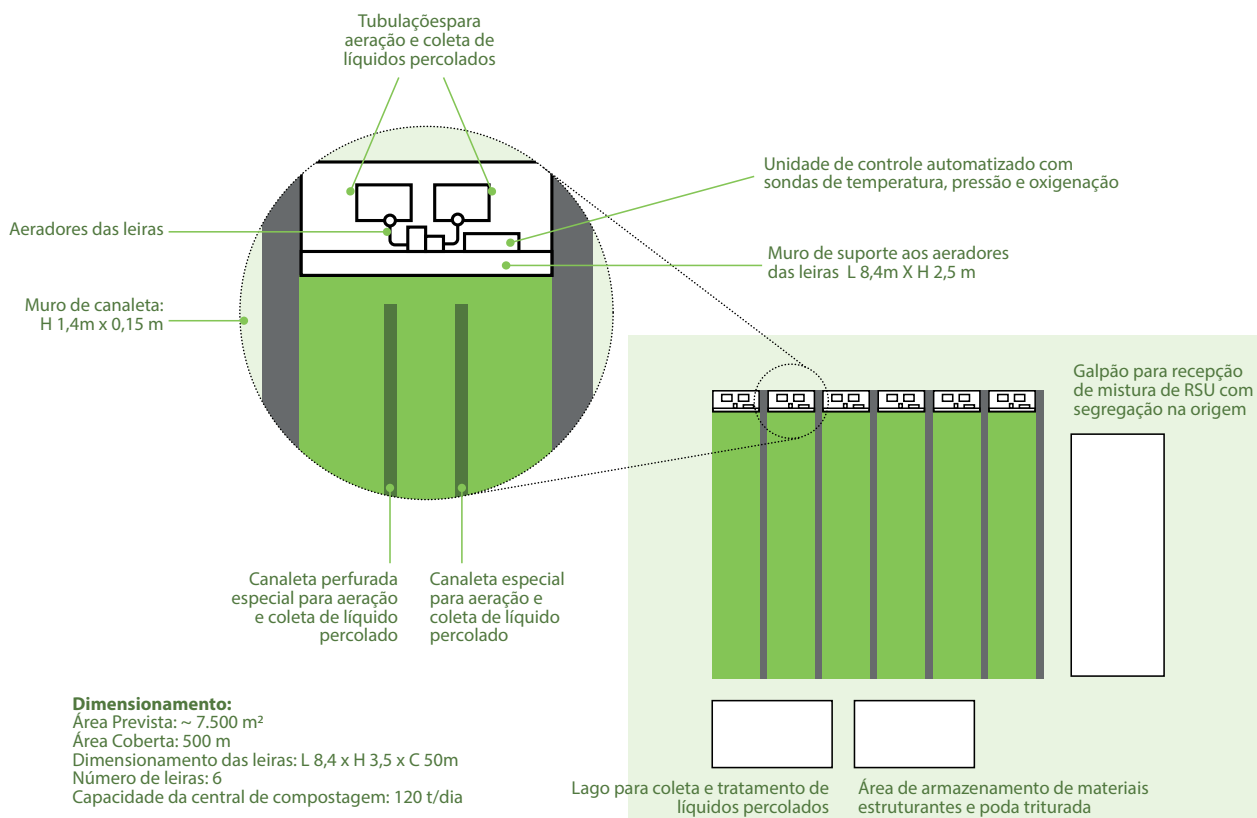
Nas **Figuras 14 e 15** é possível verificar os desenhos esquemáticos conceituais de unidades de compostagem para os dois tipos de métodos. Os itens a seguir detalham as etapas para operação.

**Figura 14** - Esquema conceitual de unidade de compostagem utilizando o método L.A.P.A.



Fonte: Elaborado pelos autores

**Figura 15** - Esquema conceitual de unidade de compostagem utilizando o sistema de leiras estáticas com manta semipermeável



Fonte: Elaborado pelos autores

### 6.1.1. Unidade de Compostagem com sistema L.A.P.A.:

O **Quadro 7** apresenta as etapas de operação de um pátio de compostagem com o sistema L.A.P.A..

#### Quadro 7 - Etapas de operação de um pátio de compostagem com sistema L.A.P.A.



Fonte: Elaborado pelos autores

## 6.1.2. Unidade de Compostagem com sistema de leiras estáticas com manta semipermeável

O **Quadro 8** apresenta as etapas de operação de um pátio de compostagem com sistema de leiras estáticas com manta semipermeável.

### Quadro 8 - Etapas de operação de um pátio de compostagem com sistema de leiras estáticas com manta semipermeável

- 1** A operação inicia-se pela verificação de autorização de acesso de veículos à Central de Compostagem, recepção, inspeção da carga para verificação da qualidade da segregação na origem e autorização para descarga no local indicado. No galpão para recepção/mix de resíduos o operador da carregadeira deve promover a homogeneização dos resíduos putrescíveis (restos de comida) com os resíduos estruturantes (podas trituradas) na proporção 3:1 em peso e carregar imediatamente o mix homogeneizado para a área de leiras.
- 2** Na área de leiras, a leira a ser alimentada deve estar preparada com o equipamento enrolador/desenrolador de mantas já montado e posicionado. Começando o carregamento pelo muro de contenção o mix de resíduo deve ser posicionado até uma altura de 3,5m e a seguir coberto pela manta por meio do desenrolador. Assim que a manta cobrir os resíduos deve-se proceder o fechamento das laterais e da parte frontal da manta para evitar saída de ar e manter a pressão positiva no interior da leira quando acionados os aeradores. A alimentação completa da leira (que tem comprimento de 50m) deve ser feita em, no máximo, 1 semana, para não comprometer os ganhos de tempo e produtividade da tecnologia.
- 3** Uma vez montada e completa a leira, aplica-se as sondas de temperatura e oxigênio para determinar o programa de aeração por meio do software de controle do sistema, em geral 12-15 minutos de aeração a cada hora, fazendo-se constantemente o monitoramento com as sondas de temperatura e oxigênio para ajustes e correções no programa de aeração.
- 4** Bem conduzida a operação, não há produção de líquidos percolados e a fase ativa da compostagem estará completa em 4 semanas (01 mês), momento em que a leira é aberta e revolvida pela pá carregadeira e novamente fechada com a manta para a fase de maturação do composto com mais 4 semanas (01 mês).
- 5** Após os 02 meses de compostagem, o composto já se encontra em condições de ser finalizado na peeneira rotativa.

Fonte: Elaborado pelos autores

## 6.2. Mão de obra necessária e treinamentos

### 6.2.1. Unidade de Compostagem com sistema L.A.P.A.

A mão de obra necessária para uma Unidade de Compostagem com sistema L.A.P.A. de 20t/dia de capacidade é de 06 trabalhadores, sendo 01 operador de máquinas e 05 ajudantes. O treinamento e capacitação específica são necessários, já que a compostagem é uma técnica prática com semelhanças com a culinária, onde um trabalhador experiente deve orientar os primeiros passos do aprendiz. Recomenda-se que a equipe de operação faça visitas técnicas para treinamento em Pátios de Compostagem operados pelo sistema L.A.P.A., antes do início da operação.

### 6.2.2. Unidade de Compostagem com sistema de leiras estáticas com manta semipermeável

A mão de obra necessária para uma Unidade de Compostagem com sistema de leiras estáticas com manta semipermeável de 120t/dia de capacidade é de 03 trabalhadores, sendo 02 operadores de máquinas e 01 ajudante. O treinamento e capacitação específica são necessários e são realizados pelas próprias empresas fornecedoras da tecnologia que, normalmente, acompanha a nova unidade pelos primeiros 6 meses, garantindo pelo menos 2 ciclos completos de compostagem. Recomenda-se que a equipe de operação faça visitas técnicas para treinamento em Pátios de Compostagem operados pelo sistema de leiras estáticas com manta semipermeável, antes do início da operação.

## 6.3. Parâmetros para acompanhamento e monitoramento

No **Quadro 9** são apresentados os parâmetros que devem ser monitorados durante o processo de compostagem, com frequências diárias, semanais, mensais e anuais.

### Quadro 9 - Parâmetros a serem monitorados durante o processo de compostagem

#### Diariamente

##### **Pesagem dos resíduos**

Estimativa visual treinada do peso dos resíduos de comerciais e domésticos, de poda triturada e aparas de gramíneas, utilizando-se padrões obtidos nos ensaios de densidade aparente realizados com a balança da unidade de compostagem ou usando a balança embarcada no veículo de transporte, para cada grupo de geradores e cada tipo de resíduo.

##### **Temperatura das leiras (sistema L.A.P.A.)**

Verificação da espessura mínima de 0,30m da camada de cobertura de palha de aparas de grama, acima e lateral (3 locais diferentes no comprimento da leira);  
Verificação da temperatura da parte alta interna de cada leira de compostagem (3 locais diferentes no comprimento da leira);  
Verificação da temperatura da parte baixa interna de cada leira de compostagem (1 local no comprimento da leira).

##### **Temperatura das leiras (sistema de mantas semipermeáveis)**

Verificação da pressão interna, da temperatura e da oxigenação por meio do software de controle do sistema a partir da movimentação constante e cotidiana das sondas de temperatura e oxigênio em cada leira.

#### Semanalmente

##### **Informações meteorológicas**

Anotação das informações disponíveis na estação meteorológica mais próxima do pátio de compostagem, tais como: temperatura máxima e mínima, precipitação, ventos, umidade relativa do ar

##### **Caixas de inspeção e acumulação de líquidos**

Verificação da Altura, Coloração, Turbidez, Aspecto e Odor do líquido nas caixas de inspeção e acumulação de percolado;  
Verificação da Altura, Coloração, Turbidez, Aspecto e Odor do líquido nas caixas de inspeção e acumulação de sólidos do tratamento primário dos efluentes de lavagem da baía e galpão de recepção/mix e finalização."



### **Segurança e saúde dos trabalhadores**

Verificação da sinalização, rotinas procedimentos de saúde e segurança dos trabalhadores e uso de EPI;

Verificação do aspecto geral do pátio ou usina, organização, limpeza, sinalização, odor, vazamentos, estoque e espaço de armazenamento, resíduos caídos em locais não permitidos.

### **Geração de rejeitos**

Verificação da quantidade gerada de rejeitos na catação manual junto à baía ou galpão de recepção e mix de resíduos;

Verificação da quantidade gerada de rejeitos inorgânicos na peneira junto à área de finalização do composto.

### **Composto despachado**

Verificação da quantidade despachada de composto finalizado e anotação dos registros de despacho: o procedimento de entrega deve registrar qual lote de composto está sendo entregue, a quantidade em kg, em que formato (ensacado, a granel), para qual veículo, motorista e destinatário final, de modo a possibilitar o rastreamento a posteriori do uso final do composto e seu acompanhamento.

## **Mensalmente**

### **Qualidade da segregação dos resíduos na origem**

Visita às Áreas de Segregação, Armazenamento, Coleta e Transporte de Resíduos dos Geradores para verificação da qualidade dos procedimentos e orientações de correções necessárias.

### **Segurança e saúde dos trabalhadores**

Avaliação individual e coletiva das posturas de Saúde e Segurança dos Trabalhadores com indicações de ações para correção e melhoria.

## Anualmente

### **Análise de amostras do líquido percolado**

A coleta para análise será realizada 120 dias após o início do processo de compostagem. Metodologia indicada: EATON, A. Standard methods for the examination of the waste and wastewater. 21a edição. Baker & Taylor, 2005. A coleta para análise será realizada 120 dias após o início do processo de compostagem.

### **Análise de amostras do ponto de coleta de águas superficiais em ponto a montante e jusante da unidade de compostagem**

Metodologias indicadas:  
AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 16a edição, 1985.  
ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, RCRA. Groundwater Monitoring Technical Enforcement Guidance Document, 1986.  
ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes. EPA-600/4-79/020, 1983.  
ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Test methods for Evaluating Solid Waste - Physical/Chemical Methods, 2a edição, 1984

### **Análise de amostras do composto finalizado**

A análise do composto sólido será efetuada 120 dias após o início do processo de compostagem. Metodologias indicadas:  
BRASIL – MAPA. Instrução Normativa nº 27/2007;  
MAPA. Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos. Brasília: MAPA, 2007.  
A análise do composto sólido será efetuada 120 dias após o início do processo de compostagem.

### **Análises microbiológicas do composto sólido e líquido percolado**

Metodologia indicada:  
WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Integrated Guide to Sanitary Parasitology. WHO, 2004.  
Devem ser realizadas a análise microbiológica para as amostras coletadas do percolado líquido e a análise microbiológica do composto sólido.

Fonte: Elaborado pelos autores.

## 6.4. Cuidados com o entorno

Ambos os sistemas de compostagem apresentados neste guia são tecnologias testadas e aprovadas e que apresentam as melhores performances no controle de riscos ambientais, como odores, atração de vetores, disseminação de patógenos e geração de efluentes líquidos. A barreira verde que circunda a unidade de compostagem, por exemplo, também tem função de minimização de ruídos e poeiras que porventura sejam produzidas em momentos específicos da operação, mesmo que as tecnologias em si já tenham alto nível de controle sobre esses riscos.

No entanto, a informação prévia da população do entorno da unidade de compostagem pode ser negativa quanto a esse processo, criando, por antecipação, conflitos de vizinhança. Assim, devem ser previstas ações de sensibilização, de envolvimento antecipado da comunidade afetada com material informativo sobre os riscos e as práticas de controle, bem como sobre os benefícios à comunidade, ao município e ao meio ambiente. Devem ser criados canais de comunicação ininterruptos com a população do entorno, como uma “linha dedicada” para informação da comunidade, e-mail, grupo de rede social,

etc., para a rápida comunicação de quaisquer eventos de interesse da unidade de compostagem. Além disso, a unidade de compostagem deve estar bem sinalizada, com placas indicando os tipos de resíduos aceitos, o horário de funcionamento, o responsável pela unidade, entre outras informações que se considerar relevantes.

## 6.5. Vida útil esperada

A vida útil esperada dos investimentos na unidade de compostagem com sistema L.A.P.A. é de 10 anos. Pode-se, com cuidado e políticas adequadas de gerenciamento e manutenção, estender essa vida útil de referência. O sistema de drenagem das leiras construído em concreto em boas condições de operação pode durar por 20 anos.

A vida útil esperada dos investimentos na unidade de compostagem com sistema de leiras estáticas com manta semipermeável é de 20 anos. Em geral a tecnologia tem como referência de vida útil 10 anos, por isso, deve-se prever o reinvestimento aos 10 anos. A infraestrutura civil em boas condições de operação pode durar 20 anos ou mais. Os equipamentos têm como referência vida útil de 5 anos, sendo necessário prever reinvestimentos após cada período.

## 6.6. Avaliação de custo-benefício

No **Quadro 10** são apresentados os parâmetros econômicos dos sistemas de compostagem avaliados.

**Quadro 10** - Parâmetros econômicos dos sistemas de compostagem

Parâmetros	Sistema L.A.P.A (dimensionamento para 20 t/dia)	Sistema de leiras estáticas com manta semipermeável (dimensionamento para 120 t/dia)
Capacidade anual de processamento da central de compostagem	7.300 t/ano	37.568,50 t/ano
Produção anual de composto	2.190 t/ano	11.270,40 t/ano
CAPEX	R\$ -13,10/ t	R\$ -16,56/t
OPEX	R\$ -145,30/ t	R\$ -7,24/t
CAPEX+OPEX	R\$ -158,40/ t	R\$ -23,80/t
Valor da economia com aterro sanitário pelo desvio de resíduos orgânicos	R\$+29,42/t	R\$ +29,42/t
Valor de comercialização do composto	R\$ +300,00/t	R\$ +300,00/t
Benefício econômico estimado	R\$ +171,02/t R\$ 374.533,80/ano	R\$ +305,62/t R\$ 3.444.459,65/ano
Geração de créditos de carbono	3,0 t CO <sub>2</sub> eq/t de Composto; (6.570 t de CO <sub>2</sub> eq/ano) <sup>3</sup>	3,0 t CO <sub>2</sub> eq/t de Composto; (33.811 t de CO <sub>2</sub> eq/ano) <sup>4</sup>

Fonte: Elaborado pelos autores.

## 6.7. Fatores institucionais e de gestão

A implantação bem-sucedida da compostagem em municípios depende significativamente de fatores institucionais sólidos. Primeiramente, é fundamental que haja um comprometimento das autoridades locais, que devem estabelecer políticas e regulamentações claras e favoráveis à compostagem. Além disso, a disponibilidade de recursos financeiros para investir em infraestrutura adequada e na capacitação de equipes é crucial. Parcerias com organizações locais e a sociedade civil também desempenham um papel importante, promovendo a conscientização e a participação da comunidade.

Para a implantação das unidades de compostagem municipais ou microrregionais, alguns modelos podem ser adotados, sendo eles (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2018):

- a. Implantação direta pela administração pública (gestão própria), ou por meio de autarquia, empresa pública ou sociedade de economia mista;
- b. De forma conjunta com outros entes públicos, via consórcio ou convênio associativo (gestão pública consorciada);
- c. Mediante delegação à iniciativa privada, por meio de: concessão (concessão de serviço público comum, PPP – concessão patrocinada, PPP – concessão administrativa, ou concessão urbanística), permissão ou autorização.

Como estabelecido pela Resolução CONAMA nº 481/2017, os resíduos orgânicos são considerados resíduos recicláveis, e a compostagem um processo de reciclagem biológica (Brasil, 2017). Nesse sentido, um modelo possível seria inserir as cooperativas de resíduos recicláveis no processo de implantação e reciclagem dos resíduos orgânicos, desde o processo de educação ambiental para segregação na origem, como agentes ambientais, até a operação da central de compostagem e comercialização do composto produzido, semelhantemente ao modelo já implantado para recicláveis secos.

Por fim, a criação de mecanismos de monitoramento e avaliação permite a adaptação contínua das práticas de compostagem, garantindo sua eficácia e sustentabilidade a longo prazo. Esses fatores institucionais são pilares fundamentais para o sucesso da compostagem em nível regional e municipal, contribuindo para uma gestão de resíduos mais eficiente e ambientalmente responsável.



07

Utilização  
do composto  
produzido

# Utilização do composto produzido

## 7.1. Avaliação de qualidade do composto

O composto orgânico é enquadrado na legislação como fertilizante orgânico. A qualidade do composto produzido pela técnica da compostagem, deve obedecer a padrões definidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), em atendimento às Instruções Normativas (IN) nº 61/2020, nº 27/2006 e nº 07/2016. Esses atos normativos detalham as definições, exigências e especificações dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2006, 2016, 2020).

Conforme a Instrução Normativa SDA nº 25 (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009), os fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos e organominerais são classificados de acordo com as matérias primas utilizadas na sua produção. Os fertilizantes para serem produzidos, comercializados ou importados, deverão atender aos limites estabelecidos na Instrução Normativa SDA nº 27 (MAPA, 2006), alterada pela Instrução Normativa SDA nº 7 (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2016), no que se refere às concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem,

animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas.

Já a publicação da Instrução Normativa SDA nº 61 (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2020), estabelece a possibilidade de geração de composto Classe A a partir do tratamento, por compostagem, de resíduos de frutas, verduras e legumes e restos de alimento gerados em pré e pós-consumo, desde que segregados na fonte geradora em, no mínimo, três frações, e recolhido por coleta diferenciada.

Para a avaliação da qualidade do composto produzido pelo processo de compostagem, deve-se analisar alguns parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. O monitoramento e controle destes fatores se fazem necessários para a obtenção de um composto que apresente qualidade suficiente para atuar como condicionador do solo ou como fertilizante orgânico. Quanto maior a diversidade dos materiais de entrada, maior será a quantidade de nutrientes presentes no composto, sendo rico em macro e micronutrientes, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, zinco, cobre, manganês e boro.

Os **Quadros 11** e **12** apresentam, respectivamente, parâmetros que indicam as especificações e os contaminantes admitidos pelo composto oriundo da técnica de compostagem, estipulados pelo MAPA.

**Quadro 11** - Especificações dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos (valores expressos em base seca)

Parâmetro	Limites estabelecidos	
	Fertilizante Classe A*	Fertilizante Classe C*
Umidade – 65 °C (máx.)	50	50
Nitrogênio Total (mín.)	0,5	0,5
Carbono orgânico (mín.)	15	15
pH	6,0	6,5
Relação C/N (máx.)	20	20

Fonte: Anexo III, Instrução Normativa nº 25/2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009).

\* Classe A - Resíduos segregados na fonte geradora e recolhidos por coleta diferenciada;

\* Classe C – Qualquer matéria-prima oriunda de resíduos domiciliares.

Fonte: Elaborado pelos autores.

**Quadro 12** - Limites máximos de elementos admitidos em fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo

Contaminantes	Valor máximo admitido
Arsênio (mg/kg)	20,00
Cádmio (mg/kg)	3,0
Chumbo (mg/kg)	150,00
Cromo hexavalente (mg/kg)	2,0
Mercúrio (mg/kg)	1,0
Níquel (mg/kg)	70,00
Selênio (mg/kg)	80,00
Coliformes termotolerantes - número mais provável por grama de matéria seca (NMP/g de MS)	1.000,00
Ovos viáveis de helmintos - número por quatro gramas de sólidos totais (n em 4g ST)	1,00
Salmonella sp	Ausência em 10g de matéria seca
Materiais inertes – Vidros, plásticos, metais	0,5 % na massa seca
Materiais inertes - Pedras	5,0 % na massa seca

Fonte: Anexo V, Instrução Normativa nº 07/2016, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2016).

## 7.2. Usos possíveis para o composto

O objetivo principal da aplicação do composto orgânico ao solo é fornecer matéria orgânica e nutrientes para as culturas, bem como para tratamento de processos erosivos do solo. Dessa forma, em razão dos benefícios que proporciona, o composto orgânico pode ser utilizado para várias finalidades, dentre as quais: agricultura, paisagismo (uso em jardins urbanos), hortas urbanas, reflorestamento, recuperação de áreas sujeitas à erosão e de solos pobres ou esgotados, proteção de taludes e encostas, material de cobertura em áreas de mineração e aterros sanitários, etc.

Quando se utiliza um composto orgânico para a produção vegetal, é importante ter claro são os efeitos que se deseja com a sua utilização e também verificar se este apresenta as características agronômicas necessárias para proporcionar estes efeitos (EMBRAPA, 2022). Além disso, é importante levar em consideração os critérios de presença ou risco de contaminação química e biológica e estabilidade e maturidade do composto.

Além de cumprir os requisitos de qualidade apresentados anteriormente, que garantem a inocuidade na manipulação e o uso seguro conforme as características do composto orgânico, a comercialização do composto como fertilizante orgânico requer o registro do estabelecimento produtor e do produto no MAPA.

## 7.3. Modelo de gestão para uso e distribuição do composto

O modelo de gestão para uso e distribuição do composto remete ao preceito de que a administração municipal tem como responsabilidade o manejo direto dos resíduos domiciliares e os provenientes da limpeza urbana. Vale destacar que a PNRS reforça que cabe ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido.

As prefeituras podem disponibilizar meios de distribuição do composto orgânico gerado nos centros de compostagem, que pode ser usado em jardins e praças das cidades, hortas e como corretivo natural – em todos os tipos de solo e especialmente em solos argilosos e arenosos, pobres em matéria orgânica, assim como por qualquer cidadão que tenha interesse em sua utilização. Pode-se, por exemplo, criar um cadastro de interessados e uma fila de espera que organize as retiradas estabelecendo um máximo de volume/peso por interessado. Ou, caso se decida pela comercialização, pode-se também organizar leilões periódicos de venda direta ou de direitos de comercialização do composto produzido. Antes da implantação da unidade de compostagem, deve ser realizado um estudo de mercado para a distribuição do composto e a estruturação de um sistema robusto de escoamento dessa produção.



08

Estratégias  
de educação  
ambiental

## Estratégias de educação ambiental

As prefeituras municipais podem estimular e valorizar o processo de compostagem através da educação ambiental. A implantação de programas municipais e regionais de educação ambiental na Baixada Santista deve ocorrer de forma integrada entre as diversas secretarias municipais envolvidas com as questões ambientais e de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, como a Secretaria de Meio Ambiente, Educação, Turismo, Saúde e Obras, por exemplo.

É possível introduzir a compostagem à cada realidade local, através da elaboração de um Programa de Educação Ambiental

associado a intervenções educativas participativas. A elaboração desse programa busca sensibilizar tanto servidores municipais como a população em relação às questões relacionadas ao aproveitamento e aos danos ambientais causados pelo descarte incorreto dos resíduos orgânicos. O **Quadro 13** apresenta algumas ações que podem ser consideradas na construção do Programa de Educação Ambiental, com foco na redução da geração, correta separação e tratamento de resíduos orgânicos de forma centralizada (nas unidades de compostagem) e descentralizada (nas residências).



## Quadro 13 - Ações de educação ambiental envolvidas nas estratégias de tratamento de resíduos orgânicos

### População

- Produção e divulgação de materiais de orientação para o reaproveitamento de alimentos e redução de desperdício;
- Produção e distribuição de materiais de orientação sobre a correta separação dos resíduos orgânicos;
- Disponibilização de equipamentos para a separação de resíduos orgânicos;
- Disponibilizar caminhões de coleta com adesivos informativos de tipo de material coletado, assim como locais, datas e horário de coleta, além de sistema de som para informar a população nos pontos de trânsito e coleta;
- Operação “porta a porta”, passando nas residências com folhetos informativos sobre a forma de separação, data e hora da coleta seletiva de orgânicos;
- Divulgação sistemática do roteiro de coleta seletiva porta a porta e dos Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) de orgânicos para a população;
- Divulgação sobre a gestão regional dos resíduos, em locais de grandes concentrações de pessoas, como igrejas, hospitais e escolas, para sensibilizar a população sobre a importância de separação correta e tratamento dos resíduos orgânicos;
- Esclarecer o município e estabelecer parcerias com administradores de condomínios e prédios, promovendo treinamentos específicos de acondicionamento de resíduos para síndicos e zeladores;
- Distribuição de composto com orientações para construção de hortas e jardins domésticos;
- Estímulo a visitas às unidades de compostagem;
- Divulgação dos resultados e benefícios obtidos com o tratamento dos resíduos orgânicos municipais (geração de emprego e renda, redução de custos, utilização de composto no ajardinamento e arborização e produção de alimentos, redução da emissão de gases de efeito estufa);
- Promover a implantação de pontos de coleta e tratamento de resíduos orgânicos em parques, com geração, utilização e/ou doação do composto gerado.

### Turistas

- Implementação de programas de educação ambiental, com foco em resíduos, voltados à população flutuante nos municípios, principalmente nos meses de alta temporada (realização de eventos e distribuição de informações em locais de grande circulação, instalação de faixas informativas, divulgação na mídia, entre outros);
- Orientação e divulgação de informações para permissionários de praia e comerciantes em áreas turísticas sobre a correta separação e descarte de resíduos orgânicos.



## Escolas

- Inserção do tema de gestão de resíduos no currículo escolar;
- Palestras e aulas sobre a importância da separação e tratamento de resíduos orgânicos;
- Implantar ações de caráter educativo e pedagógico, em parceria com entidades do setor empresarial e sociedade civil organizada, para estudantes em todos os níveis de ensino, população em geral e população flutuante;
- Treinamento dos funcionários da cozinha, alunos e professores sobre a separação dos resíduos e realização da compostagem;
- Implantação de composteiras para tratamento dos resíduos orgânicos gerados na escola, operadas com apoio dos alunos e professores;
- Organização de visitas às unidades de compostagem;
- Construção de hortas e jardins utilizando o composto produzido.

## Feirantes e grandes geradores

- Orientações para a correta separação dos resíduos orgânicos;
- Promover treinamentos sobre a segregação e formas de tratamento e disposição adequadas para os resíduos orgânicos;
- Implantação do programa de reaproveitamento das sobras de alimentos junto ao comércio local e feirantes;
- Promoção de incentivos financeiros para os grandes geradores privados pela diminuição da geração, separação e destinação adequada, e tratamento local de seus resíduos;
- Elaboração e divulgação de material de orientação sobre as responsabilidades dos atores privados quanto à gestão de resíduos sujeitos a planos específicos, bem como a obrigatoriedade de adequação ao Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos e Plano/Programa Municipal de Educação Ambiental.

## Administração pública

- Implantação da separação e tratamento de resíduos orgânicos nos prédios da administração pública, com produção de materiais de comunicação sobre a correta separação e descarte;
- Promover treinamentos sobre a segregação e formas de tratamento e disposição adequadas para os resíduos orgânicos;
- Implantar canal de comunicação entre a população e a administração pública, para aumentar a participação nos processos de gestão de resíduos orgânicos.

Fonte: Elaborado pelos autores.



09

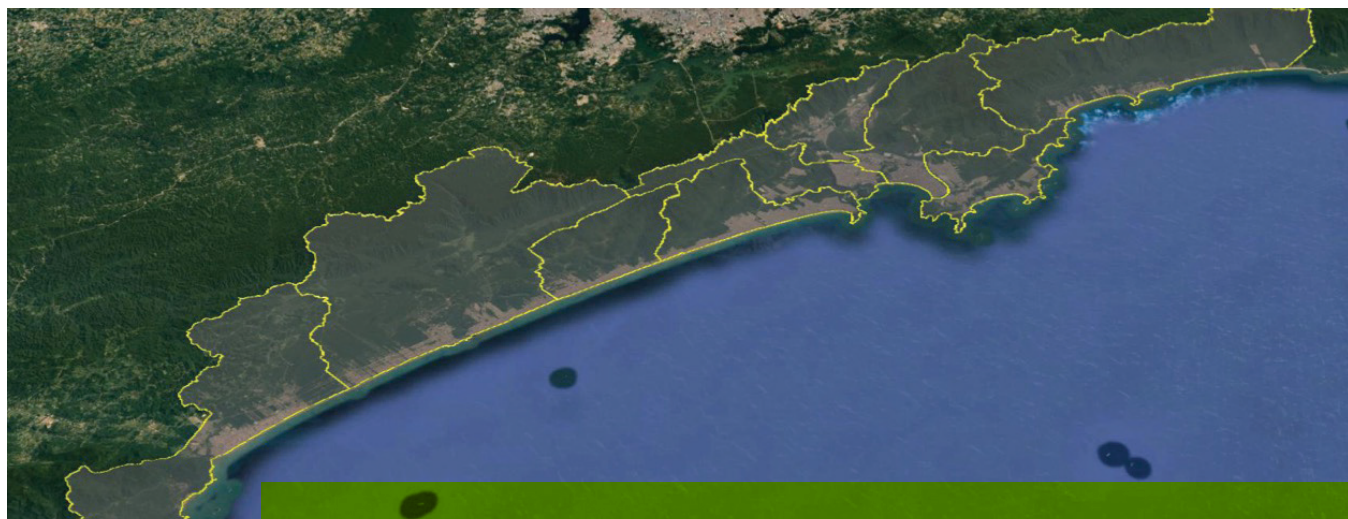
Boas Práticas  
da Baixada  
Santista

## Boas Práticas da Baixada Santista

A Região Metropolitana da Baixada Santista abrange diversos municípios com realidades distintas, mas compartilha a necessidade de lidar de forma responsável com seus resíduos. Felizmente, os municípios da região tem se esforçado para desenvolver estratégias inovadoras e sustentáveis, abrangendo desde a coleta seletiva e tratamento de resíduos orgânicos até ações de educação ambiental e logística reversa, essas práticas visam não apenas a redução do volume de resíduos enviados aos aterros sanitários, mas também o estímulo à coleta seletiva, a reciclagem, a compostagem

e outras estratégias que promovem a valorização dos resíduos como recursos, contribuindo para a construção de cidades mais sustentáveis e resilientes. O **Quadro 14** apresenta as ações já desenvolvidas pelos municípios da Baixada Santista na temática de resíduos orgânicos.

Com o objetivo de reunir as principais estratégias, foi criado um mural ilustrativo destacando as principais ações de cada município, que pode ser encontrado no seguinte link: [Estratégias de melhoria na Gestão de RSU na RMBS](#).



## Quadro 14 - Ações da Baixada Santista em resíduos orgânicos

### Bertioga

O Município teve dentro do Projeto RSU Energia, em parceria com o IPT, a distribuição de composteiras domésticas e oficina de compostagem, além da implantação de biodigestor para tratamento de resíduos orgânicos municipais. Possui também um guia de reaproveitamento de resíduos de poda (Souza; Velasco, 2022). No Viveiro Municipal de Plantas e Ideias Leopardo Francisco da Silva, conhecido como Seo Leo, possui uma Composteira Verde para o tratamento dos resíduos orgânicos gerados na unidade. Além disso, a Secretaria de Meio Ambiente distribui composteiras para aqueles interessados em iniciar o processo de compostagem.

### Santos

O Município possui o Programa Recicla Santos, que envolve a segregação de resíduos orgânicos desde a fonte. Possui também o Programa Composta Santos, que implementou uma usina piloto de compostagem e promove a compostagem em domicílio. No projeto foram distribuídas 59 composteiras-minhocários para entidades como ONGs e associações, as quais são supervisionadas e servem como centros de educação ambiental. Segundo a Secretaria de meio ambiente no programa Composta Santos, em parceria com a Unifesp e o Mesa Brasil (Sesc), originou-se o projeto Feira Feliz em 2022, iniciativa que analisou o descarte de resíduos orgânicos pelos feirantes e concluiu que 57% deles podem ser compostados.

### São Vicente

O Município deu início a um projeto piloto de compostagem orgânica utilizando ecobaldes, os voluntários que se engajam na compostagem podem ser recompensados com mudas, composto e hortaliças. Para os participantes do minhocário são distribuídas as minhocas, além de terem acesso a oficinas sobre a montagem do minhocário e a utilização de biofertilizantes e húmus. De acordo com a prefeitura, há previsão de implantação de unidades de compostagem de pequeno porte no Jardim Rio Branco.

### Cubatão

A Secretaria de Meio Ambiente está avaliando a possibilidade de estabelecer um centro de compostagem em um antigo aterro sanitário para processar os resíduos provenientes das feiras livres, bem como dos serviços de poda e roçagem. Possui também o Projeto Minhoca Amiga, com incentivo às famílias, a partir de projeto nas escolas, à realização da compostagem doméstica.



## Praia Grande

Segundo a Secretaria de Meio Ambiente do município há previsão de instalação de usina de compostagem de resíduos de feira no Bairro Tupiry, com objetivo de, além da redução de resíduo orgânico encaminhado aos aterros, gerar maior economia e, em uma segunda fase ampliar o atendimento aos supermercados do município. Algumas escolas municipais de Praia Grande possuem composteiras, a iniciativa tem como ponto principal explicar aos alunos e educadores o funcionamento da composteira. Uma vez que aprendem a usar o equipamento, os alunos têm a oportunidade de reaproveitar os materiais orgânicos que sobram da merenda escolar. A composteira permite que os alunos entendam a necessidade de reaproveitar resíduos que até então eram descartados como rejeito. O município possui também um projeto de Hortas comunitárias implantadas em quatro conjuntos habitacionais (Palmeiras, Júlio Couto, Anhanguera e Tupiry) e no momento conta com apoio técnico da CATI-SP (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral) para acompanhamento e capacitação dos moradores do conjunto responsáveis pela horta.

## Itanhaém

O município possui o Projeto Composta Itanhaém, que distribuiu 25 composteiras e realiza atividades como treinamentos, palestras e distribuição de guias informativos sobre compostagem em casa. O processo de vermicompostagem era realizada na Usina Brasil (atualmente desativada).

## Guarujá

O município possui um projeto piloto de compostagem e hortas urbanas em Vicente de Carvalho. Também há previsão da realização de compostagem municipal no centro de gerenciamento de resíduos em implantação (fase de licenciamento ambiental).

## Mongaguá

O município possui um projeto de implantação de minhocários para tratamento de resíduos orgânicos proveniente da merenda nas escolas municipais.

## Peruíbe

Ações em resíduos orgânicos estão em planejamento para implantação.



# 10 | Referências

## Referências

AGÊNCIA MURAL. **Prefeitura de SP oferece compostagem gratuita à população.** 2021. Disponível em: <https://www.agenciamural.org.br/prefeitura-de-sp-oferece-compostagem-gratuita-a-populacao-saiba-como-retirar/>. Acesso em: 04 ago. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.448-2:** Embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis - biodegradação e compostagem – requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2008. 10 p.

BRASIL. Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei n 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção I, Extra A, p. 2, 12 jan., 2022. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2022/decreto/d10936.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d10936.htm). Acesso em: 30 maio 2023.

BRASIL. Decreto nº 11.043, de 13 de abril de 2022. Aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 14 abr. 2022. Disponível em: Acesso em: 1 jul. 2023.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 03 ago. 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm). Acesso em: 30 maio 2023.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção I, p. 1, 16 jul., 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho--de-2020-267035421>. Acesso em: 20 abr. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 fev. 1986. p. 2548-2549. **(Alterada pelas Resoluções nºs 11/1986, 05/1987, 237/1997 e 494/2020)**

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 237, de 22 de dezembro de 1997. Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial da União**, Brasília, 22 dez. 1997. p. 30.841-30843. Disponível em: [http://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=237](http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=237). Acesso em: 13 dez. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 481, de 13 de outubro de 2017. Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 04 out. 2017. Seção 1, p.51. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=137380>. Acesso em: 13 dez. 2022.

CAMPINAS (CIDADE). **Usina Verde de compostagem**. Campinas: Prefeitura Municipal de Campinas, 2023. Disponível em: <https://fotos.campinas.sp.gov.br/picture.php?/58725/search/734>. Acesso em: 01 ago. 2023.

CETESB. Decisão de Diretoria nº 153/2014/I, de 28 de maio de 2014. Dispõe sobre os Procedimentos para o Licenciamento Ambiental com Avaliação de Impacto Ambiental no Âmbito da CETESB, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, Caderno Executivo I (Poder Executivo, Seção I), edição nº 124 (99), p. 51-52, 29 maio 2014.

CETESB. **Usinas de Compostagem com capacidade de até 100t/dia**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/licenciamentoambiental/roteiros/usina-de-compostagem/usinas-de-compostagem-com-capacidade-de-ate-100tdia/>. Acesso em 23 jun. 2023.

COMPOSUL. **Tecnologia alemã GORE® COVER SYSTEM**. Disponível em: <https://composul.com/#tecnologia>. Acesso em: 13 dez. 2022.

COMPOSUL. **Tecnologia Gore Cover System**. Disponível em: <https://composul.com/>. Acesso em: 03 ago. 2023.

EMBRAPA. **Curso de Compostagem**. 2022. Disponível em: <https://ava.sede.embrapa.br/course/view.php?id=101>. Acesso em: 10 dez. 2022.

FLORIANÓPOLIS (CIDADE). **Caminhão especializado da coleta seletiva de orgânicos em condomínios de Florianópolis (SC)**. Florianópolis: Prefeitura Municipal, 2021.

FLORIANÓPOLIS (CIDADE). **Coleta seletiva flex começa com forte adesão dos condomínios**. Prefeitura Municipal de Florianópolis, 2021. Disponível em: <https://www.pmf.sc.gov.br/noticias/index.php?pagina=notpagina&noti=23294>. Acesso em: 10 abr. 2023.

HEINRICH, K. **Milan achieves world class separate food waste collection**. Beyond Food Waste, 2017. Disponível em: <https://beyondfoodwaste.com/milan-achieves-world-class-separate-food-waste-collection/>. Acesso em: 01 ago. 2023.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: Ciência e Prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Florianópolis: Editora da UFSC, 2009.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Agência Metropolitana da Baixada Santista. **Plano Regional de gestão integrada de resíduos sólidos da Baixada Santista, PRGIRS/BS**. São Paulo: IPT; Santos: AGEM, 2018.

MERILLOT, J.M. Perspectives and state of the art of composting in France. In: BERTOLDI M. et al. **Science of Composting Part 2**. 1. ed. England: Chapman & Hall, 1996. p. 648 – 690.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa SDA nº 07, de 12 de abril de 2016. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, p. 9, 2 maio 2016. Disponível em: [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/21513067/do1-2016-05-02-instrucao-normativa-n-7-de-12-de-abril-de-2016--21512974](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/21513067/do1-2016-05-02-instrucao-normativa-n-7-de-12-de-abril-de-2016--21512974). Acesso em: 10 abr. 2023.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa SDA nº 25, de 23 de julho de 2009. Aprova as definições e normas sobre as especificações e garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos Fertilizantes Orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, nº 173, 28 jul. 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-25-de-23-7-2009-fertilizantes-organicos.pdf/view>. Acesso em: 30 abr. 2023.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa (IN) nº 61, de 8 de julho de 2020. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, 15 jul. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-61-de-8-7-2020-organicos-e-biofertilizantes-dou-15-7-20.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2023.

PARAJARA, F. C. **Tratamento de resíduos orgânicos – compostagem**. Itapeverica, Salto: Ecomark, [2023?]. 48 p. Disponível em: <https://www.sorocaba.unesp.br/Home/Graduacao/EngenhariaAmbiental/SandroD.Mancini/compostagem---ecomark.pdf>. Acesso em ago. 2023.

RICCI-JÜRGENSEN, M. et al. **Evaluation and recommendation report of the pilot composting plant in the Lapa district of the city of São Paulo**. São Paulo: CCAC/ISWA, 2016, 28 p. Disponível em: [https://www.waste.ccacoalition.org/sites/default/files/files/assessment\\_lapa\\_composting\\_plant\\_-\\_sao\\_paulo.pdf](https://www.waste.ccacoalition.org/sites/default/files/files/assessment_lapa_composting_plant_-_sao_paulo.pdf). Acesso em: 05 dez. 2022.

SÃO PAULO (ESTADO). Lei nº 997, de 31 de maio de 1976. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 30 dez. 1996. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1976/lei-997-31.05.1976.html>. Acesso em: 15 nov.2022.

SÃO PAULO (ESTADO). Resolução SMA nº 075, de 31 de outubro de 2008. Dispõe sobre licenciamento das unidades de armazenamento, transferência, triagem, reciclagem, tratamento e disposição final de resíduos sólidos de Classes IIA e IIB, classificados segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 10.004, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, seção 1, p. 45-46, 01 nov. 2008.

SÃO PAULO (ESTADO). Resolução SMA nº 102, de 20 de dezembro de 2012. Dispõe sobre dispensa de licenciamento ambiental para as atividades de compostagem e vermicompostagem em instalações de pequeno porte, sob condições determinadas. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 21 dez. 2012.

SÃO PAULO (ESTADO). Resolução SMA nº 49, de 28 maio de 2014. Dispõe sobre os procedimentos para licenciamento ambiental com avaliação de impacto ambiental, no âmbito da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 29 maio 2014. Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/legislacao/2014/05/RESOLUCAO-SMA-49-28052014.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2023.

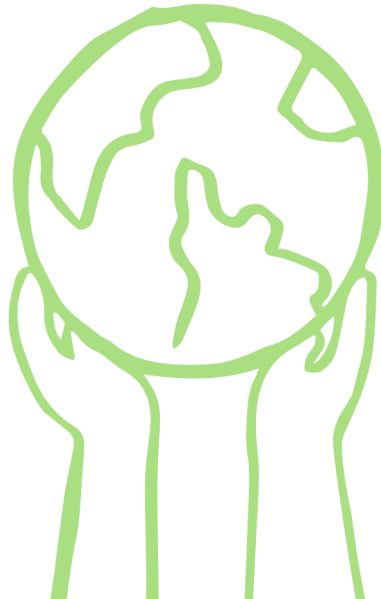
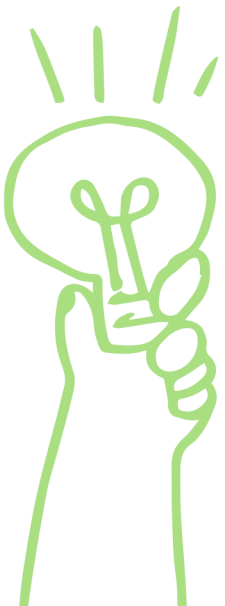
SÃO PAULO (ESTADO). Resolução SMA nº 69, de 08 de setembro de 2020. Dispõe sobre a dispensa de licenciamento ambiental das atividades de compostagem e vermicompostagem de resíduos orgânicos compostáveis de baixo impacto ambiental, sob condições determinadas. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 09 nov. 2020.

SF PUBLIC WORKS. **Recycling and refuse collection**. Disponível em: <https://www.sfpublicworks.org/services/recycling-and-refuse-collection>. Acesso em: 01 ago. 2023.

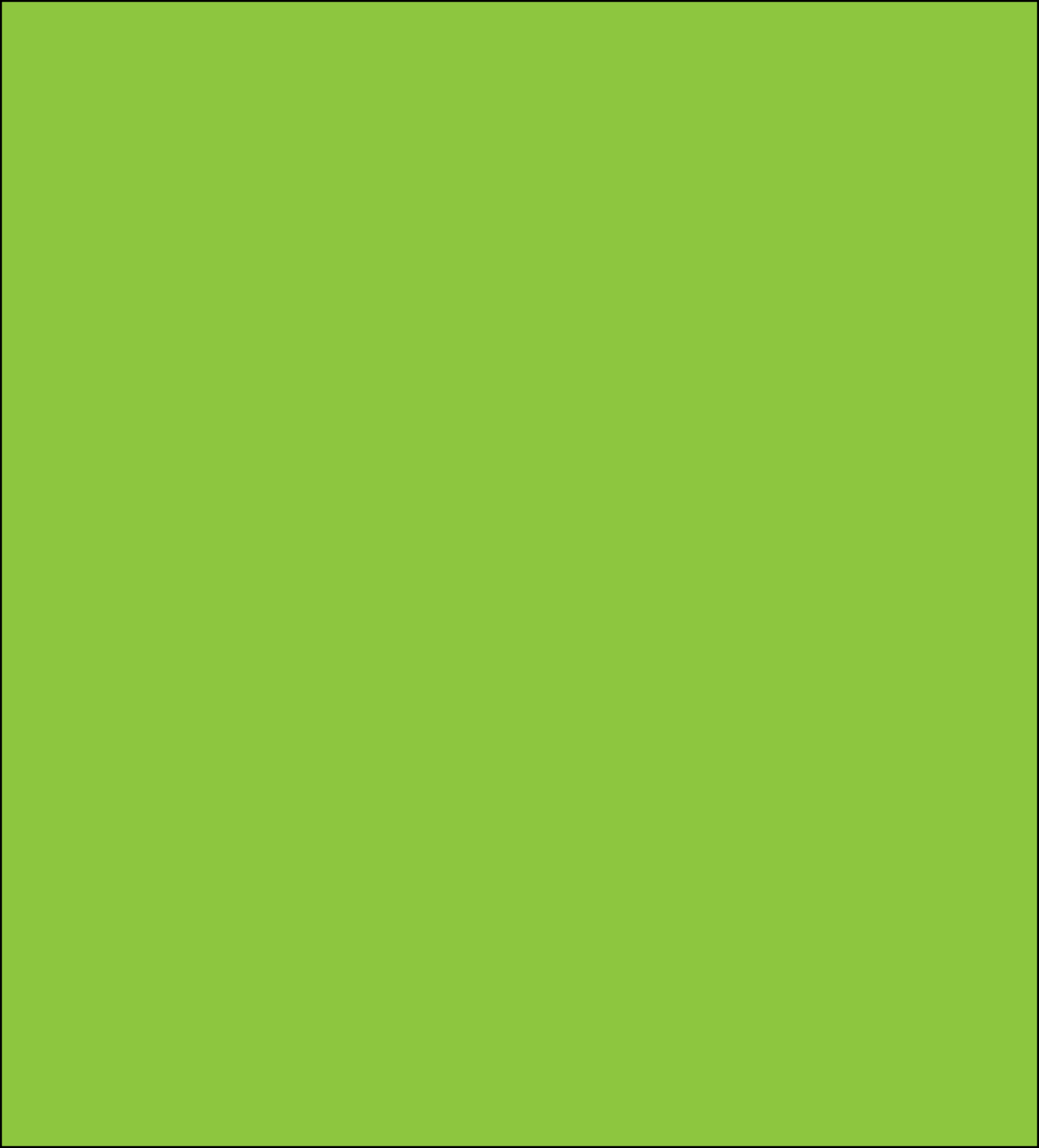
SOUZA, C. A.; VELASCO, G. D. N. (orgs.). **Resíduo de poda de árvores urbanas**: como reaproveitar. 1 ed. São Paulo: IPT: USP, 2022.

TRAUTMANN, NANCY M.; KRASNY, Marianne E. **Composting in the classroom**: a scientific inquiry for high school students. Cornell: Cornell University, 1997. 116 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Projeto Revolução dos Baldinhos**. Porto Alegre, UFRGS, 2022. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/agriurb/projeto-revolucao-dos-baldinhos/>. Acesso em ago. 2023.









ipt

INSTITUTO DE  
PESQUISAS  
TECNOLÓGICAS