

# COMPOSTAGEM:

NADA SE CRIA,  
NADA SE PERDE;  
TUDO SE TRANSFORMA

Luciana Miyoko Massukado

EDITORA



# INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE BRASÍLIA

## REITOR CONSELHO EDITORIAL

Wilson Conciani

Dra. Conceição de Maria C. Costa  
Dra. Daniele dos Santos Rosa  
Dra. Edilsa Rosa da Silva  
Esp. Eduardo Vieira Barbosa  
MSc. Gabriel Andrade L. de A. Castelo Branco  
Dr. Glauco Vaz Feijó  
MSc. Gustavo Danicki A. Rosa  
Julianne R. A. da Silva  
MSc. Katia Guimarães Sousa Palomo  
MSc. Mari Neia V. Ferrari  
Dra. Maria Eneida Matos da Rosa  
MSc. Mateus Gianni Fonseca  
Esp. Rafael Costa Guimarães  
MSc. Wákila Nieble R. de Mesquita

## PRÓ-REITOR DE PESQUISA E INOVAÇÃO

Marley Garcia Silva

## PRÓ-REITOR DE ENSINO

Adilson Cesar de Araujo

## PRÓ-REITOR DE EXTENSÃO

Giano Luis Copetti

## PRÓ-REITORA DE DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAL

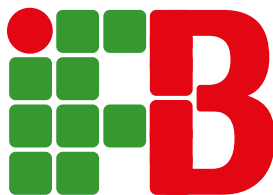
Luciana Miyoko Massukado

## PRÓ-REITORA DE ADMINISTRAÇÃO

Simone Cardoso dos Santos Penteadó

SGAN 610, Módulos D, E, F e G  
CEP: 70830-450 - Brasília-DF  
Fone: +55 (61) 2103-2108  
www.ifb.edu.br  
E-mail: editora@ifb.edu.br

## EDITORA



## COORDENAÇÃO DE PUBLICAÇÕES

Katia Guimarães Sousa Palomo

## PRODUÇÃO EXECUTIVA

Sandra Maria Branchine

## CAPA

Gabriel Felipe Moreira Medeiros

## PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO

Álison Eduardo Gonçalves Ferreira  
Gabriel Felipe Moreira Medeiros

## REVISÃO DE LÍNGUA PORTUGUESA

Guilherme João Cenci  
Sheylla Villar Fredenhagen

## TIRAGEM

5.000 exemplares

© 2016 Editora IFB

A exatidão das informações, as opiniões e os conceitos emitidos nos capítulos são de exclusiva responsabilidade dos autores. Todos os direitos desta edição são reservados à Editora IFB. É permitida a publicação parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte. É proibida a venda desta publicação.

Luciana Miyoko Massukado

# Compostagem: nada se cria, nada se perde; tudo se transforma

1ª edição

Brasília-DF  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília  
2016

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária  
Lara Batista Botelho CRB - 2434

M422c Massukado, Luciana Miyoko

Compostagem: nada se cria, nada se perde; tudo se transforma/ Luciana  
Miyoko Massukado. \_ Brasília : Editora IFB, 2016.

86 p. : il. ; 27,5 cm.

ISBN 978-85-64124-32-5

1. Gestão integrada de resíduos sólidos. 2. Compostagem. 3. Compostos  
orgânicos. 4. Resíduos orgânicos. 5. Ciência do solo. I. Título.

CDU 631.86



# Agradecimentos

Agradeço a todos os estudantes que me ensinaram muito sobre a compostagem durante a disciplina de Gestão de Resíduos Sólidos. A partir da experiência pessoal de cada um e das discussões nas aulas práticas e visitas técnicas, pude ir aperfeiçoando o material didático utilizado nas aulas. Sem a participação de vocês, este livro não seria o mesmo.

Agradeço ao Instituto Federal de Brasília pela oportunidade de compartilhar, por meio deste veículo de divulgação, minhas experiências de sala de aula e de pesquisa realizada ao longo desses anos.





# Sumário

<b>Apresentação</b> .....	<b>09</b>
<b>Capítulo I</b> – Gerenciamento de resíduos sólidos.....	<b>11</b>
<b>Capítulo II</b> – Compostagem.....	<b>17</b>
<b>Capítulo III</b> – Fundamentos da compostagem.....	<b>26</b>
<b>Capítulo IV</b> – Métodos de compostagem.....	<b>38</b>
<b>Capítulo V</b> – Escalas da compostagem.....	<b>47</b>
<b>Capítulo VI</b> – Composto orgânico.....	<b>58</b>
<b>Capítulo VII</b> – Experiências de programas de compostagem.....	<b>66</b>
<b>Capítulo VIII</b> – Considerações finais.....	<b>80</b>
<b>Capítulo IX</b> – <i>Links</i> de interesse.....	<b>82</b>
<b>Capítulo X</b> – Referências.....	<b>83</b>



*"Na natureza nada se cria, nada se  
perde; tudo se transforma."  
**Antoine Laurent de Lavoisier***



# Apresentação

Bem-vindo ao mundo da compostagem!

A compostagem é um tema bastante interessante de trabalhar em sala de aula, pois envolve discussões que vão desde o ciclo de vida dos alimentos e a ciência do solo, até questões como reações químicas, cadeias alimentares, cálculos matemáticos, gestão do tempo, gerenciamento de resíduos, proteção do meio ambiente e tantas outras que possam surgir de acordo com o objetivo desejado.

Nesse contexto, o presente livro pretende ser bastante amplo, para ser utilizado em diversos cursos e disciplinas. O objetivo do livro é contribuir tanto para a formação de profissionais qualificados quanto para a disseminação da prática de compostagem, que, apesar de antiga, é pouco praticada. O título da obra faz referência à frase de Lavoisier “Na natureza nada se cria, nada se perde; tudo se transforma”, pois descreve perfeitamente o ciclo de vida da matéria orgânica.

Com uma linguagem simples, este livro se propõe não só a apresentar um conjunto de conceitos fundamentais para a compreensão do processo de compostagem, mas também a esclarecer dúvidas para a efetiva prática desse processo, incentivando a adoção de uma nova alternativa para o destino final da matéria orgânica que não seja somente o aterro sanitário ou, como na maioria dos municípios brasileiros, o lixão ou o aterro controlado.

Uma das estratégias utilizadas foi incluir dicas e curiosidades no decorrer do texto para que a leitura ficasse mais fluida e prazerosa. Além disso, há também sugestões de atividades práticas para serem trabalhadas em sala de aula, de forma a tornar o aprendizado mais significativo para o educando.

Então, vamos à leitura e coloquemos a mão na massa, transformando o que era resíduo em novos produtos!

A autora.



# I. Gerenciamento de resíduos sólidos



O gerenciamento integrado e sustentável de resíduos sólidos deve partir da premissa de evitar ao máximo a geração de resíduos. Quando não for possível realizar essa ação, os resíduos que foram gerados devem – seguindo esta ordem de prioridade – ser reutilizados, reciclados, tratados e dispostos. Portanto, o ato de dispor os resíduos é considerado a última opção, devendo ser aterrado somente o que for rejeito, ou seja, tudo aquilo que não pôde ser reciclado ou tratado.

No Brasil, ainda são poucos os municípios que têm locais adequados para dispor seus resíduos, sendo mais comum a disposição em lixões a céu aberto e em vazadouros, acarretando diversos problemas ambientais e de saúde pública.

Além dos recicláveis, há também os resíduos orgânicos, que correspondem a mais de 50%, em peso, do total produzido no Brasil. Ao contrário do grande volume ocupado pelos recicláveis, os resíduos orgânicos têm como principal característica a rápida degradação, sendo os principais responsáveis pela produção de metano e chorume em um aterro sanitário, ambos com elevado potencial de poluição.

O chorume, líquido de cor escura e malcheiroso, é produzido a partir da decomposição da matéria orgânica e possui elevada carga orgânica, podendo conter, também, metais pesados. Esse líquido pode se infiltrar no solo e atingir as águas subterrâneas, prejudicando, assim, a sua qualidade.



### *Você sabia?*

Que o chorume pode conter matéria orgânica dissolvida e metais pesados? E que ao entrar em contato com a água dos rios a sua carga orgânica pode reduzir a concentração de oxigênio, resultando na morte de peixes e de outros seres vivos?

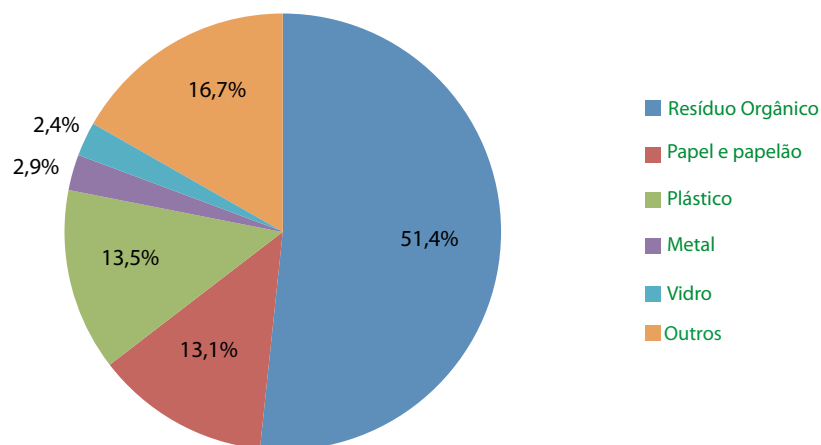
O principal impacto negativo do metano é que, por ser um gás tóxico e inflamável, tem o potencial poluidor muito maior que o gás carbônico em se tratando do efeito estufa.

No Brasil, os resíduos orgânicos, em sua maioria, não são coletados seletivamente, sendo encaminhados para o destino final com os resíduos perigosos, rejeitos e materiais recicláveis. Essa forma de destinação gera, para os municípios, despesas que poderiam ser evitadas caso o resíduo orgânico fosse separado e encaminhado para um tratamento específico.



O gráfico da Figura 1 apresenta a porcentagem dos diferentes tipos de resíduos sólidos domiciliares coletados no Brasil.

### Porcentagem, em peso, dos sólidos domiciliares coletados no Brasil



**Figura 1** – Distribuição da porcentagem de resíduos sólidos domiciliares coletados no Brasil, por categoria de resíduos. Fonte: adaptado de Massukado et al. (2013).

## ATIVIDADE 1 – Caracterização dos resíduos sólidos

### Objetivo:

Descobrir quais tipos de resíduos são produzidos em sua casa e qual a porcentagem em relação ao total produzido.

### Materiais necessários:



Balança



Luvas



Sacos Plásticos

### Procedimento:

- Separe todo o resíduo produzido em sua casa durante 1 (um) dia;
- Com uma luva, abra os sacos ou recipientes e separe os materiais em: resíduos orgânicos (restos de alimentos, restos de frutas e legumes, folhas e flores, cascas de ovo); papel e papelão; plástico; metal; vidro e outros;
- Coloque cada um dos resíduos em um saco plástico identificado com uma etiqueta.

## ATIVIDADES COMPLEMENTARES

1 – Faça a pesagem e preencha a planilha abaixo.

Resíduo	Quantidade (kg)	Porcentagem (%)
Resíduo orgânico		
Papel e papelão		
Plástico		
Metal		
Vidro		
Outros		

2 – Compare os resultados da sua tabela com a caracterização dos resíduos produzidos na sua cidade, no Brasil e em outros países.

3 – Calcule a quantidade produzida de resíduos por pessoa.

- A planilha pode ser preenchida durante uma semana, e os estudantes podem calcular a média da quantidade produzida;
- O levantamento dos resíduos pode ser realizado em diferentes épocas do ano (verão e inverno) ou então logo após algum evento comemorativo (Páscoa, Dia das Crianças, Dia dos Namorados).

**Para o professor:**

Esta atividade pode ser utilizada para discutir questões de consumo. Dica de vídeo:



*A história das coisas*

**<http://www.youtube.com/watch?v=741ljTeLJz0>**

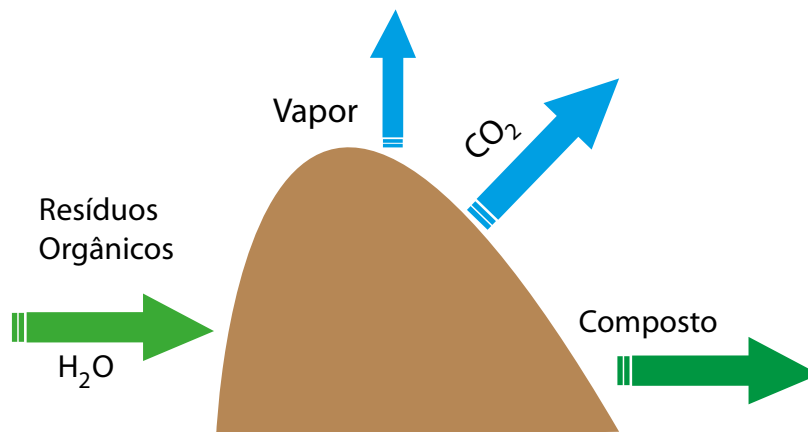
Outra atividade consiste em trabalhar com gráficos de pizza ou gráficos de barra a partir de diversas composições. Se essa prática for continuada ao longo dos anos com turmas diferentes, é possível fazer uma comparação temporal da composição. A composição pode ser também realizada para identificar os resíduos produzidos em uma escola, hotel, restaurante, parque etc.



## II. Compostagem



A compostagem é um processo controlado de decomposição da matéria orgânica (restos de alimentos, folhas, podas de árvore etc.) na presença de oxigênio, por meio da ação de micro-organismos. Nesse processo, ocorre a transformação de moléculas orgânicas mais complexas em um composto químico mais simples e estável, denominado composto orgânico. Durante a compostagem, ocorre também a liberação de gases, principalmente de gás carbônico, e de vapor de água. Na Figura 2, apresenta-se, de forma resumida, um esquema das principais entradas e saídas do processo de compostagem .



**Figura 2** – Esquema do processo de compostagem.

Segundo definição técnica da NBR 13.591 (ABNT 1996, p. 2), a compostagem é

um processo de decomposição da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros, desenvolvidos em duas etapas distintas: uma de degradação ativa e outra de maturação.

Assim, a compostagem permite uma melhor reintegração do resíduo orgânico na natureza, além de possibilitar a criação de um comércio e, portanto, estimular uma nova forma de geração de trabalho e renda.

Por ser um processo controlado, é necessário garantir condições especiais para o seu bom desenvolvimento, atentando-se, principalmente, aos seguintes fatores: temperatura, umidade, aeração, relação carbono/nitrogênio, tamanho das partículas, pH e diversidade de micro-organismos. O monitoramento adequado desses parâmetros evita o desenvolvimento de processos indesejáveis, como a degradação anaeróbia, que dá origem ao mau cheiro.



### *Você sabia?*

Que os resíduos orgânicos contêm teor de umidade que pode variar de 40% a 60%, e que esse intervalo é o ideal para a compostagem?

O processo de compostagem de resíduos orgânicos tem como produto final o composto orgânico, um material estabilizado, rico em nutrientes, que pode ser utilizado na agricultura como condicionador de solos e que, mesmo em pequenas quantidades, pode apresentar algum potencial fertilizante.

Entre as vantagens da compostagem, destacam-se: economia de espaço físico do aterro sanitário, aumentando, dessa forma, a sua vida útil; inativação de micro-organismos patogênicos; transformação de resíduos em insumos; redução dos gastos com o tratamento do chorume nos aterros sanitários.

Os resíduos que podem ir para compostagem dividem-se, basicamente, em duas classes: aqueles ricos em carbono (folhas, podas de árvores, capim, palhas, serragens etc.) e aqueles ricos em nitrogênio (restos de alimentos, esterco, grama, lodo de esgoto etc.).

A matéria-prima para o processo de compostagem pode vir de diversas fontes, tais como agricultura, indústria alimentícia, estação de tratamento de água e esgoto, dos resíduos sólidos urbanos, entre outras.

No ambiente urbano, a matéria orgânica é encontrada principalmente nos resíduos sólidos domiciliares, que são gerados durante as atividades de:

- **Preparo e consumo de alimentos** – cascas de legumes, de frutas, de ovos, pedaços de pão, massas, saquinhos de chá, borra de café com o filtro, palitos de dente, de sorvete, guardanapos etc.;
- **Jardinagem** – folhas, flores murchas, ramos, palha, feno, aparas de madeira, serragem, grama cortada etc.;
- **Varrição** – folhas, poeiras de varrição, insetos mortos etc.;
- **Feiras livres** – folhas de frutas e verduras, talos, frutas e verduras estragadas etc.

No ambiente rural, as fontes ricas em matéria orgânica são os dejetos de animais, restos de culturas (milho, soja, arroz, cana-de-açúcar, entre outros), capim, grama, folhas, galhos e troncos.

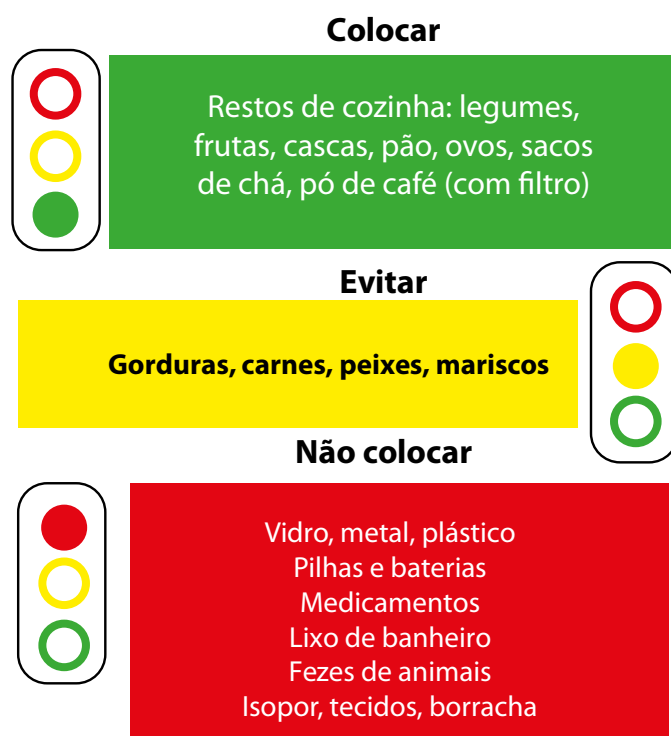
Dada a diversidade desses resíduos, surge a constatação de que a matéria-prima proveniente da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos é heterogênea, tanto do ponto de vista físico (tamanho dos resíduos) quanto químico (composição dos nutrientes). Por isso, o processo de compostagem desses resíduos é uma ação mais complexa do que a compostagem dos resíduos agrícolas, que são mais homogêneos.

Gorduras, laticínios, carnes, peixes e mariscos, apesar de orgânicos, não possuem em sua composição características favoráveis ao processo de compostagem, devendo ser evitados: a gordura devido à possibilidade de compactação das leiras, e o restante (em especial as carnes), por atrair animais como roedores, gatos e cachorros.



Não devem ser inseridos no processo de compostagem os resíduos inorgânicos, tais como pilhas, vidro, metal, plástico, medicamentos e produtos químicos, pois prejudicam o bom desempenho do processo e podem conter substâncias poluentes que irão contaminar o composto, inviabilizando muitas vezes a sua aplicação.

Por razões sanitárias e de propagação de doenças, as fezes de animais domésticos e fraldas não devem ir para a compostagem, assim como as plantas doentes, pois podem contaminar o composto. Na Figura 3, apresentam-se os resíduos que podem ser colocados na leira de compostagem, assim como aqueles que devem ser evitados e os que não devem ser inseridos.



**Figura 3** – Lista de resíduos que podem ir para a compostagem, os que devem ser evitados e os que nunca devem ser colocados. Fonte: Luciana M. Massukado.

## ATIVIDADE 2 – Caça-palavras

Encontre as palavras relacionadas ao processo de compostagem.

### Compostagem

À J X G A Â M F A F Z M M M  
S R E S I D U O S E À Q I W  
S H P É Í L V A G J Ê M C G  
J D Z T E M P E R A T U R A  
J Ú Â H Ú N Í À K K N L O S  
V Á N Ò N C U Ã P Í I N R L  
F Q S C Ô S Z Ô Ç Â T O G P  
E M U O P I E M Í A R L A Í  
Á B Ã M Y Ö H O É Q O V N A  
S Y D P Q Ö Å Ü A Â G G I O  
J V E O B U O F B T E Ó S Ö  
Ô Ü C S I Ú I Ó N Ç N F M Q  
L Ö O T O J N L Å Á I A O Ö  
À L M A D H C A R B O N O D  
E R P G E J C À É À S Í Ú P  
Q Å O E G M O T Ú G U X Ç Ò  
Ô L S M R C M C A P M M F Í  
S Í I A A X P A U Z I R X Ò  
V C C C D J O R J N D D I Y  
Ã U A R A O S B S T A V Â F  
Í Ú O Y V Ü T O Ç Ö D Q S K  
P F L U E Ó O N T Å E A É Ö  
P Ò R B L Ê S I Ö Ö R S Á V  
F Ú Á É Ê D X C E Ç Q Ö H Ö  
L Ó F Í K C Á O L T É I F Å

- BIODEGRÁVEL
- CARBÔNICO
- CARBONO
- COMPOSTAGEM
- COMPOSTO
- DECOMPOSIÇÃO
- GÁS
- MICRORGANISMO
- NITROGÊNIO
- RESÍDUOS
- TEMPERATURA
- UMIDADE



## ATIVIDADES COMPLEMENTARES



Elabore o seu próprio jogo de palavras cruzadas sobre a compostagem.

Dica de programa para gerar palavras cruzadas  
<http://www.lideranca.org/word/palavra.php>

### Para o professor:



Faça uma visita técnica a uma central de compostagem ou mesmo uma experiência em pequena escala (escola, produtor rural), para que, na aula subsequente, os estudantes tenham mais facilidade para entender os parâmetros de monitoramento do processo de compostagem.

## ATIVIDADE 3 – O que pode ir para a compostagem?

### Objetivo:

Identificar os resíduos que são biodegradáveis e que, portanto, podem ir para o processo de compostagem.

### Materiais:

Cascas de frutas e verduras, legumes, casca de ovo, borra de café, sachê de chá, folhas, serragem, papel, pano, metal, plástico, vidro, madeira, entre outros.

### Procedimento:

Coloque todos os materiais sobre uma mesa. Peça para cada um dos alunos pegar um resíduo e dizer se é biodegradável ou não, e se pode ir para a compostagem.

### Para o professor:



Para incrementar a atividade, o professor pode separar três caixas, indicando o destino do resíduo em “compostagem”, “reciclagem” ou “aterro sanitário”.

Provavelmente, uma das perguntas que poderá surgir é com relação, por exemplo, ao papel higiênico, que é biodegradável, porém não indicado para ser compostado por causa do risco sanitário e da propagação de doenças.

# III. Fundamentos da compostagem



Como a **compostagem** é um processo controlado, é preciso despender atenção em três aspectos essenciais: controle da **temperatura**, da **umidade** e da **aeração**. Atentando-se para esses três parâmetros, garante-se que o processo se desenvolva de forma adequada e, conseqüentemente, produza um composto de melhor qualidade.

## Temperatura

A temperatura é um dos parâmetros de fácil monitoramento e atua como indicador da eliminação dos micro-organismos patogênicos durante a compostagem. De acordo com a temperatura, o processo de compostagem divide-se basicamente em duas fases distintas: a termófila (temperatura > 45 °C) e a mesófila (temperatura entre 20 °C e 45 °C).



### Você sabia?

Que o aumento da temperatura da leira ou da pilha de resíduos é o primeiro indicativo de que o processo de compostagem foi iniciado?

A fase termófila é caracterizada por intensa atividade microbiológica, que, juntamente com o elevado consumo de oxigênio e de desprendimento de gás carbônico e vapor de água, acarreta a decomposição da matéria orgânica facilmente degradável (carboidratos).

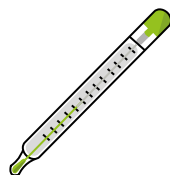
Nessa fase, o composto ainda não está maturado, e o seu uso não é recomendado, pois existe a produção de diversos ácidos minerais e orgânicos. Essa fase tem curta duração, podendo variar de alguns dias a semanas.

Na fase seguinte, mesófila, inicia-se o processo de maturação e humificação da matéria orgânica, na qual a demanda de oxigênio é reduzida, e novos grupos de micro-organismos aparecem para biodegradar principalmente a celulose e a lignina. Essa fase tem duração maior que a anterior, e sua escala temporal é de meses.

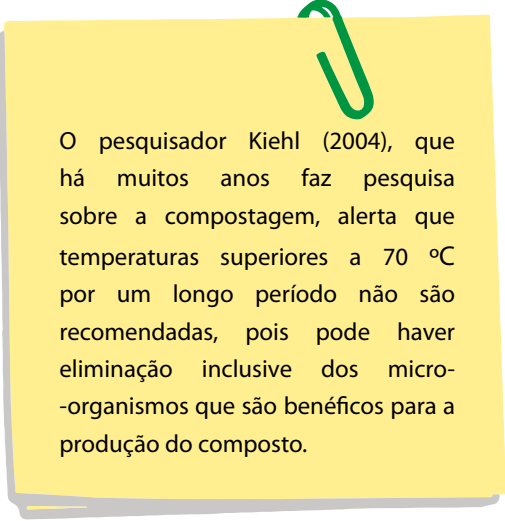
### ATENÇÃO!

*Não existe um tempo exato de duração das fases termófila e mesófila. O tempo de permanência da leira em cada uma dessas fases irá depender do método utilizado, da composição e da dimensão da leira.*





A manutenção da temperatura entre 50 °C e 70 °C por um determinado período de tempo propicia a eliminação da maioria dos micro-organismos patogênicos. Assim, para que a leira consiga se manter nesse intervalo térmico, é necessário que seu volume tenha pelo menos 1 m<sup>3</sup> ou que apresente um peso de 500 kg a 700 kg. Nas leiras que não atendem a esses requisitos, ocorre rápida dissipação de calor e umidade.



O pesquisador Kiehl (2004), que há muitos anos faz pesquisa sobre a compostagem, alerta que temperaturas superiores a 70 °C por um longo período não são recomendadas, pois pode haver eliminação inclusive dos micro-organismos que são benéficos para a produção do composto.

## Umidade

Os micro-organismos necessitam de água para o bom desempenho de seu processo metabólico. Assim, o controle da umidade é um parâmetro a ser monitorado para avaliar a eficiência do processo de compostagem. No início, a umidade da leira é mais alta (em torno de 50%); com o passar do tempo, diminui gradativamente, atingindo, ao final do processo de compostagem, valores abaixo de 30%.

O ideal é que a leira ou pilha se mantenha com teores de umidade na faixa entre 40% e 60%. Valores acima de 65% levam à redução da quantidade de oxigênio do sistema, uma vez que os espaços vazios são preenchidos por água, acarretando a liberação de maus odores. Teores de umidade inferiores a 40%, no início do processo, também têm consequências negativas, pois reduzem a atividade biológica, retardando o tempo de compostagem.

Quando há excesso de umidade, o seu ajustamento pode ser realizado por meio de revolvimentos, injeção de ar ou adição de material seco à leira. Numa situação inversa, quando a umidade for baixa, é necessário fazer a irrigação da leira, de preferência no momento do revolvimento, para que a água seja distribuída igualmente.

### Aeração

A compostagem ocorre na presença de oxigênio, que é um dos fatores que garantem a transformação adequada da matéria orgânica. Se houver escassez de oxigênio, outros tipos de micro-organismos são ativados, dando origem à decomposição anaeróbia, que tem como uma das principais características o desprendimento de mau cheiro. Portanto, para garantir oxigênio suficiente à leira, é necessário que esta seja aerada adequadamente. Isso pode ser alcançado de diversas maneiras:

- Aumentando a porosidade da leira a partir da entrada balanceada de resíduos, criando passagens naturais de ar;
- Realizando o revolvimento manual ou mecânico da leira;
- Introduzindo ar na leira por meio de tubos perfurados que ficam sob a leira – nesse caso é necessária uma fonte externa de energia.

É importante que se faça o revolvimento da massa, pois, ao mesmo tempo em que é introduzido ar novo, rico em oxigênio, também é liberado o ar contido na leira que está saturado de gás carbônico gerado pela respiração dos organismos.

Os métodos de aeração variam conforme o tamanho das leiras. Para as leiras de pequenas dimensões (até 1 tonelada), é possível realizar o revolvimento manual com uma pá ou enxada. Já para as maiores, é indicado o revolvimento mecânico com trator ou pá carregadeira, ou então a utilização da técnica de injeção de ar.

---

### FIQUE ATENTO!



A aeração desempenha diferentes funções na leira:

- Aumentar sua porosidade;
  - Homogeneizar a leira;
  - Reduzir o teor de umidade dos materiais;
  - Controlar a temperatura.
- 

### Outros fatores que interferem na compostagem

Além da temperatura, da umidade e da aeração, existem outros fatores que interferem no processo de compostagem, tais como o pH, os micro-organismos, o tamanho das partículas e a relação C/N (carbono/nitrogênio).

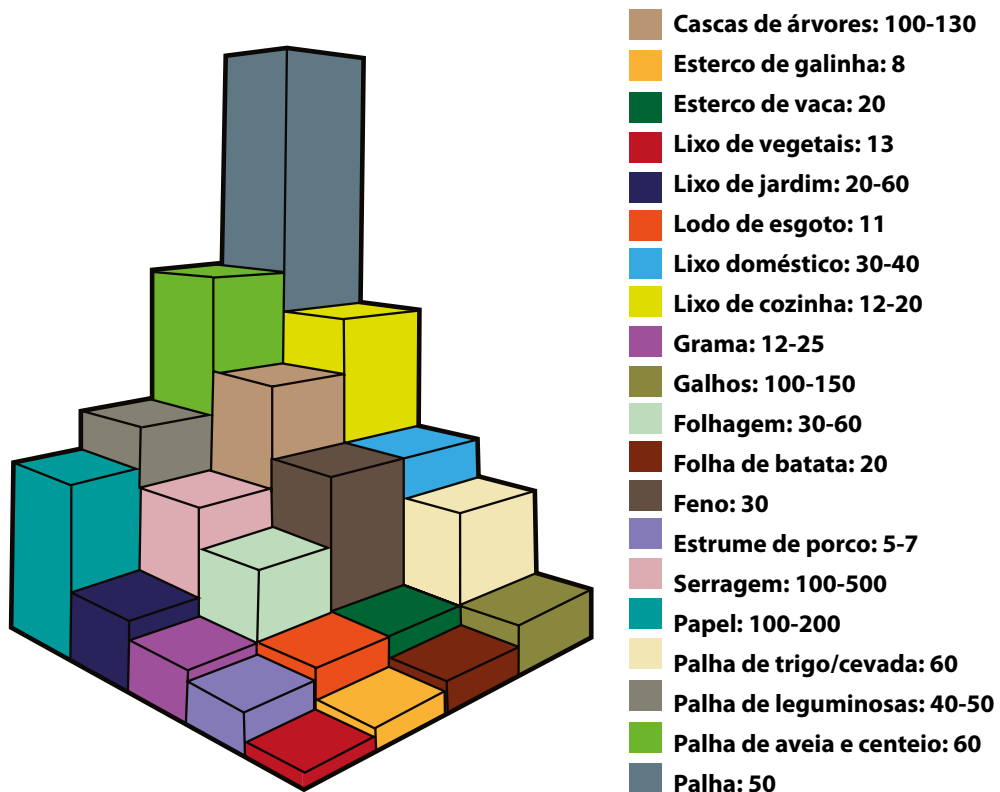
O nível de pH é um indicador de acidez ou alcalinidade da massa de resíduos. O pH inicial deve estar compreendido, preferencialmente, entre uma faixa de 5,5 e 8,0 para que o processo se desenvolva de forma adequada. Níveis de pH abaixo de 5,0 provocam redução significativa da atividade microbológica, e a leira pode não alcançar a fase termófila. Em outro extremo, valores elevados (acima de 9,0) provocam deficiência de fósforo e de micronutrientes, e o nitrogênio é convertido para amônia, tornando-se indisponível para os micro-organismos.

Os principais micro-organismos que se desenvolvem no processo são as bactérias, os fungos e os actinomicetos, sendo os primeiros responsáveis pela decomposição, principalmente de açúcares e proteínas. Os dois últimos atuam na degradação do material celulósico.

A leira deve ser constituída por uma mistura de resíduos orgânicos cujo tamanho das partículas permita tanto a sua aeração quanto a retenção de temperatura. Uma leira formada com partículas muito pequenas de resíduos pode reduzir os espaços vazios de ar na massa, dificultando a aeração da leira. Por outro lado, as leiras formadas por resíduos com dimensões muito grandes tornam-se muito porosas, prejudicando a manutenção da temperatura.

### Relação C/N

O carbono e o nitrogênio são elementos essenciais para o crescimento e a divisão das células dos micro-organismos. O primeiro, por ser a fonte de energia, e o segundo, por ser um elemento essencial para a síntese de proteínas. Portanto, carbono e nitrogênio devem ser adicionados em proporções adequadas para garantir um bom processo de compostagem. Geralmente, recomenda-se uma relação C/N igual a 30, sendo aceitas pequenas variações. Na Figura 4, pode-se visualizar a relação C/N de alguns materiais.



**Figura 4** – Relação C/N de alguns materiais. Fonte: GROSSI; VALENTE (2002).

Se a composição inicial da leira contiver carbono em excesso, a relação C/N será considerada alta ( $C/N > 35$ ), os micro-organismos não terão estoque suficiente de nitrogênio para sua reprodução, o processo tenderá a ser mais lento, e a temperatura poderá não alcançar valores suficientes para eliminar os organismos patogênicos.

Ao contrário, se houver nitrogênio em demasia, a relação C/N será considerada baixa ( $C/N < 20$ ), e a consequência será a emissão de maus odores devido à perda de nitrogênio em forma de amônia.

---

### FIQUE ATENTO!



- Relação C/N maior que 50/1: ocorre deficiência de nitrogênio e o processo será mais demorado. Exemplo: leira montada somente com galhos, palhas e serragem.
  - Relação C/N menor que 10/1: ocorre perda de nitrogênio na forma de amônia, ocasionando mau cheiro no processo. Exemplo: leira só com dejetos de galinha.
-

## ATIVIDADE 4 – Teste da bolota (descubra se sua leira está com a umidade adequada)

Existe uma técnica simples e rápida utilizada para determinar se a umidade da leira está adequada ou não para o desenvolvimento do processo.

### Materiais:

- Luvas.



### Procedimento:

O teste deve ser realizado somente quando os materiais já estiverem em decomposição, de forma que não se vejam mais os resíduos que deram origem à leira.

- Pegue uma porção do material em decomposição e aperte-o com a mão;
- Se um líquido escorrer, então a leira está muito úmida e necessita ser revolvida;
- Se a porção esfarelar, significa que a leira está seca e precisa ser regada;
- Se a porção do material ficar totalmente unida e não liberar nenhum líquido, é sinal de que a leira está com a umidade adequada.



Fonte: Kiehl (2004).

**Para o professor:**

Faça esse teste em várias fases do processo de compostagem, de forma que os alunos percebam que a leira vai secando naturalmente e, portanto, no final do processo, é desejável que o resultado do teste da bolota seja que a porção espremida se esfarele.

**ATIVIDADE 5 – Calculando a relação C/N****Objetivo:**

Calcular a relação C/N da mistura.

**Procedimento:**

Suponha que você tenha os seguintes resíduos disponíveis: restos de alimentos, grama cortada e serragem. Você decide montar uma pilha de compostagem para analisar como será a decomposição dos resíduos, e um técnico lhe diz para colocar 4 baldes de restos de alimentos, 2 baldes de grama cortada e 1 balde de serragem.

A relação C/N desses resíduos é:

- Restos de alimentos: 12
- Grama: 20
- Serragem: 300

Então o nosso cálculo é:

$$\text{Relação C/N} = \frac{4 \times 12 + 2 \times 20 + 1 \times 300}{4 + 2 + 1}$$

$$\text{Relação C/N} = \frac{388}{7} = 55/1$$



### Para o professor:



Faça uma discussão com o grupo perguntando se esse valor é o ideal para iniciar o processo de compostagem. Se não for, como eles podem melhorar essa mistura? O que eles devem acrescentar ou retirar?

### ATIVIDADE COMPLEMENTAR

Calcule a relação C/N das misturas e descubra quais delas seriam mais adequadas para iniciar um processo de compostagem:

- 2 partes de lixo de cozinha + 2 partes de serragem + 3 partes de grama;
- 10 partes de esterco de galinha + 2 partes de grama + 3 partes de galho;
- 3 partes de grama + 3 partes de serragem;
- 1 parte de galho + 2 partes de palha + 3 partes de esterco de galinha + 2 partes de lixo de cozinha.

### Para o professor:



Trabalhe na melhoria da proporção de cada material a fim de ajustar a relação C/N para a mais próxima possível de 30/1.

Se possível, monte com os estudantes pilhas com diferentes proporções para que eles possam observar como se dá a decomposição dos resíduos em função de diferentes proporções colocadas.

## ATIVIDADE 6 – Monte e acompanhe seu experimento de compostagem

### Objetivo:

Montar uma leira de compostagem.

### Materiais necessários:

- Resíduos orgânicos (folhas, serragem, restos de alimentos, grama, esterco);
- Galhos;
- Baldes;
- Luvas;
- Balança;
- Enxada;
- Pá;
- Termômetro;
- Regador.

### Procedimento:

- Escolher o local;
- Fazer uma única camada com galhos ou materiais grosseiros para auxiliar na aeração;
- Colocar uma camada de resíduos orgânicos ricos em nitrogênio;
- Colocar uma camada de resíduos orgânicos ricos em carbono;
- Fazer isso alternadamente até a altura final – não se esquecer de que não pode ser maior que 1,80 m;
- Verificar se há folhas ou grama ou capim para proteger a leira, como última camada.

### Monitoramento:

- Faça o acompanhamento diário das temperaturas;
- Faça o teste da umidade uma vez por semana;
- Elabore gráficos para o monitoramento da temperatura.

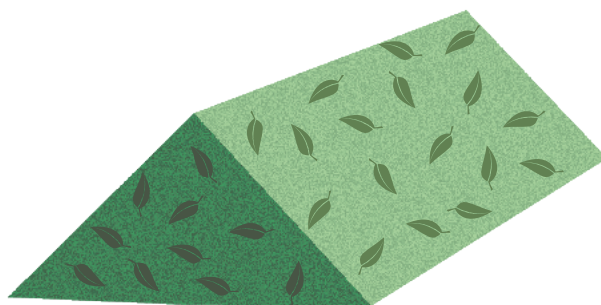
## IV. Métodos de compostagem



Existem várias maneiras de fazer compostagem. A escolha irá depender de alguns fatores, como, por exemplo, o espaço, a infraestrutura e os recursos disponíveis. Cabe lembrar que o sucesso de qualquer projeto de compostagem está na qualidade do resíduo a ser tratado, ou seja, quanto mais separado estiver, melhor será o desempenho e a eficiência do processo.

A compostagem é um processo bastante flexível. Por isso, seus métodos podem variar desde as soluções operacionais mais simples e financeiramente menos onerosas até aquelas que necessitem utilizar dispositivos tecnológicos e mão de obra mais especializada, apresentando, nesse caso, custos mais elevados.

Como regra geral, qualquer que seja o método de compostagem, as leiras podem apresentar uma forma piramidal, trapezoidal ou cônica. Quanto às dimensões, não há uma padronização; porém, recomenda-se que a largura da base varie de 2 m a 3 m, e a altura, entre 1 m a 1,80 m. Alturas maiores que 1,80 m dificultam a aeração da massa, além de provocarem a compactação dos resíduos na base da leira. A Figura 5 mostra um esquema de uma leira de compostagem no formato piramidal.



**Figura 5** – Esquema de uma leira de compostagem.

Quando há pouca quantidade de resíduos, é comum utilizar o formato cônico e, nesse caso, a leira é mais conhecida como pilha.

### **Leiras revolvidas**

Nesse método, a leira é montada sobre o solo compactado ou impermeabilizado. A aeração é realizada por meio de revolvimento manual ou mecânico, e tem como objetivo aumentar a porosidade da pilha e melhorar a homogeneidade dos resíduos.

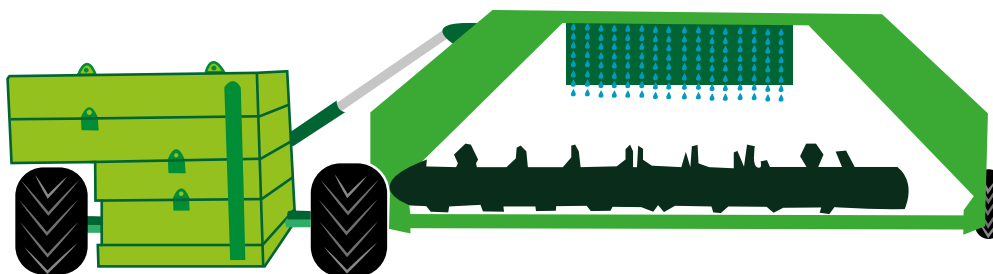


### FIQUE ATENTO!

*Quanto menos porosa for a leira, mais frequente deverá ser o revolvimento.*

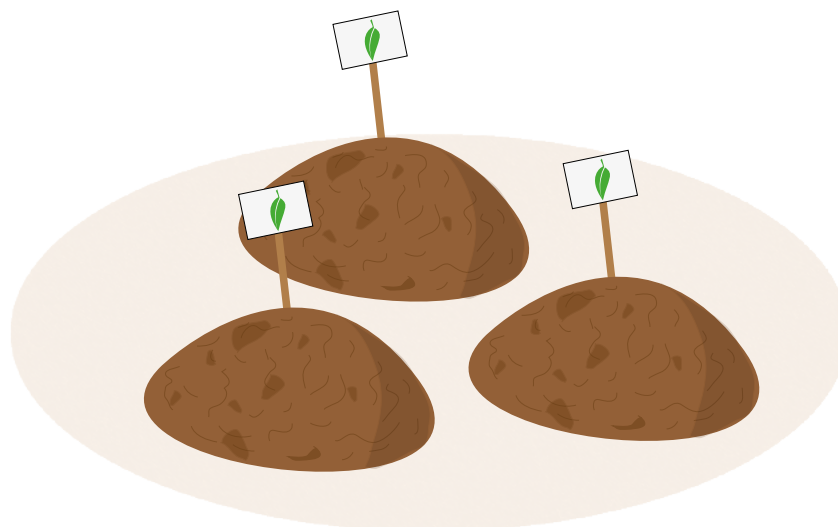
---

Em leiras com mais de 1 tonelada, é comum observar o emprego de retroescavadeiras ou pás carregadeiras para o revolvimento, uma vez que são mais fáceis de encontrar no mercado e possuem preço menor se comparado às máquinas específicas para essa função. Há também equipamentos específicos no mercado para realizar o revolvimento das leiras. Nesse caso, as dimensões da leira devem ser compatíveis com as dimensões do equipamento. Na Figura 6, pode-se ver um revolvedor de leira de compostagem.



**Figura 6** – Equipamento para realizar o revolvimento da leira.

O sistema de leiras revolvidas é a tecnologia mais utilizada para a compostagem de resíduos sólidos domiciliares, sendo também a que apresenta um valor mais baixo de investimento e manutenção, e geralmente não requer equipamentos de alta tecnologia. A desvantagem desse método é que ele exige grandes áreas, além de gerar um pouco de odor no momento do revolvimento. Na Figura 7, apresenta-se um sistema de leiras revolvidas com pilhas de compostagem no formato cônico.



**Figura 7** – Pilhas de compostagem em formato cônico para facilitar o revolvimento manual.

### Leiras estáticas aeradas

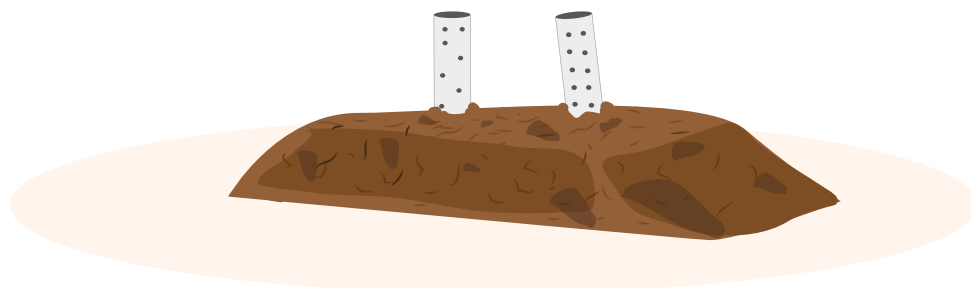
O princípio de funcionamento desse método é de que não haja necessidade de realizar o revolvimento da leira. Para tanto, são instalados mecanismos que promovam a autoaeração.

Uma das formas consiste em montar a leira sobre uma tubulação de 10 cm de diâmetro, perfurada, que pode ou não estar acoplada a um soprador que injeta ar na massa a ser compostada. O acionamento da injeção de ar pode ser automatizado, ou seja, somente quando a leira alcançar temperaturas superiores a 65 °C, por exemplo, o soprador será acionado para funcionar por um determinado intervalo de tempo.

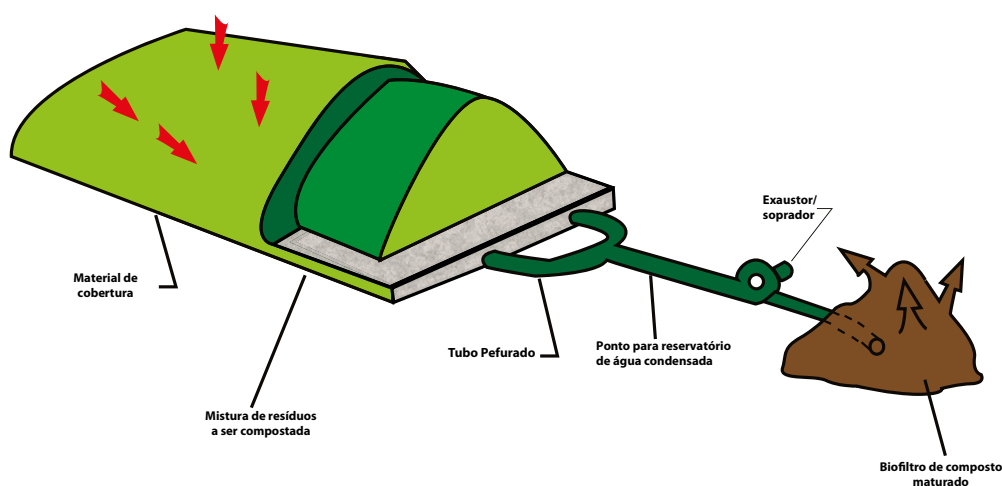
Outra forma mais simples consiste em montar a leira sobre uma camada espessa de galhos e inserir também tubos ou bambus dentro da leira na posição vertical.

O sistema de leiras estáticas aeradas não é recomendado para qualquer tipo de resíduo, sendo mais adequado àqueles que tenham material de entrada mais homogêneo, tanto em sua composição quanto em sua granulometria. Esse sistema geralmente produz composto num período menor se comparado ao sistema de leiras revolvidas.

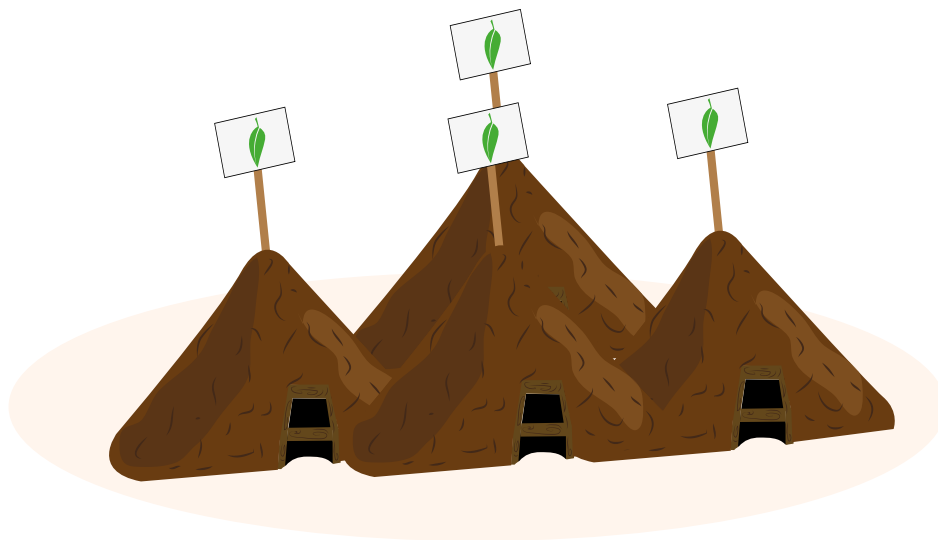
Nas Figuras de 8 a 10, são apresentados alguns modelos de sistema de leiras estáticas.



**Figura 8** – Leira estática com tubulação perfurada inserida na leira para propiciar a ventilação.



**Figura9**– Leira estática montada sobre dispositivo para injeção de ar. Fonte: Fernandes; Silva (1999).



**Figura 10** – Leira estática montada sobre túnel para circulação de ar. Fonte: Cortez et al.

### Método acelerado

Existe um método de compostagem denominado acelerado, no qual se observa a utilização de dispositivos tecnológicos, tais como os bioestabilizadores, os quais, além de acelerarem o processo de compostagem, permitem um maior controle dos odores, uma vez que o sistema é fechado e a aeração, controlada.

Os bioestabilizadores são cilindros rotativos – com dimensões aproximadas de 3 metros de diâmetro e 35 metros de comprimento – que giram a uma velocidade baixa de rotação a fim de homogeneizar o material. No seu interior, diversos obstáculos estão dispostos longitudinalmente para promover um maior revolvimento da massa. O tempo de detenção da matéria orgânica no cilindro depende da velocidade de rotação e da inclinação. Após o período de detenção, tem-se um subproduto que precisa ser encaminhado para um pátio a fim de terminar o seu processo de maturação.



Os bioestabilizadores devem ser acompanhados de outras instalações para que o equipamento não seja subutilizado. Como exemplo, pode-se citar a presença de um setor de pesagem (com balança rodoviária), de um sistema de esteiras rolantes para a separação dos resíduos, de uma peneira e de uma área adjacente para que o composto ainda não totalmente estabilizado termine o processo de maturação.

#### Você sabia?



Que uma leira com 1.000 kg de resíduos orgânicos irá produzir, ao final, cerca de 200 kg a 300 kg de composto? Ou seja, em peso, somente de 20% a 30% dos resíduos serão transformados em composto.

## ATIVIDADE 7 – Compare métodos de compostagem

### Objetivo:

Montar duas leiras de compostagem e comparar o desenvolvimento de uma com o da outra.

O ideal é que já se tenha realizado a atividade 5 ou que já se tenha experiência anterior.

### Materiais necessários:

- Resíduos orgânicos (folhas, serragem, restos de alimentos, grama etc.);
- Galhos;
- Baldes;
- Luvas;
- Balança;
- Enxada;
- Pá;
- Termômetro;
- Regador.

### Procedimento:

- Escolha o local;
- Faça uma única camada com galhos ou materiais grosseiros para auxiliar na aeração, no caso da leira revolvida, e outra colocando tubulações perfuradas na base da leira ou então na vertical;
- Coloque uma camada de resíduos orgânicos ricos em nitrogênio;
- Coloque uma camada de resíduos orgânicos ricos em carbono;
- Faça isso alternadamente até a altura final – não se esqueça de que não pode ser maior que 1,80 m;
- Coloque a última camada de folhas ou grama ou capim para proteger a leira das intempéries e para controlar a umidade interna.

### Para o professor:

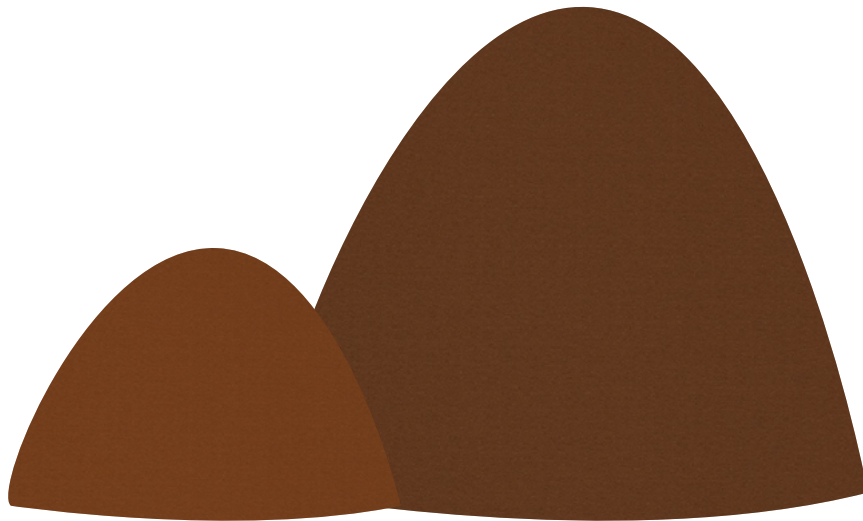


Para fazer a comparação, é importante que as leiras sejam feitas no mesmo período e com a mesma quantidade de resíduos, para auxiliar na comparação.

### Atividades para comparação:

- Faça o acompanhamento diário das temperaturas;
- Faça o teste da umidade uma vez por semana;
- Crie gráficos para o monitoramento de temperatura.

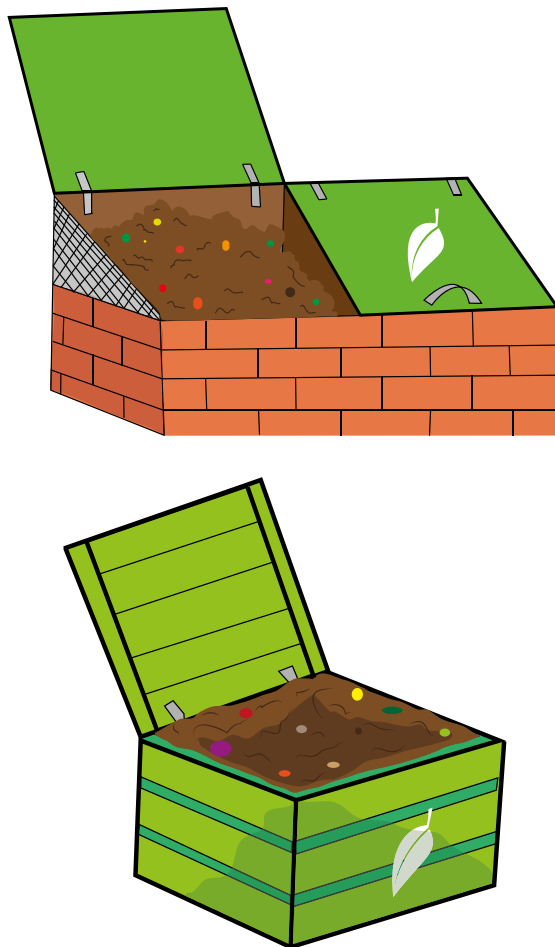
## v. Escalas da compostagem



A compostagem pode ser realizada em várias escalas, desde o sistema doméstico (compostagem caseira), no qual se produzem alguns quilos de composto, até as unidades de produção industrial (usinas de compostagem), onde se processam toneladas de resíduos. Há também a escala intermediária, que é o caso dos pátios de compostagem.

## Compostagem caseira

A compostagem caseira tem como vantagem tratar o resíduo no próprio local onde ele é gerado, diminuindo gastos públicos com a coleta e o transporte para o destino final. Nesse caso, o veículo coletor teria sua capacidade otimizada, atendendo a um maior trecho de coleta, ou então sua frequência poderia ser reduzida.



**Figura 11** – Modelos de composteiras caseiras: de madeira e de tijolos (com dois compartimentos).

Existem, também, disponíveis no mercado, composteiras industrializadas, cujos preços variam de R\$ 170,00 a R\$ 350,00, dependendo da capacidade de cada uma delas. Na Figura 12 são apresentados alguns modelos comerciais de composteira caseira.



**Figura 12** – Modelos de composteiras caseiras industrializadas.

Há uma forma de fazer a compostagem caseira em que se adicionam minhocas para auxiliar na decomposição da matéria orgânica, sendo, então, denominada de vermicompostagem.

O principal critério para definir a forma da compostagem caseira é a área que se tem disponível, seja pelo seu tamanho, seja pelas condições ambientais (local aberto ou fechado, piso impermeabilizado ou não). A escolha do local onde será montada a composteira é uma etapa importante, devendo ser de fácil acesso (para não ser esquecida) e de preferência em local fresco (bem ventilado) e protegido da chuva.

A composteira caseira pode receber materiais diversos. Por exemplo, pode ser montada somente com folhas, ou somente com restos de preparo de alimentos (cascas de frutas, legumes, talos, folhas, pão etc.). No entanto, recomenda-se não colocar restos de carnes e peixes, pois podem atrair animais indesejáveis (baratas, ratos etc.).

---



### **FIQUE ATENTO!**

O sucesso da sua composteira caseira depende do equilíbrio dos resíduos a serem inseridos. Dessa forma:

- O material úmido deve ser misturado com o seco;
  - Os resíduos com tamanho pequeno devem ser misturados com os de maior tamanho;
  - Os resíduos ricos em nitrogênio devem ser misturados com aqueles ricos em carbono.
-

Para montar uma composteira, o primeiro passo é colocar uma camada de material seco como base: folhas, galhos picados ou grama seca. Em seguida, colocam-se os resíduos verdes (resto de preparo de alimentos), que são geralmente produzidos na cozinha. Dessa forma, as camadas devem ir se alternando até que o recipiente se encontre cheio (no caso da composteira), ou, para a pilha, que atinja uma altura máxima de 1,0 metro, para não dificultar o revolvimento.

Depois que a composteira estiver totalmente preenchida, inicia-se o acompanhamento do processo, devendo-se cuidar principalmente da umidade e do revolvimento (aeração). A composteira não precisa ser misturada toda vez que o resíduo é adicionado, podendo essa ação ser realizada pelo menos uma vez ao mês ou a cada quinze dias. Nos períodos mais secos do ano, é necessário adicionar um pouco de água na composteira para que o processo não cesse.

### **Regras fundamentais da compostagem caseira:**

- Escolha um local adequado;
- Faça um bom balanceamento dos resíduos;
- Garanta a manutenção da umidade;
- Garanta a aeração da composteira;
- Monitore a temperatura.





O tempo para o composto ficar pronto pode variar de 3 a 6 meses, dependendo da frequência de revolvimento, do tipo de resíduo adicionado e das condições climáticas. Quanto mais picado estiver o resíduo, mais rápida será a sua decomposição. Por outro lado, será mais trabalhosa a tarefa, podendo, muitas vezes, desestimular a pessoa a fazer a compostagem.

---

Alguns indicadores de que o composto está pronto:

- A temperatura da composteira, mesmo após o revolvimento, assemelha-se à do ambiente;
- A massa de resíduos tende a ficar com a cor marrom-escura e com cheiro de terra;
- Já não se identificam mais os materiais de entrada.

Quando o composto estiver pronto, pode-se peneirá-lo antes do uso a fim de eliminar alguns resíduos que demoram mais para se degradar (ossos, caroços de frutas, galhos etc.). Os resíduos que não passaram pela peneira não devem ser jogados fora, podendo ser reincorporados em uma nova pilha ou composteira.

<b>Problema</b>	<b>Causa</b>	<b>Soluções</b>
<b>Mau cheiro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Há excesso de material úmido, geralmente rico em nitrogênio.</li> <li>- Está compactado, gerando deficiência de oxigênio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adicione material seco (folhas secas, serragem).</li> <li>- Revolva os resíduos para promover a aeração.</li> <li>- Adicione resíduos com tamanhos maiores para promover a circulação.</li> </ul>
<b>Moscas, baratas e roedores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presença de carne, peixe, gorduras em excesso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retire, se possível, esses resíduos da composteira.</li> <li>- Não adicione mais carnes, peixes e alimentos com muita gordura.</li> <li>- Deixe sempre a última camada da composteira com material seco.</li> </ul>
<b>A composteira não esquenta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Está muito pequena.</li> <li>- Falta material rico em nitrogênio.</li> <li>- Está em local não protegido de ventos.</li> <li>- Há poucos resíduos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adicione mais resíduos.</li> <li>- Adicione resíduos ricos em nitrogênio (restos de alimentos, cascas de frutas e verduras etc.).</li> <li>- Proteja a composteira do vento: mude de lugar ou crie um dispositivo de proteção.</li> </ul>
<b>O processo está muito lento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Há excesso de material seco, geralmente rico em carbono.</li> <li>- Há resíduos com grandes dimensões.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adicione materiais ricos em nitrogênio.</li> <li>- Sempre que possível, corte os resíduos em pedaços menores.</li> </ul>
<b>A pilha está muito úmida</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta drenagem.</li> <li>- Há excessiva adição de água.</li> <li>- Há deficiência de aeração.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adicione folhas secas ou serragem.</li> <li>- Revolva os resíduos para aumentar a aeração.</li> </ul>

## Pátios de compostagem

Os pátios de compostagem são indicados para escolas, indústrias alimentícias, ambiente rural, entre outros locais. Quanto à capacidade de tratamento, os pátios podem ser projetados para tratar desde pequenas quantidades, menos de 1 t/d, até quantidades que cheguem a 10 t/d.

Os fatores que diferenciam um pátio de outro – com relação à sua capacidade de tratamento – são os equipamentos utilizados e a área disponível. Assim, as plantas mais simples são aquelas com operação 100% manual e com a mínima utilização de equipamentos.

---



### FIQUE ATENTO!

A adequada escolha do local onde será instalado um pátio de compostagem é fundamental para evitar problemas com a população do entorno, principalmente com relação aos odores. Verifique a direção dos ventos e se existem residências, escolas e pontos de ônibus próximos ao local onde se deseja instalar a planta de compostagem.

---

Na sequência, têm-se os pátios de compostagem parcialmente mecanizados, que podem apresentar alguns equipamentos, tais como balança, triturador, sistema de injeção de ar (para o caso das leiras estáticas aeradas), retroescavadeiras, entre outros.

As etapas do processo de compostagem em pequena e média escala são: chegada do material, triagem (retirada de resíduos que não podem ser compostados), trituração (opcional), formação das leiras e peneiramento do composto.

A área onde as leiras serão montadas deve ser plana e o solo deve estar bem compactado, com declividade suficiente (no mínimo 2%) para escoamento das águas pluviais e do chorume produzido durante o processo de compostagem.

No dimensionamento do pátio, deve-se prever espaço entre as leiras para a circulação de caminhões, pás carregadeiras ou máquinas de revolvimento, além de áreas para estocagem do composto orgânico pronto.

Antes de se implantar um pátio de compostagem, devem-se buscar as normas e as leis existentes em nível federal, estadual e municipal, principalmente no que se refere à seleção de áreas.

No âmbito municipal, deve-se consultar o Plano Diretor, o Código de Obras, a Lei Orgânica e outras leis pertinentes ao assunto (por exemplo, lei de zoneamento ambiental). No contexto estadual e federal, devem-se averiguar as exigências dos órgãos ambientais (distância de corpos d'água, áreas de proteção ambiental ou áreas de preservação permanente etc.).

## Usinas de compostagem

A usina de compostagem geralmente é indicada para municípios maiores e que possuam recursos financeiros para a compra e manutenção dos equipamentos. Sua principal característica é a mecanização, sendo estes os principais equipamentos presentes: balança rodoviária, esteira mecânica para triagem, separador magnético, triturador mecânico, picador de galhos, peneira rotativa.

Assim como os pátios de compostagem, as usinas podem variar dos modelos mais simples até os mais complexos, que agregam o bioestabilizador no fluxo da transformação do resíduo orgânico em composto.

O funcionamento de uma usina de compostagem consiste na deposição dos resíduos em um pátio de recepção, geralmente impermeabilizado. Em seguida, os sacos plásticos são transferidos para um fosso, que depois segue para a esteira de triagem. Os materiais são separados geralmente em metais, papelão, trapos, plásticos, vidros e embalagens cartonadas, que são destinados à reciclagem. Os resíduos que saem da esteira são peneirados, e o material que passa é encaminhado para um pátio de compostagem (descrito anteriormente), para que termine de ser maturado. O restante, considerado rejeito, é enviado para o aterro sanitário.

## **ATIVIDADE 8 – Aprendendo a montar uma composteira caseira**

### **Objetivo:**

Montar uma composteira caseira.

### **Materiais necessários:**

- Gaveteiro plástico;
- Furadeira;
- Torneira;
- Resíduos orgânicos;
- Terra;
- Minhocas.

### **Procedimento:**

- Escolha um local para colocar a caixa, de preferência aquele com boa ventilação e sobre o qual não incida sol diretamente;
- Pegue a furadeira e faça furos nas duas primeiras gavetas, sendo a gaveta inferior destinada para coletar o chorume;
- Na última gaveta, instale a torneira para a coleta do chorume;

- Em seguida, coloque um pouco de terra com minhocas nas duas gavetas de cima;
- Comece a colocar os resíduos orgânicos na primeira gaveta. Quando ela estiver cheia, inicie a colocação na segunda gaveta;
- Quando a segunda gaveta estiver cheia, a primeira já terá terminado a decomposição, e você poderá retirar o húmus e colocar mais resíduos;
- De tempos em tempos, faça a coleta do chorume produzido. Para utilizá-lo nas plantas, é necessário diluir em água na proporção de 1:10.

## VI. Composto orgânico



O uso intensivo do solo por certas culturas acarreta problemas para a recomposição da fertilidade natural da terra, sendo comum o emprego de fertilizantes químicos para suprir a deficiência de nutrientes, sobretudo nitrogênio, fósforo e potássio (NPK).

No entanto, em longo prazo, o uso contínuo desses fertilizantes pode causar prejuízos não só ao meio ambiente como também à agricultura, uma vez que o teor de matéria orgânica no solo tende a diminuir pelo processo natural de mineralização dessa substância.

Portanto, se não houver reposição de matéria orgânica no solo, este poderá se tornar pouco ou totalmente improdutivo no futuro. Nesse contexto, o composto orgânico proveniente da compostagem de resíduos sólidos urbanos torna-se um produto bastante recomendável para aplicar no solo, mesmo não apresentando altos teores de nutrientes, como é o caso do fertilizante químico. O composto orgânico, além dos nutrientes NPK, contém cálcio, magnésio, enxofre (micronutrientes essenciais às plantas) e matéria orgânica, o que melhora a capacidade de troca catiônica (CTC) e as propriedades físicas do solo.

O composto, produto da compostagem, para ser utilizado de maneira segura e eficiente, deve estar corretamente estabilizado. Isso significa que a matéria orgânica original deve ser convertida para uma forma que seja mais resistente à degradação e que contenha quantidades mínimas de componentes fitotóxicos, em conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação. Entre as aplicações do composto orgânico, destaca-se o uso em hortas, viveiros, floriculturas, programas de paisagismo, parques, jardins e programas de reflorestamento. Também pode ser utilizado como material de cobertura para aterros.

### Você sabia?



Que componentes fitotóxicos são aqueles que possuem efeito tóxico para o crescimento da planta? Esse dano pode ser causado por uma variedade de componentes, tais como os metais pesados e os pesticidas, e também pela salinidade.

Não é possível afirmar precisamente quando o composto estará pronto, pois o tempo de decomposição de cada resíduo é diferente. Por exemplo, materiais ricos em nitrogênio (frutas, verduras, alimentos em geral) decompõem-se mais rapidamente do que os materiais ricos em carbono (podas de árvores, pedaços de madeira etc.).



Na prática, podem-se utilizar alguns indicadores que auxiliam na identificação do término do processo de compostagem. Os principais aspectos que devemos observar para saber se um composto está pronto são:

- O material da leira não se degrada mais. Mesmo depois de a leira ser revolvida, os materiais iniciais não são mais reconhecidos;
- A temperatura da leira está estabilizada com a temperatura do ambiente;
- O material apresenta cor marrom escura e tem cheiro de terra.

Em suma, o tempo necessário para converter os resíduos orgânicos (matéria-prima) em composto depende da quantidade de nutrientes, temperatura, umidade, aeração, tamanho das partículas, pH e método empregado. Assim, um menor tempo de compostagem pode ser alcançado com uma mistura inicial de nutrientes (relação C/N = 30) aliada a uma boa frequência e ao controle de umidade. O processo será mais demorado quando, por exemplo, a umidade da mistura for muito baixa, os resíduos forem de grandes dimensões e a relação C/N estiver muito alta.

O composto orgânico, apesar de não dispor da mesma quantidade de nutrientes de um fertilizante químico, pode ser utilizado como condicionador de solos, devido ao alto teor de matéria orgânica decomposta.

Atuando como condicionador de solo, o composto orgânico traz benefícios ao ambiente; entre eles:

- Melhora a estrutura do solo, com reflexos favoráveis nos movimentos da água, do ar e das raízes das plantas;
- Aumenta a permeabilidade do solo;
- Diminui os riscos de erosão;
- Auxilia na manutenção da umidade.

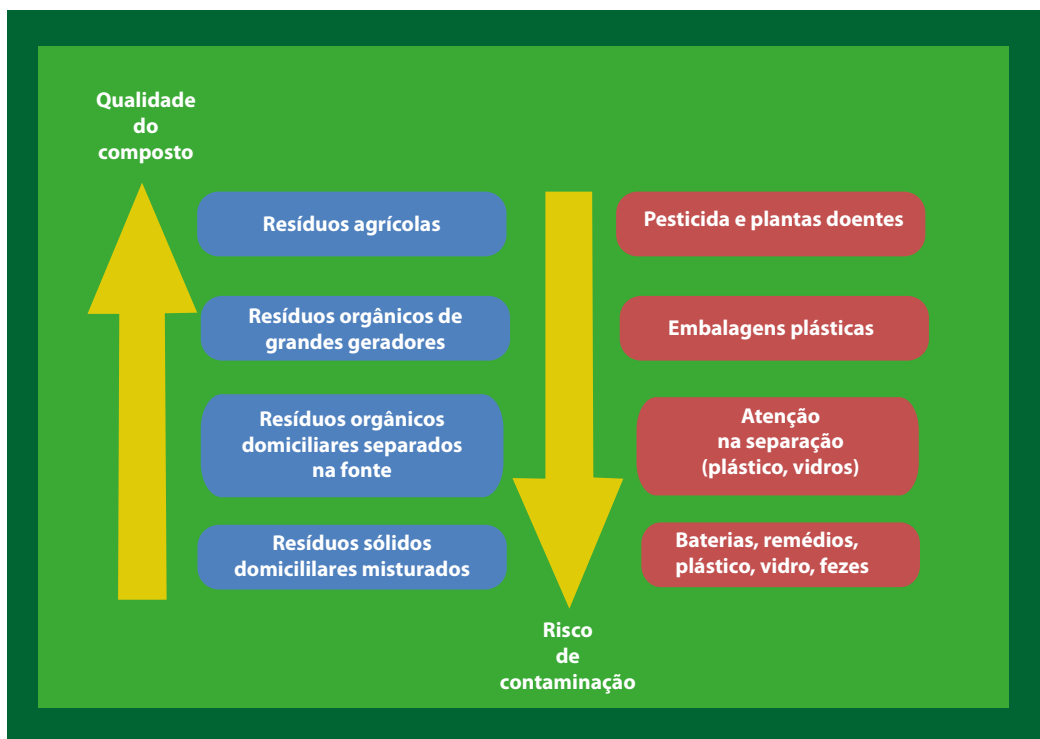
Antes de utilizar o composto, é necessário peneirá-lo, de forma a retirar possíveis materiais indesejáveis, tais como lacres de latas de alumínio, papel de bala, plásticos em geral etc. O composto que fica retido na peneira, se não estiver com muitas impurezas, pode ser reaproveitado nas próximas leiras, atuando como material inoculador.

### Qualidade do composto

A qualidade de determinado produto pode ser entendida como a capacidade de o produto atender, ao longo do tempo, às exigências mínimas (normas e especificações técnicas) que o caracterizem como bom. No caso do composto orgânico, a determinação da sua qualidade ainda é considerada um dos maiores desafios relacionados à aplicação desse produto na agricultura.

Porém, existem alguns procedimentos que podem contribuir para que se alcance um composto de boa qualidade, como, por exemplo, o controle do material de entrada, das operações unitárias e da gestão administrativa da planta de compostagem.

O material que chega ao pátio ou à usina de compostagem, como já visto anteriormente, deve ser o menos misturado possível. Quanto menos impureza estiver presente no material a ser compostado, melhor será a qualidade do composto. A Figura 13 apresenta um esquema sobre a qualidade do composto e o risco de contaminação em função do tipo de resíduo.



**Figura 13** – Qualidade do composto e risco de contaminação em função dos resíduos utilizados na compostagem.

Nas operações unitárias de separação e/ou montagem das leiras, é importante que os trabalhadores estejam comprometidos com essa atividade. Dessa forma, eles podem atuar como agentes ambientais dos programas de conscientização e mobilização para a correta separação dos resíduos orgânicos, pois estão verificando diretamente se há aumento ou redução da quantidade de resíduos indesejáveis (plásticos, vidros, seringas, latas etc.) que chegam ao pátio ou à usina de compostagem.

Para cada operação unitária, devem ser definidos quais parâmetros serão controlados, além da metodologia e da frequência. Na chegada dos resíduos, por exemplo, pode-se realizar a pesagem e a cubagem, dependendo da quantidade aportada. Outros parâmetros que podem ser monitorados são: temperatura, quantidade de água inserida na leira, tempo de injeção de ar (no caso do sistema de leiras estáticas aeradas), intervalo de revolvimento, entre outros. Para tanto, é necessário desenvolver planilhas que ajudem a organizar essas informações. O registro das medidas permitirá um controle temporal do processo, além de se tornar um instrumento de controle estatístico da qualidade do composto produzido.

Outro parâmetro para verificar o grau de qualidade do composto é a condutividade elétrica, que serve como indicativo dos níveis de fitotoxicidade. Elevados valores de condutividade elétrica e alta concentração de ácidos orgânicos inibem a germinação de sementes, ou seja, nessas condições, o composto perde a sua propriedade de fertilizante/adubo.

Um aspecto importante na busca pela padronização da qualidade do composto é definir um programa de amostras do composto a ser analisado. Devem-se determinar, principalmente, a quantidade de amostras, a frequência e o método de coleta. Os resultados devem ser comparados com os parâmetros existentes na legislação. Quando um resultado for muito discrepante dos demais, recomenda-se repetir a análise.

## ATIVIDADE 9 – Horta experimental

### Objetivo:

Montar uma horta experimental.

### Materiais necessários:

- Composto orgânico;
- Sementes;
- Regador;
- Máquina fotográfica.

### Procedimento:

- Escolha um local (ou vaso) para plantar uma ou duas espécies de hortaliças;
- Faça uma separação física entre os experimentos. Utilize uma tábua, coloque tijolos ou simplesmente deixe um espaçamento físico;
- Misture o solo com diferentes dosagens de composto orgânico em cada uma das áreas;
- Faça o plantio das sementes no mesmo dia;
- Faça o acompanhamento diário ou semanal e registre com fotografia;
- Verifique quais foram as diferenças entre um e outro e discuta com os colegas.

### Planilha de acompanhamento:

Hortaliça:

Data do plantio:

Data da germinação:

SEMANA 01			
Tratamento	Altura (cm)	Observações	Foto
100% (solo)			
75% (solo) + 25% (composto)			
50% (solo) + 50% (composto)			
25% (solo) + 75% (composto)			
100% (composto)			

A quantidade de planilhas dependerá do tempo necessário para a hortaliça crescer.

## VII. Experiências de programas de compostagem



O planejamento de um Programa Municipal de Compostagem deve levar em consideração pelo menos os seguintes componentes: o operacional, o gerencial e o controle social.

É recomendado que o programa de compostagem comece por um bairro ou comunidade que mostre interesse pelo projeto. Dessa forma, aproveita-se a pré-disposição e o entusiasmo existentes para dedicar esforços a fim de alavancar a expansão do programa.

## Aspectos operacionais

Operacionalmente, um programa municipal de compostagem apresenta pelo menos cinco etapas: **separação, coleta, tratamento, distribuição e utilização**. Na escala domiciliar, as etapas de coleta e distribuição são suprimidas.

A etapa de separação consiste em segregar os resíduos orgânicos dos outros tipos de resíduos, recicláveis ou rejeitos. Quanto mais próxima essa atividade ocorrer da origem (local de geração), mais limpos estarão os resíduos e, conseqüentemente, melhor será a qualidade do composto.

*O êxito de um programa municipal de compostagem depende dos esforços destinados para a correta separação dos resíduos orgânicos na origem. Essa atividade aumenta a pureza do resíduo a ser tratado e melhora a eficiência do tratamento, considerando não só a questão técnica, mas também a produtividade dos trabalhadores.*

O sistema de coleta consiste no transporte dos resíduos e no seu encaminhamento até o local de tratamento. Deve-se pensar em diferentes estratégias de coleta (frequência, tipo de caminhão, roteiro, equipe) em função do local de geração dos resíduos orgânicos, que podem ser casas, edifícios, condomínios horizontais, parques e praças ou grandes geradores (restaurantes, feiras livres, varejões, indústrias).



Para definir a frequência da coleta, assim como o tipo e a capacidade do veículo coletor, é necessário realizar um estudo prévio dos setores a serem coletados a fim de identificar os tipos de resíduos e a respectiva quantidade gerada. A densidade populacional e o tipo de habitação são elementos essenciais no planejamento de qualquer coleta. Por exemplo, a adesão ao programa de coleta seletiva em edifícios pode ser dificultada pela falta de espaço, pela configuração inadequada das instalações e pelos problemas de odores.

A coleta seletiva de resíduos orgânicos já é realidade em alguns lugares, como é o caso de algumas cidades da Argentina, Alemanha, Grécia, Itália, Espanha, Portugal, Índia, entre outros. Em alguns deles, a coleta já está institucionalizada; em outros, ainda está em escala piloto. Essas experiências adotam algumas estratégias para a coleta seletiva dos resíduos orgânicos, tais como:

- Coleta com sacolas plásticas comuns, diferenciadas pela cor ou simbologia;
- Coleta com sacolas plásticas biodegradáveis;
- Coleta com baldes retornáveis;
- Entrega dos resíduos orgânicos em pontos previamente estabelecidos.

A coleta realizada em sacos biodegradáveis apresenta a vantagem de não ser necessário abri-los antes da compostagem, otimizando o processo. Já a entrega dos resíduos orgânicos em ecopontos ou pontos de entrega voluntária (PEVs) é indicada quando há uma população conscientizada. A frequência de coleta nesses pontos deve ser aumentada nos meses de verão.

Para cada uma das opções existem vantagens e desvantagens. Uma solução pode ser boa para certo município, mas pode não funcionar em outro. Portanto, é necessário estudar as peculiaridades do local e do público a ser atingido antes de implantar qualquer projeto.

O tratamento refere-se à compostagem em si, que, como já foi visto, pode ser realizada por diferentes métodos: leiras revolvidas, leiras estáticas aeradas e sistema acelerado. Nessa etapa, devem ser consultadas as exigências do órgão ambiental para se instalar uma planta de compostagem.

A próxima etapa, a distribuição, consiste no transporte do composto produzido na unidade de compostagem até os locais onde o composto será utilizado. A existência de um mercado consumidor é fundamental para a manutenção de um programa de compostagem. Se o composto não é utilizado, seja pela falta de mercado, seja pela sua má qualidade, o ciclo não é completado, e todo o esforço despendido no processo é desperdiçado.

Portanto, antes de implementar o programa municipal de compostagem, é necessário identificar os possíveis consumidores do composto e o mecanismo de entrega. Ressalta-se que o composto não precisa necessariamente ser comercializado; ele pode ser utilizado em áreas públicas, como parques, praças, canteiros e áreas verdes do município, substituindo o uso de fertilizante químico. Caso haja venda do composto, será necessário garantir produtividade e frequência mínimas, além de garantir a manutenção da qualidade do produto.

### Aspectos gerenciais

As etapas operacionais anteriormente descritas articulam-se com os procedimentos gerenciais, que devem se desenvolver simultaneamente para que o Programa Municipal de Compostagem obtenha êxito.

*A incorporação de parceiros no Programa Municipal de Compostagem enriquece e fortalece o seu desenvolvimento e a sua continuidade. Sugestões de parceiros: universidades, organizações não governamentais, igrejas, grupos de escoteiros, associações de bairros, bombeiros etc.*

Os procedimentos gerenciais incluem as seguintes etapas: o estabelecimento de uma legislação municipal para o gerenciamento de resíduos orgânicos, as estratégias para iniciar o programa, a previsão e a reserva orçamentária para o programa, a busca de financiamento ou de parceiros, a formação de um grupo de trabalho multidisciplinar, a divulgação do programa e os estudos de mercado e de *marketing* do composto.

A definição de estratégias para o início e a expansão do Programa Municipal de Compostagem deve levar em consideração o tipo de resíduo a ser compostado. No caso de o programa ser pioneiro no município, recomenda-se que a compostagem se inicie com os resíduos mais fáceis de trabalhar, como é o caso das podas de árvores ou das gramas de parques e jardins, pois:

- Não há necessidade de separação pela população;
- A coleta geralmente é realizada pela própria administração municipal;
- Não geram odores durante a compostagem.



### **FIQUE ATENTO!**

Quanto maior a diversidade de resíduos a compostar, mais complexo será o gerenciamento do programa, devido à necessidade de capacitação, devido ao controle de qualidade da separação e devido ao processo de compostagem. Assim, recomenda-se que o programa comece com poucos tipos de resíduos e vá se ampliando à medida que as dificuldades sejam solucionadas.

---

Após realizar os ajustes no funcionamento da planta de compostagem e trabalhar com a divulgação do programa, parte-se para uma segunda etapa, que é a coleta de resíduos orgânicos de grandes geradores (restaurantes, lanchonetes, varejões, escolas etc.). Nessa fase, o grau de complexidade aumenta, pois se envolvem mais atores no processo (tipos diferentes de resíduos orgânicos e separação dependente de colaboração externa). Por outro lado, coleta-se uma grande quantidade de resíduos concentrados em poucos pontos.

A última etapa consiste em inserir a coleta seletiva dos resíduos orgânicos nas unidades habitacionais. Isso só ocorrerá se a planta de compostagem estiver funcionando adequadamente, se o uso do composto produzido estiver definido e se a população estiver convencida e sensibilizada para a importância do programa.

A formação de parcerias é um ponto fundamental para o desenvolvimento e fortalecimento do Programa Municipal de Compostagem. Podem-se destacar como potenciais parceiros as escolas, as universidades, as associações de bairro ou moradores, as igrejas, as organizações não governamentais, os fóruns de Lixo e Cidadania, as cooperativas de catadores e até mesmo as empresas ou indústrias que queiram associar seu nome a campanhas ambientais (como estratégia de negócios).

Os estudos de mercado e de *marketing* do composto devem ser relacionados e trabalhados em diversas instâncias, como em escolas, projetos municipais de plantio de árvores, festividades locais etc. Um aspecto importante do estudo de mercado é identificar quais são os produtos similares e quais são os concorrentes. Nessa pesquisa, deve ser investigado se a quantidade disponível do produto concorrente é suficiente para atender à demanda do mercado, qual é o raio de atuação e se o produto atende aos padrões de qualidade estabelecidos por lei ou, na ausência desta, por aqueles considerados adequados pelos consumidores.

No âmbito da gestão administrativa da planta ou unidade de compostagem, é imprescindível que o responsável acompanhe continuamente todas as operações unitárias e que organize reuniões periódicas, para levantar as causas dos problemas observados no controle de qualidade e propor melhorias no desempenho do processo.

## Controle social

A Lei nº 11.445/2007 (Lei do Saneamento) define controle social como o “conjunto de mecanismos e procedimentos que garantem à sociedade informações, representações técnicas e participações nos processos de formulação de políticas, de planejamento e de avaliação relacionados aos serviços públicos de saneamento básico”.

---

### Dicas para elaboração de uma campanha de divulgação do Programa de Compostagem

- Mostrar que a produção do composto representa um benefício social, ambiental e econômico para o município;
  - Oferecer incentivos à participação – distribuir sacolas, baldes, amostra de composto;
  - Oferecer incentivo econômico como desconto em algum imposto. No caso de grandes estabelecimentos (restaurantes, lanchonetes, varejões etc.), distribuir certificado de participação ou um “selo ambiental”;
  - Disponibilizar um setor, equipe ou pessoa responsável para o esclarecimento de dúvidas: pode ser um “disque compostagem”, um *e-mail* ou até mesmo um espaço físico reservado para receber a população.
-

Assim, o planejamento do programa de compostagem deverá considerar a participação da população, uma vez que é ela o principal ator, sendo responsável pela correta separação dos resíduos na origem.

A participação da população na separação dos resíduos é um assunto complexo, pois implica mudanças de hábitos e costumes. Nesse sentido, e como em qualquer outra situação de mudança, é esperado encontrar certa resistência. Por isso, é de extrema importância que o poder público desenvolva extensa e articulada campanha de divulgação, de forma a incentivar a participação da população no programa.

Além das campanhas de divulgação, o poder público pode planejar reuniões com a participação da população, dividida por setores de coleta ou bairros, para discutir alternativas de implementação do programa. Essa é uma tentativa de fazer com que a população se aproprie do problema e proponha estratégias para solucioná-lo.

A seguir, da figura 14 à figura 21, apresentam-se alguns exemplos de cartazes, pôsteres e panfletos de divulgação e de incentivo à participação da população nos programas de compostagem.



**Figura 14** – Cartazes de divulgação do Programa Municipal de Resíduos Compostáveis de São Carlos-SP. Fonte: Prefeitura Municipal de São Carlos (2008).



**Figura 15** – Cartaz de conscientização sobre compostagem do Programa de Compostagem da Prefeitura de Belo Horizonte, em 2005. Fonte: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (2005).

## ITÁLIA



**Figura 16** – Cartaz de uma empresa italiana responsável pela coleta seletiva de resíduos orgânicos.

Texto traduzido: “Disso para isto – É você que faz a diferença (na coleta de resíduos)”. Fonte: COSEA AMBIENTE (2008).



## PORTUGAL



**Figura 17** – Material de divulgação utilizado por uma empresa responsável pelo tratamento e valorização de resíduos sólidos em alguns municípios portugueses.

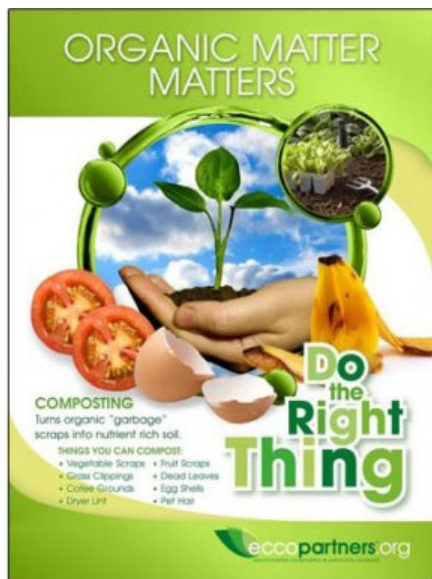
Texto transcrito:

“Coleta seletiva de matéria orgânica. Na estação de Tratamento e Valorização, os resíduos orgânicos de restaurantes, cantinas e mercados darão origem à produção de energia e de um composto orgânico sem aditivos químicos. Sabia que esse composto pode ser utilizado como fertilizante na agricultura?”

Fonte: VALORSUL (2008).



## ESTADOS UNIDOS



**Figura 18** – Material de divulgação sobre conscientização ambiental utilizado por algumas cidades do Estado de Arkansas, EUA.

Texto traduzido:

“Matéria orgânica tem importância. Faça a coisa certa. Compostagem transforma ‘lixo’ orgânico em um solo rico em nutrientes. Coisas que você pode compostar: cascas de vegetais e frutas, folhas mortas, casca de ovo etc”.

Fonte: Ecco Partners (2008).

## ARGENTINA



**Figura 19** – Materiais utilizados no Plano de Recuperação de Resíduos Sólidos Urbanos do município de Pergamino, Argentina. O balde é utilizado para a coleta dos resíduos orgânicos. O composto é doado para a comunidade.

Texto traduzido:

“Graças a você melhoramos a cada dia nossa qualidade de vida”.

Fonte: arquivo pessoal.

## ESPAÑA



**Figura 20** – Material de divulgação e de incentivo à compostagem da Sociedade Galega de Meio Ambiente da comunidade autônoma de Galícia, Espanha.

Texto traduzido:

“Separa atua com critério seletivo. 100% reciclável. Separar os resíduos orgânicos do resto. Usar a composteira para transformá-los. No processo ocorrerão altas temperaturas. Aerar a mistura, movê-la e regá-la. Usar o composto como adubo.

“Em Galícia, mais da metade dos resíduos são restos de alimentos, hortaliças e podas de plantas da casa ou do jardim. É o que chamamos de matéria orgânica. Agora podes fazer composto com tudo isso, um eficaz adubo orgânico, natural e solidário com o meio ambiente”.

Fonte: SOGAMA (2008).

Inferese, a partir dessa discussão, que a implantação de um programa de compostagem não é uma tarefa simples, pois requer bom planejamento, incluindo participação social, equipe técnica qualificada e recursos financeiros suficientes para alcançar êxito.

## ATIVIDADE 10 – Concurso de campanha publicitária

### Objetivo:

Elaborar diferentes painéis ou pôsteres para incentivar a compostagem na sua casa, escola, bairro ou cidade.

### Materiais necessários:

- Computador;
- Impressora.

### Procedimento:

A partir dos conhecimentos adquiridos durante todo o livro e das demais experiências por você vivenciadas, elabore painéis publicitários utilizando sua criatividade para auxiliar na conscientização e na sensibilização da comunidade, a fim de implementar um programa de compostagem.

## VIII. Considerações finais



As peculiaridades locais e regionais – quantidades e tipos de resíduos orgânicos, legislação existente, disponibilidade de opções de tratamento, mercado para o composto – acarretam uma gestão de resíduos orgânicos distinta para cada situação. Essa diversidade de cenários conduz a uma variedade de propostas técnicas e gerenciais.

No entanto, a regra geral válida para todos os programas de compostagem, independentemente do porte do empreendimento, é haver investimento (técnico e financeiro) destinado para obter os resíduos orgânicos separados na origem.

A otimização de um Programa Municipal de Compostagem implica a integração e a harmonização das opções de coleta e de tratamento dos resíduos orgânicos com o Plano Municipal de Resíduos Sólidos e, quando não houver, com o Plano Municipal de Saneamento Básico.

Resta ainda dizer que a legislação brasileira, quanto à qualidade e à utilização do composto no solo, precisa ainda ser aprimorada para garantir ao consumidor que seu uso seja seguro e benéfico.

## IX. *Links* de interesse



Para os que se interessam pela temática da compostagem e queiram se aprofundar no estudo, segue uma lista de *sites* sobre o assunto:

- [www.minhocasa.com](http://www.minhocasa.com) – mostra soluções simples e práticas para a destinação adequada dos resíduos orgânicos;
- [www.cidades.gov.br](http://www.cidades.gov.br) – *site* do Ministério das Cidades. A Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental tem um *link* denominado “biblioteca”, que disponibiliza, para *download*, publicações na área de resíduos sólidos;
- <http://www.composting101.com/> – apresenta dicas sobre compostagem caseira;
- <http://www.epa.gov/wastes/conservation/composting/index.htm> – *site* da Agência Americana de Meio Ambiente. Disponibiliza perguntas frequentes, informações sobre compostagem, legislação, e material técnico para *download*;
- [www.valorsul.pt](http://www.valorsul.pt) – *site* da empresa responsável pelo tratamento de resíduos sólidos em municípios portugueses. Possui um programa de coleta seletiva de resíduos orgânicos;
- [www.compost.org](http://www.compost.org) – *site* do Conselho de Compostagem do Canadá;
- [www.hotelbuhler.com.br](http://www.hotelbuhler.com.br) – instituiu o programa lixo mínimo no hotel, local em que os resíduos recicláveis são coletados seletivamente e os resíduos orgânicos são compostados.

# X. Referências

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

ALMOVERDE. **Catálogo compositores**. Disponível em: <<http://www.almoverde.pt/cms07/pdf/compostores.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2014.

CORTEZ, C. L. et al. **Alternativa sustentável para utilização de resíduos de poda provenientes da manutenção das redes de distribuição de energia elétrica**. Disponível em: <<http://www.newhome.com.br/HTMLs/Ekohome/Biomassa/Res%C3%ADduos%20de%20Poda%20Urbana.htm>>. Acesso em: 09 set. 2014.

COSEA AMBIENTAL. Disponível em: <<http://www.coseambientespa.it/>>. Acesso em: 03 ago. 2008.

ECOAGRÍCOLA. **Catálogo**. 3. ed. 2013. Disponível em: <<http://ecoagricola.ind.br/catalogo-ecoagricola.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2014.

ECCOPARTNERS. Disponível em: <<http://eccopartners.org/>>. Acesso em: 03 ago. 2008.

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. **Manual prático para compostagem de biossólidos**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

GROSSI, M. G. L.; VALENTE, J. P. S. **Compostagem doméstica de lixo**. São Paulo: Fundacentro, 2002. 39 p.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 4. ed. Piracicaba: Editora Degaspari, 2004. 173 p.

MASSUKADO, L. M. et al. Diagnóstico da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil: uma análise pós-PNSB 2008 – ênfase na destinação final e nos resíduos orgânicos. **Revista DAE**, n. 192, maio-ago. 2013. Disponível em: <[http://revistadae.com.br/downloads/Revista\\_DAE\\_Edicao\\_192.pdf](http://revistadae.com.br/downloads/Revista_DAE_Edicao_192.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Sustentável, Ciência e Tecnologia. **Coleta seletiva de compostáveis**. 2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. **Programa de compostagem** [cartaz]. 2008.

SOGAMA – SOCIEDADE GALEGA DE MEIO AMBIENTE. Disponível em: <<http://www.sogama.es/gl>>. Acesso em: 10 ago. 2008.

VALORSUL. Disponível em: <<http://www.valorsul.pt/pt/>>. Acesso em: 10 ago. 2008.





# Luciana Massukado

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), especialista em Educação Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP), mestre em Engenharia Urbana pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e doutora em Ciências da Engenharia Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). É docente da área de gestão ambiental do Instituto Federal de Brasília, *Campus Planaltina*. Trabalhou como consultora na área de projetos de saneamento da Fundação Nacional de Saúde, participou de projeto de pesquisa na área de resíduos sólidos com financiamento do Ministério das Cidades e foi bolsista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada no desenvolvimento do diagnóstico que subsidiou o Plano Nacional de Resíduos Sólidos.





Esta obra foi composta pela fonte família Myriad Pro,  
corpo 11 e em papel *offset* 90 g.