MARISA IDE

**COMPOSTAGEM: UMA ALTERNATIVA
SUSTENTÁVEL**

**FACULDADE DE EDUCAÇÃO SÃO LUÍS
NÚCLEO DE APOIO SANTA CRUZ
JABOTICABAL - SP
2011**

MARISA IDE

**COMPOSTAGEM: UMA ALTERNATIVA
SUSTENTÁVEL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Educação São Luís, como exigência parcial para conclusão do curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Educação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável.

Orientador: Prof. Mario Marcos Lopes

**FACULDADE DE EDUCAÇÃO SÃO LUÍS
NÚCLEO DE APOIO SANTA CRUZ
JABOTICABAL – SP
2011**

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação de especialização em pós-graduação somente foi possível graças à colaboração de muitas pessoas que me apoiaram e serviram de inspiração.

Início agradecendo ao Prof. Mario Marcos Lopes, pelo carinho, incentivos constantes e paciência.

Aos professores e colegas do curso de pós-graduação pela agradável convivência.

À minha querida mãe, fonte de inspiração, pelo amor e carinho que me dedicou e por suas opiniões sempre construtivas e pertinentes.

[...] Somos meninos prodígio evolucionistas mais capazes de transformar o mundo do que compreendê-lo. Outros animais não conseguem evoluir rápido o bastante para lidar conosco. É possível que também possamos nos tornar extintos, e, se isso acontecer, não seremos a única espécie do planeta que sabotou, apenas a única que poderia ter impedido isso.

(Diane Ackerman, As Mais Raras Espécies)

RESUMO

O crescimento econômico proporcionou aumento da população mundial, de consumo e conseqüentemente da produção de resíduos. Neste sentido, este trabalho discorreu sobre a destinação e forma de tratamento dos resíduos sólidos à luz do desenvolvimento sustentável. Analisa e questiona sobre os destinos e formas de tratamento dos resíduos sólidos no Brasil, inclusive no tocante aos impactos ambientais. Propôs a compostagem como uma das poucas formas de tratamento adequadas aos preceitos de sustentabilidade. Explicam-se os métodos e fatores que podem interferir na obtenção de produto orgânico final de boa qualidade. Demonstrou a simplicidade e o baixo custo do processo através de descrições de práticas, exemplificando e apresentando ao final um tipo diferente de compostagem: a vermicompostagem.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	6
1 COMPOSTAGEM E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	8
1.1 Resíduos Sólidos: definição e classificação	8
1.2 Resíduos Sólidos: formas de destinação e os impactos ambientais	9
1.3 Compostagem: modalidade de tratamento sustentável	10
1.3.1 Definindo o termo compostagem	12
1.3.2 Matéria orgânica	12
1.3.3 O processo natural (microbiologia)	13
1.3.4 A interferência humana e o controle do processo	15
1.3.5 O composto orgânico final	17
1.3.6 Métodos de compostagem	17
1.3.7 As vantagens da compostagem	18
2. A COMPOSTAGEM, NA PRÁTICA	20
2.1 Compostagem em pequena escala	21
2.2 Compostagem em média escala	21
2.2.1 Problemas e correções	21
2.3 A vermicompostagem (minhocário)	22
2.3.1 O processo	22
2.3.2 A vermicompostagem, na prática	23
CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
REFERÊNCIAS	27

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento e o progresso proporcionaram ao homem um salto na qualidade de vida, gerando um bem-estar e conforto. Ao mesmo tempo, quanto maior é este desenvolvimento, maiores também são os problemas derivados.

Importante salientar que o desenvolvimento não acarreta malefícios ao homem, o desafio está em como gerir todos esses problemas: o consumismo desenfreado, o desperdício, a falta de estrutura e educação. A resposta para esta questão é de vital importância, e segundo Capra (1982, p.18), “[...] pela primeira vez, temos que nos defrontar com a real ameaça de extinção da raça humana e toda a vida do planeta”.

Diante do exposto, como aliar o desenvolvimento com inteligência e responsabilidade? A resposta está inserida no conceito de desenvolvimento sustentável. Assim, o desenvolvimento econômico precisa levar em conta, também o equilíbrio ecológico e a preservação da qualidade de vida das populações humanas. Isso implica, por exemplo, a gestão equilibrada e responsável dos recursos minerais e ecológicos do planeta.

Portanto, pode-se concluir que os objetivos voltados para a conciliação entre o desenvolvimento econômico, proteção ambiental e equidade social envolvem ações que vão desde a eliminação da pobreza até a preservação e conservação dos recursos naturais – reflorestamentos, recuperações de áreas ambientais, reconstruções dos espaços urbanos e naturais, reciclagem e reaproveitamento, consumo inteligente; entre outras praticadas no dia a dia por cada indivíduo, desenvolvendo, sobretudo a cidadania, educação, ética e cultura.

Como descrito anteriormente, o crescimento proporciona qualidade de vida e conforto. O aumento da produção de lixo é uma consequência natural do

crescimento populacional. Então, a problemática dos descartes de resíduos sólidos é uma de manda fundamental, urgente e de interesse geral porque diz respeito à saúde pública mundial: proliferação de doenças, contaminação do solo, da água e lençóis freáticos etc. Enfim, é uma questão de sobrevivência humana.

No Brasil, a maior parte (57%) da composição de resíduos sólidos é constituída por matéria orgânica (BRITO, 2008). Neste sentido, este trabalho tem como principal objetivo estudar uma das possíveis formas de tratamento e reaproveitamento dos resíduos sólidos: a compostagem. Nota-se que ao mesmo tempo em que há uma diminuição importante na quantidade de lixo (sem tratamento) encaminhada aos aterros sanitários tradicionais ou 'lixões' a céu aberto, essa técnica dá origem a outro subproduto de grande utilidade: o adubo, como fertilizante natural.

As idéias desenvolvidas durante todo o trabalho refletem o estudo e pesquisa bibliográfica realizados em livros e jornais, observações, além de participação em palestras e cursos.

Ainda que o objeto de análise deste trabalho esteja restrito a uma das (poucas) modalidades de tratamento de lixo – compostagem, visando à contextualização do tema, este estudo visa primeiramente discorrer sobre o tema mais geral que é a discussão sobre os resíduos sólidos.

A pesquisa será estruturada em dois capítulos, onde será abordada uma breve exposição do assunto com discussão sobre definições e classificações. Em seguida, se discutirá o impacto ambiental causado pela forma tradicional de destinação e descarte dos resíduos sólidos; e sugerindo a compostagem como uma alternativa sustentável para solução deste problema.

Serão elencados os tipos de resíduos a serem utilizados para entendimento de como se concebe o processo sob o aspecto biológico. Então, descrevem-se os principais fatores e métodos que podem interferir na busca de um composto orgânico de boa qualidade. E, ao final, reafirmam-se as vantagens da compostagem à luz dos preceitos do desenvolvimento sustentável.

Então, no capítulo final será explicado como se concebe a compostagem, na prática, demonstrando o baixo custo e a simplicidade do processo. E, para exemplificar, será apresentado um tipo diferente de compostagem: a vermicompostagem.

1 COMPOSTAGEM E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

1.1 Resíduos Sólidos: definição e classificação

No processo de compostagem, a questão da separação ou triagem de resíduos é fundamental, tanto para obtenção de um composto orgânico (produto final) de boa qualidade, como para consecução no menor espaço de tempo possível e sem riscos de contaminação. Então, para que se possa instruir adequadamente o processo, é preciso conhecer o conceito ou definições, os tipos de resíduos, as origens e estrutura.

Os resíduos sólidos são definidos como o conjunto dos produtos não aproveitados das atividades humanas, ou seja, considerados inúteis, indesejáveis ou descartáveis pelos seus geradores ou produtores (IPT/CEMPRE, 1995). No presente estudo, considera-se resíduo sólido o conjunto de produtos sólidos, semi-sólidos (lodo de esgoto, por exemplo) e os gasosos.

De acordo com Reveilleau (2007, p. 60-61)

Os resíduos são gerados por diversas circunstâncias e atividades, são classificados em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas e com base na identificação de contaminantes presentes em sua massa, sendo, por vezes, bastante complexo chegar a uma classificação definitiva [...]

Sendo assim, a definição acima, será sintetizada da seguinte forma, conforme descreve a referida autora:

- **Classificação dos resíduos quanto à origem:** domiciliares, comerciais, industriais, de serviços públicos (varrição), de serviços de saúde (hospitais, farmácias e clínicas veterinárias), de transportes (aeroportos, terminais rodoviários e

ferroviários), agrícolas (relacionados às atividades rurais, agrícolas e pecuárias, como embalagens de adubos, rações, restos de colheitas), radioativos (provêm de atividades nucleares) e perigosos e/ou tóxicos (defensivos agrícolas) (REVEILLEAU, 2007).

- **Classificação dos resíduos quanto à sua composição química:** orgânicos (classificados também como não inertes): são materiais de origem biogênica (putrescíveis ou facilmente degradáveis) como os de origem animal e vegetal; materiais de origem celulósica, como papel e papelão (moderadamente degradáveis) e materiais de difícil degradação como couro tratado e madeira. Inorgânicos (classificados também como inertes): são compostos basicamente por produtos manufaturados como vidros, plásticos, metal, isopores, lâmpadas, espumas entre outros não-degradáveis (BRITO, 2008; REVEILLEAU, 2007).

1.2 Resíduos Sólidos: formas de destinação e os impactos ambientais

A questão da destinação dos resíduos tornou-se um grave problema para o meio ambiente. No Brasil, por exemplo, 76% dos resíduos sólidos vão para lixões a céu aberto e 22% são destinados a aterros controlados e sanitários. Percebe-se então que só uma ínfima parcela (2%) recebe algum tipo de tratamento *satisfatório* na sua destinação final, quais sejam as usinas de compostagem e a incineração (BRITO, 2008).

O aterro sanitário é parte importante e fundamental para destinação de resíduos sólidos classificados como inorgânicos ou inertes ou mesmo os de difícil degradação. Os aterros devem estar localizados em áreas especiais – distante de rios (GANDELINI, 2002, p. 11). E devem ser especialmente preparados para receber lixo: “[...] dotados de impermeabilização de base, sistemas de tratamento de efluente (chorume), dispersão de gases e confinamento dos resíduos sólidos pela cobertura diária com material inerte.” (INÁCIO; MILLER, 2009, p. 18). Neste sentido, temos que “os aterros sanitários representam um investimento considerável para os municípios [...]”. (INÁCIO; MILLER, 2009, p. 18).

Outro dado importante é que os aterros sanitários “[...] têm vida útil curta, em média 20 anos.” (INÁCIO; MILLER, 2009, p. 18). Então, advém o problema da satu-

ração dos aterros sanitários. No Brasil, capitais como São Paulo, Curitiba, Belo Horizonte, Salvador, Recife e Porto Alegre estão com aterros sanitários esgotados. (MPF/GO, 2010).

Entretanto, a maior parcela dos resíduos sólidos é destinada aos lixões, o que significa que não existem critérios para triagem ou separação dos resíduos ali depositados. Levando-se em conta que a porcentagem de matéria orgânica no componente de resíduos sólidos no Brasil é de 57% (BRITO, 2008, p.17), o impacto causado pela destinação dos resíduos sólidos em lixões é altamente prejudicial ao meio ambiente e nocivo ao homem.

O impacto ambiental se percebe no meio físico, modificando a estrutura topográfica do local devido à movimentação de terra causando os chamados deslizamentos de morros; alterando o fluxo e a qualidade das águas superficiais e subterrâneas provocado pela infiltração do chorume (líquido lixiviado com odor acentuado) e consequente poluição de poços e rios, limitando o uso da água e, prejudicando a qualidade do ar (poluição devido à geração de gases tóxicos, e ainda liberação de gás metano resultando no agravamento do efeito estufa), e do solo (retenção de substâncias tóxicas provocando a infestação de roedores e outros vetores) (BRITO, 2008; EMURB, 2002).

A percepção também se dá nos meios biótico e antrópico: destruindo e alterando total ou parcialmente a fauna e a flora terrestres e aquáticas (destruindo os habitats de determinada população de pássaros típicos da região, por exemplo); modificando a estética paisagística do local e consequente desvalorização dos imóveis do entorno; e, prejudicando a saúde pública com a proliferação de doenças (epidérmicas, pulmonares), endemias e epidemias (BRITO, 2008; EMURB, 2002).

Outro problema econômico-social enfrentado pelo Brasil, advindo da destinação inadequada do lixo são os chamados catadores de lixo ou recicladores informais: recolhem materiais usados diversos (como latas de alumínio, papel) em residências ou em lixões e os revendem às empresas recicladoras, muitas vezes clandestinas. Sabe-se que muitas famílias são sustentadas por essa forma de trabalho informal e degradante.

1.3 Compostagem: modalidade de tratamento sustentável

Como vimos no item anterior, os problemas advindos da destinação inadequada dos resíduos sólidos em lixões a céu aberto, torna urgente e necessária uma solução a fim de diminuir a quantidade de lixo orgânico (a maior parte) e buscar alternativas de tratamento a fim de minimizar ou eliminar os impactos ambientais, sociais e econômicos.

Neste sentido, a compostagem, objeto deste estudo, é uma solução simples, econômica, natural, uma alternativa sustentável. Além disso, trata-se de um processo milenar. A prática de compostagem ou similares surgiu, mesmo que intuitivamente, junto aos primeiros cultivos agrícolas. Assim, conforme descreve Brito (2008, p. 23): “[...] a partir do momento em que o homem deixou de ser nômade e tornou-se sedentário, houve a necessidade da busca de terras férteis, ricas em matéria orgânica, para produção de alimentos. Com isso a matéria orgânica tem sido há milênios, considerada como principal fator de fertilidade do solo”.

Intuitivamente, o uso de matéria orgânica como fertilizante natural “[...] já era utilizada pelos índios Maias na América, que ao plantar milho, colocavam um ou mais peixes no fundo das covas como oferenda aos deuses, e assim, mesmo sem saber já realizavam uma adubação de matéria orgânica com um material de fácil decomposição e rico em nutrientes” (BRITO, 2008, p.23).

Há registros de aplicações agrícolas como matéria orgânica na Roma Antiga (esterco, adubação verde), China (através da utilização conjunta de resíduos fecais humanos, vegetais e esterco animal) e na Europa dos séculos XVIII e XIX (utilização de resíduos sólidos urbanos como adubos) (BRITO, 2008).

No entanto, as primeiras tentativas de estudar e sistematizar o processo de compostagem iniciou-se somente no século XX, nas décadas de 20 e 30, quando o agrônomo sir Albert Howard trabalhou na Índia. As observações e estudos possibilitaram então, que o método fosse difundido no Ocidente (INÁCIO; MILLER, 2009).

Até meados do século XIX os adubos utilizados eram praticamente de origem orgânica. Os fertilizantes minerais ou artificiais surgiram com a teoria mineralista do barão Justus von Liebig. E ainda nas décadas de 1970 e 1980, “[...] a utilização dos resíduos orgânicos urbanos perdeu a popularidade na produção do composto, principalmente pelo fato dos resíduos gerados a partir dessa época, apresentarem características cada vez mais inadequadas para geração de fertilizantes orgânicos.” (BRITO, 2008, p. 24).

Entretanto, a partir da década 1990, com o aumento substancial da quantidade de lixo urbano aliada à problemática de destinação e descarte, e ainda atendendo aos princípios que norteiam o 'desenvolvimento sustentável' - onde um dos pilares é a utilização de métodos com menor impacto ambiental, a importância de aplicação de um processo que utilize resíduos orgânicos como fertilizante, é inevitável e fundamental (BRITO, 2088).

1.3.1 Definindo o termo compostagem

Basicamente a compostagem é um processo natural de decomposição do material orgânico cru promovido por microrganismos, através da fermentação, transformando-o em fertilizante orgânico (ou composto orgânico).

Assim, conforme Inácio e Miller (2009, p. 32) explicam:

[...] a compostagem é um processo biológico e de ecologia complexa por envolver grupos variados de microrganismos em sucessão que transformam o substrato em decomposição e que afetam e são afetados pelos fatores físicos e bioquímicos envolvidos durante o processo.

Diversos autores definem ainda, compostagem com alguma particularidade, mas conclui-se que em todas há um ponto em comum, e nas palavras de Brito (2008, p.30) “[...] o processo de compostagem distingue-se da decomposição natural que ocorre na natureza por ser um processo controlado, com a interferência humana”.

1.3.2 Matéria Orgânica

Historicamente, o processo de compostagem é naturalmente parte da estratégia do homem para feitura de adubos orgânicos. Porém, com o desenvolvimento econômico e tecnológico e a migração cada vez mais intensa do homem, do campo para as cidades, o volume e a diversidade de lixo urbano tornou-se maior e mais complexo.

Como será descrito, o processo de compostagem é muito simples. A interferência humana se dá basicamente na escolha ou triagem dos tipos de material a serem utilizados e no monitoramento do processo a fim de se obter um bom produto final (fertilizante orgânico).

Para que todo processo e seu produto final se conceba de maneira satisfatória, a escolha do tipo de resíduo a ser utilizado recai sobre um específico, que é chamado de material orgânico.

Pode-se definir sob o ponto de vista químico que matéria orgânica é todo produto que apresenta em sua composição o carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, enxofre dentre outros elementos. “[...] porém, num sentido mais amplo, o termo relaciona-se a todo composto de carbono suscetível de degradação” (PEREIRA NETO, 2010, p.15), ou seja, toda matéria de origem animal e vegetal que sejam suscetíveis à putrefação.

Assim, citam-se alguns exemplos de material orgânico:

- Resíduos vegetais domésticos (frutas, verduras, legumes, restos de alimentos);
- Dejetos animais (esterco);
- Resíduos de jardinagem (flores, galhos, folhas, gramas, terra);
- Resíduos agrícolas e agroindustriais (sobras de culturas, resíduos de beneficiamento de grãos, madeiras, serragem);
- Lodos orgânicos.

Porém, há que se atentar ao fato de que nem todo resíduo orgânico é adequado para otimização do processo de compostagem (BRITO, 2008). Assim:

- Materiais com excesso de gordura, óleos (devido à composição química que retarda o processo);
- Carne, peixe, queijo (podem atrair roedores);
- Cinzas de cigarro, de madeira e carvão (valores elevados de metais e poluentes orgânicos).

1.3.3 O processo natural (microbiologia)

A matéria orgânica possui característica físico-química peculiar, ou seja, pela própria estrutura molecular, são corpos suscetíveis à decomposição por microrga-

nismos. Por isso, são chamados de biodegradáveis (PEREIRA NETO, 2010). Então, degradação ou biodegradação de qualquer matéria orgânica se concebe na natureza, independente de quaisquer interferências.

Neste sentido, quando o destino dos resíduos orgânicos são os lixões ou aterros clandestinos, tem o que se chama de degradação descontrolada no meio ambiente, causando problemas ambientais sanitários, econômicos, dentre outros. (PEREIRA NETO, 2010).

De acordo com Pereira Neto (2010), o composto orgânico – produto final do processo de compostagem se concebe, obedecendo as seguintes fases: degradação, mineralização e humificação.

O resíduo orgânico bruto é colonizado por grande número de microrganismos. Estes microrganismos possuem características e funções peculiares que lhes permitem ser ativos na decomposição de outros tipos de compostos orgânicos – este processo é também chamado de fermentação.

As principais espécies de microrganismos são: bactérias, fungos e actinomicetos. As bactérias têm como características a de sintetizar proteínas e a de não produzir gás metano. São responsáveis pela quebra inicial da matéria orgânica, favorecendo a liberação de calor. Os fungos são microrganismos aeróbicos e por isso dependem essencialmente de oxigênio livre (ar) para sobreviverem. Um exemplo deste tipo de organismo são os chamados bolores. São responsáveis pela decomposição de compostos difíceis de serem degradados, como a celulose. Os actinomicetos têm como principal característica a habilidade de se reproduzirem em ambientes com baixa umidade e altas temperaturas. São visíveis a olho nu e sua cor é esbranquiçada. Sua função é das mais importantes devido a capacidade de decompor substâncias que normalmente não são degradadas por bactérias ou fungos.

Conforme Brito (2008), esses microrganismos atacam (se alimentam) da matéria orgânica bruta. Mas o ritmo de atuação (chamado de digestão) desses microrganismos dependerá da natureza da própria matéria orgânica bruta e vários outros fatores como umidade, oxigenação, temperatura e outros de características físico-químicas (pH, concentração de nutrientes). O processo de digestão resulta na liberação (quebra) dos elementos químicos e que, agora estarão disponíveis na forma de nutrientes minerais. Com a morte destes microrganismos (condutores de nutrientes minerais), outros organismos irão se alimentar desses nutrientes e assim sucessivamente, como numa cadeia alimentar, “[...] ocorrendo uma reciclagem até o ponto

em que a matéria original e complexa se transforme em compostos minerais simples” (BRITO, 2008, p.25).

Resumidamente, a degradação ocorre quando a matéria orgânica bruta é ‘alimentada’ por determinada população de microrganismos. As partes constituintes desta matéria orgânica bruta “[...] são decompostas em diversos estágios, com diferentes intensidades, por populações distintas de microrganismos que vão se alternando e predominando no meio (controlado) em virtude das características do substrato” (PEREIRA NETO, 2010, p. 33).

O estágio que se segue à digestão chama-se maturação ou cura e ocorre quando a massa orgânica resultante da digestão fica mais estabilizada. “A fase de maturação é bastante lenta e caracteriza-se pelo elevado grau de fermentação, sendo o composto orgânico mais rico em nutrientes, que passaram da forma orgânica para mineral [...]” (BRITO, 2008, p.41).

Então, o produto final resultante da degradação e mineralização da matéria orgânica chama-se húmus – massa com alta quantidade de nutrientes para serem utilizados como adubo orgânico.

1.3.4 A interferência humana e o controle do processo

Conforme descrito, para que se possa obter um produto final de boa qualidade e em menor tempo, é necessário auxiliar o processo de decomposição, favorecendo e garantindo satisfatória eficiência e equilíbrio do processo.

Conforme descreve Brito (2008): “a decomposição da material orgânico é diferenciada segundo as características físicas, químicas e biológicas dos seus diversos componentes [...]”. Neste sentido, auxiliar o processo é fazer com que essas características funcionem de modo adequado; e, sobrevivendo problemas alheios ao processo natural, buscar soluções de modo a manter o sistema equilibrado.

Serão discutidos a seguir alguns dos principais fatores que afetam o equilíbrio da compostagem e que, por isto mesmo, devem ser alvo constante monitoramento. Além disto, abordaremos as possíveis alternativas para solução de problemas e otimização do processo.

- **Umidade:** o controle da umidade no processo de compostagem deve ser feita com bastante diligência a fim de evitar o acúmulo de gases fétidos e atração de

vetores (umidade muito alta), ou retardar e restringir a velocidade o processo (umidade muito baixa). O teor de umidade satisfatório é em torno de 55%. No caso de excesso de umidade, deve-se ou adicionar material absorvente ou poroso (resíduos de vegetais secos, lascas de madeira); ou utilizar-se da técnica de reviramento (revolvimento da massa orgânica) com maior frequência (PEREIRA NETO, 2010; BRITO, 2008).

- **Oxigenação:** pela própria natureza biológica da matéria orgânica, o processo de compostagem é aeróbico, ou seja, necessita de ar (oxigênio). Aqui, mais uma vez utiliza-se da técnica de reviramento (manual) ou qualquer outra de areação artificial a fim de controlar a atividade biológica do processo. Assim: “[...] o arejamento da pilha favorece a oxigenação e a secagem no seu interior, isto é, fornece o oxigênio para a atividade biológica, remove umidade da massa em compostagem e remove calor, diminuindo a temperatura da massa” (BRITO, 2008, p. 39).

- **Temperatura:** é um dos fatores mais importantes para se verificar a eficiência do processo. “[...] O controle da temperatura é muito importante, uma variação para mais ou para menos pode provocar uma redução da população e da atividade metabólica” (BRITO, 2008, p.35).

A temperatura média ideal (até terminar 1ª fase do processo, que é a da degradação ativa) é de 55°C. Denominada de temperatura termofílica, esta deve controlada por pouco tempo, já que a degradação da matéria orgânica nesta fase, também chamada de aquecimento, é muito rápida. Numa 2ª fase (a mais longa), deve-se controlar a temperatura gradativamente, de modo a chegar a 45°C no fim deste ciclo (3ª fase). A partir deste ponto, inicia-se a fase de maturação ou cura (também chamada de fase de resfriamento), com temperaturas controladas variando entre 30 a 45°C (temperatura mesofílica) (PEREIRA NETO, 2010).

- **Concentração de nutrientes:** todo organismo necessita de nutrientes para o exercício das atividades metabólicas. No caso de microrganismos, quanto maior a concentração e diversificação de nutrientes, maior será a eficiência do processo. Dentre os nutrientes mais importantes, destacam-se o Carbono (presentes em vegetais secos) e o Nitrogênio (esterco). Assim, explica PEREIRA NETO (2010, p.24) “o carbono, dentre outras funções, é fonte básica de energia para as atividades vitais dos microrganismos. Por sua vez, o nitrogênio é necessário na reprodução protoplasmática dos microrganismos [...]”.

- **Dimensão das partículas:** todo material orgânico sólido que será utilizado no processo de compostagem deverá ser 'cortado' em dimensões entre 10 e 50 mm. O tamanho da partícula tem grande influência na aeração e no tempo final gasto no processo, entre outros (PEREIRA NETO, 2010).

1.3.5 O composto orgânico final

Com visto anteriormente, a qualidade do composto final está diretamente relacionada com o tipo de material orgânico a ser utilizado na compostagem, além do monitoramento adequado do processo, levando-se em conta os fatores acima estudados (temperatura, umidade, dimensão das partículas, concentração de nutrientes, oxigenação entre outros).

Então, composto orgânico pronto e numa primeira observação, deve-se levar em conta: o odor (deve ter cheiro de terra molhada), a cor (deve ter coloração escura) e densidade (deve ser leve e solta); entre outras características, assim listadas por Brito (2008): ter boa capacidade de campo e troca catiônica; ser isento de sementes de plantas indesejáveis, de pragas, e de microrganismos patogênicos; boa porosidade para a drenagem do excesso de água durante a irrigação e chuvas, mantendo uma aeração apropriada para as raízes; apresentar boa agregação das suas partículas nas raízes; boa capacidade de retenção de água; ser facilmente operado em quaisquer condições de tempo; ser abundante.

1.3.6 Métodos de compostagem

A escolha do método de compostagem dependerá de alguns fatores, quais sejam:

- Quantidade (volume) e tipo de material a ser compostado;
- Dimensão (área) do local a ser realizado o processo;
- Tempo (velocidade do processo);
- Disponibilidade de tecnologia, mão-de-obra especializada e maquinários específicos;
- Disponibilidade econômica.

Obviamente que esses fatores não são excludentes entre si. Alguns autores classificam o método em grupos - sendo que algumas práticas podem ser comuns a diferentes grupos (INÁCIO; MILLER, 2009).

1.3.7 As vantagens da compostagem

Desenvolvimento Sustentável significa ter garantia de desenvolvimento econômico e bem-estar social com uma gestão equilibrada dos recursos naturais. Significa gerir ações equilibradas e inteligentes relacionadas aos recursos naturais a fim de obter ganhos econômicos e sociais. Ações equilibradas e inteligentes podem sugerir práticas grandiosas, dispendiosas, com uso de alta tecnologia etc. Mas pode significar exatamente o contrário: ações ou práticas muito simples podem resolver grandes problemas. É o caso da problemática do lixo urbano – destinação e tratamento. Então, práticas sustentáveis muito simples e até milenares - como a técnica de compostagem - podem proporcionar ganhos econômicos e sociais significativos.

Num primeiro momento, as vantagens advindas do processo de compostagem são percebidas no micro ambiente (solo, família, jardim) em que ela se realiza. Entretanto, os benefícios ambientais, no sentido global são evidentemente muito maiores.

Dentre as vantagens da utilização de composto orgânico no micro ambiente, Brito (2008) enumera:

- É a melhor fonte de matéria orgânica humificada;
- Substitui o húmus natural do solo;
- Aumenta a capacidade de retenção de água e ar no solo;
- Melhora as condições físicas, químicas e biológicas do solo;
- Possibilita a formação de microbiota no solo;
- Aumenta a porosidade do solo, tornando-o mais arável;
- Assegura a conservação da umidade e protege contra a vaporização, o frio e calor;
- Por ser sanitizado, é empregado diretamente nas plantações de frutas e verduras, que são consumidas cruas;
- Dá mais vida aos jardins, mais viço às plantações e eleva a produtividade agrícola, e;

- Restabelece as condições ecológicas locais.

No que se refere aos benefícios *globais* dos efeitos que o processo de compostagem proporciona; e preconizados na discussão sobre o tema desenvolvimento sustentável, Brito (2008) e IPT (2002) explicitam:

- A compostagem é um processo ambientalmente seguro porque é realizado de modo natural;

- Há redução dos impactos ambientais (poluição ambiental devido à emissão de gás metano, poluição de rios, infestações de pragas) associados à degradação dos resíduos orgânicos em locais inadequados; e, conseqüentemente minimização de custos dos governos na área da saúde pública e no sistema de tratamento de esgoto;

- A compostagem é um processo que recicla nutrientes para o solo. Deste modo, esses nutrientes podem ser reincorporados aos ecossistemas produtores, como florestas e áreas agrícolas;

- Há redução de cerca de 50% do lixo destinado ao aterro, tendo como consequência a redução significativa dos custos e consumo de energia com transporte; Economia de aterros sanitários, aumentando a vida útil dos mesmos.

Finalmente, Inácio e Miller (2009, p.16) argumentam:

Definitivamente, a compostagem deve ser encarada como uma biotecnologia ambiental. Os benefícios da escolha da compostagem como estratégia fundamental para compor o gerenciamento de resíduos orgânicos, seja no ambiente urbano ou rural [...] ou complexos industriais, são de tal forma abrangentes e robustos que não seria mais coerente mantê-los enquadrados apenas como aquela “antiga técnica agrícola para aproveitar os esterco e restos vegetais nas pequenas propriedades agrícolas”. Encarar a compostagem como uma biotecnologia ambiental significa [...] inseri-la de forma consistente nos programas e planos de gestão de empresas e governos. [...] apresentá-la como uma oportunidade de negócio para área privada, que vai da prestação de serviço à produção e comercialização de insumos para agricultura, reflorestamentos e paisagismos. A compostagem, sendo uma biotecnologia ambiental, traz soluções integradas para problemas rurais e urbanos representando um elo de benefícios mútuos.

2 A COMPOSTAGEM

O objetivo principal do presente capítulo é demonstrar, na prática, o processo de compostagem, provando o baixo custo e a simplicidade do processo.

Este tópico foi desenvolvido basicamente seguindo as informações e orientações contidas no “Manual de Compostagem: processo de baixo custo”, de João Tinôco Pereira Neto (2010). Sugere a prática de (1) compostagem em pequena escala (até 500 kg de resíduo orgânico), e (2) em média escala ou acima de 500 kg.

Em ambos os casos o material a ser compostado deve ser resultante de diversos tipos de resíduos (restos de alimentos, restos de jardinagens, esterco, palhos) a fim de garantir o equilíbrio nutricional do processo. Entretanto, o ideal seria evitar resíduos com excesso de gordura ou óleos e carnes; pois além de atrair roedores e insetos, retardam ainda mais o processo. Brito (2008). Além disto, os resíduos devem ser cortados (triturados) em diâmetro médio de 25 mm, para facilitar a aeração e precisam ser bem misturados a fim de adquirir uma forma de massa orgânica balanceada.

Em ambos os casos, o tempo total do processo é entre cinco ou seis meses, sendo que a fase de degradação ativa tem a duração de 110 ou 120 dias e serão necessários cerca de 30 a 50 dias adicionais para a fase de maturação (estabilização) da massa orgânica.

O produto final ou composto orgânico deverá apresentar coloração escura e odor de terra molhada, estando assim pronto para utilização como adubo orgânico. Mas deve-se atentar ao fato de que não é recomendado o uso de material não maturado (devido à liberação de amônia no solo), podendo acarretar danos às raízes das culturas.

2.1 Compostagem em pequena escala

Normalmente a compostagem em pequena escala é realizado em locais onde são geradas pequenas quantidades de resíduo orgânico (até 550 kg), como residências, condomínios, escolas, sítios, chácaras etc. Neste caso, pode-se aguardar a acumulação de, no máximo três dias de geração de resíduo. O método utilizado aqui é por “enterramento”, portanto em condições anaeróbicas, e não necessita o reviramento ou quaisquer outros tipos de monitoramento:

- Deve-se cavar um buraco de 1m² e 1m de altura, em local que possa ser protegido da chuva.

- Colocar um pouco da massa orgânica no fundo, em seguida deve-se cobrir com uma camada (10 a 12 cm) da terra escavada. Repetir essa operação até atingir 80 cm de altura. Os 20 cm restantes devem ser preenchidos com terra.

- Por fim, deve-se colocar uma cobertura de madeira grossa ou chapa metálica com peso, a fim de prevenir insetos e roedores.

2.2. Compostagem em média escala

O processo aqui é realizado em pátios de compostagem por processar volume de média quantidade (ou superior a 550 kg) de massa orgânica. O método neste caso é aeróbico (aerada) por revolvimento em pilhas ou leiras, a céu aberto. As pilhas (em forma triangular) ou leiras (em forma retangular) devem ser formatadas com altura aproximada de 1,6 m de altura. A medida do comprimento (leiras) e da base (pilhas) dependerá basicamente do tamanho do pátio de compostagem; sendo que, para a base das pilhas a medida ideal aproximada é entre 1,5 a 3,0 m. O tempo do processo é estimado entre cinco e seis meses. O monitoramento deve ser rígido, controlando os principais parâmetros: a **oxigenação**, o monitoramento da **umidade**, e a **temperatura**.

2.2.1 Problemas e correções

Durante o processo podem ocorrer diversos problemas advindos do mau monitoramento que devem ser corrigidos assim que percebidos, pois podem afetar a qualidade final do composto orgânico final. Destaca-se:

- Os odores fétidos ocorrem devido à má definição do ciclo de reviramento, excesso de umidade, dimensão dos resíduos (tamanhos superiores a 50 mm) ou configuração inadequada da leira ou pilha.

- A proliferação de vetores (roedores e insetos) ocorre devido ao mau controle da temperatura na fase de degradação ativa.

- A produção de lixiviados (líquido resultante da decomposição anaeróbica) é resultante do excesso de umidade da massa orgânica.

2.3 A vermicompostagem (minhocário)

Este tópico desenvolveu-se basicamente segundo informações contidas no trabalho de Renata Bicudo Molinari (2008), sob o título “Vermicompostagem e Sustentabilidade”.

Os cuidados com a relação à triagem dos resíduos orgânicos (variedade de resíduos, a fim de garantir o equilíbrio nutricional), trituração (areação) e mistura (balanceamento) são os mesmos da compostagem tradicional. A grande diferença ou vantagem é a possibilidade de realização do processo em ambientes fechados ou internos, como apartamentos e casas; além de quintais de casas e condomínios, sítios, chácaras.

2.3.1 O processo

Uma minhoca chega a comer o equivalente ao próprio peso e pode ficar até três meses sem se alimentar, podendo, assim, reduzir em até dois terços o lixo orgânico doméstico de um dia. As minhocas detritivas são as mais indicadas para a vermicompostagem, pois comem matérias orgânicas maiores e suportam melhor as adversidades de temperatura e acidez verificadas em um processo de decomposição. A espécie que mais se destaca nesse grupo é a *Eisenia faetida*, pois

têm a capacidade de processar uma grande variedade de materiais em tempo recorde (MOLINARI, 2008).

O processo da vermicompostagem se dá pela digestão e excreção de matéria orgânica pelas minhocas. A digestão se dá através de processos químico-físicos complexos aproveitando-se dos nutrientes contidos nos resíduos 'brutos'. O excesso dessa matéria orgânica digerida e rica em nutrientes é então excretado em forma de húmus ou adubo orgânico. Além do húmus, o processo gera também um líquido chamado biofertilizante ou chorume. Ambos podem ser utilizados como fertilizante natural.

2.3.2 A vermicompostagem, na prática

As composteiras devem ficar em local abrigado do sol e chuva, porém bem arejado.

Os materiais utilizados segundo Molinari (2008):

- Três caixas de madeira ou plástico duro (neste caso, obrigatório para locais de ambiente fechado), sendo duas com furos nas partes inferiores (para deslocamento das minhocas).
- Uma tampa com furos (para arejamento e proteção de insetos);
- Um litro de minhoca;
- Resíduo orgânico e matérias orgânicas secas ou palhosos (folhas, serragens ou papéis) triturados;
- Terra e húmus.

O tamanho e a forma das caixas dependem do espaço disponível para operar o sistema. As quantidades de terra e húmus dependem do tamanho das caixas, mas devem ser suficientes para forrar (em tamanho de quatro dedos de altura) as caixas e cobrir totalmente os resíduos.

- Dispor as três caixas, uma sobre a outra, sendo que a última (3ª caixa) deve ter um furo ou torneira para escoamento do líquido biofertilizante ou chorume.

- Forrar as caixas com terra e húmus (quatro dedos de altura). A caixa do meio deve ser preenchida com terra e as minhocas. Deve-se cavar um buraco e depositar pouco de resíduo orgânico. Em seguida, deve-se fazer uma camada de vegetais secos (folha, serragem ou papel triturados) e por fim cobrir com húmus.

- Após 20 dias aproximadamente, preencher a caixa de cima com material orgânico, camada de material seco e cobrir com o húmus retirada caixa do meio. Em seguida, inverter a posição das caixas (de cima e do meio). À procura de alimentos, as minhocas irão colonizar a caixa do meio. Repetir esse processo sempre que necessário.

- Ao final de aproximadamente 50 dias, o material da caixa do meio deve estar com coloração escura e aspecto de terra molhada: é o adubo natural.

O líquido resultante da umidade do processo, biofertilizante ou chorume, pode ser recolhido semanal ou quinzenalmente e diluído em água (uma parte do chorume para dez de água) e pode ser utilizada para regar plantas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A questão do descarte e tratamento de resíduos sólidos é um problema do desenvolvimento econômico-social e de sustentabilidade. Com a industrialização e conseqüente aumento (natural) da população, sobrevieram também o aumento do consumo e o aumento da produção de lixo.

Entretanto, o atual modelo de desenvolvimento caracteriza-se pelo consumismo desenfreado, aliada à exploração excessiva e irracional dos recursos naturais, sem uma contrapartida de preservação ou conservação. A capacidade natural da terra de absorver o lixo praticamente está no limite, levando-se em conta a disposição e tratamento inadequados de resíduos. Além disto, ou até como consequência, advém o aumento da poluição do solo, das águas e do ar, enfim a degradação do meio ambiente, prejudiciais ao homem e à natureza.

As formas de descarte dos resíduos sólidos no Brasil têm se mostrado inadequados e até prejudiciais à população e ao meio ambiente. Os aterros sanitários estão, na maioria, esgotados. Então, os lixões a céu aberto são o destino final da grande maioria dos resíduos sólidos. São depositados ali materiais de todos os tipos, sem prévia separação, reciclagem ou tratamento. E, ainda levando-se em conta que a maior parte da composição dos resíduos sólidos é constituída por material orgânico (putrescíveis) – causando grande impacto ambiental.

Neste sentido, este trabalho objetivou estudar uma das possíveis formas de tratamento dos resíduos sólidos que é a compostagem.

A compostagem é um processo natural pelo qual se transforma resíduo orgânico em fertilizante ou adubo natural.

Uma das vantagens desta forma de tratamento é a diminuição significativa da quantidade de resíduos orgânicos a serem encaminhados aos lixões ou aterros, minimizando assim os impactos ambientais: como poluição e infestações de pragas.

Além disso, há redução significativa dos custos e consumo de energia com transporte.

Ecologicamente sustentável porque existe o reaproveitamento ou reincorporação dos nutrientes, que é o produto final do processo (matéria orgânica ou adubo natural ou fertilizante natural) aos ecossistemas produtores, como florestas e áreas agrícolas, aliviando a pressão sobre o meio ambiente. Daí, conclui-se que também o micro ambiente é favorecido pelo uso do adubo natural: crescimento de plantas e culturas agrícolas, revitalização do solo, minimizando perdas e despesas provenientes da utilização de agrotóxicos ou fertilizantes minerais – danosos para o meio ambiente e para o homem.

Todo o processo é concebido de modo natural e a necessidade de interferência humana se dá somente para monitoramento do processo a fim de obter um produto final de boa qualidade. Portanto, é uma solução simples e de baixo custo, não necessitando da utilização de equipamentos sofisticados ou técnicas complexas.

REFERÊNCIAS

BRITO, M. J. C. **Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial de utilização do composto como substrato**. 2008. 124. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade Tiradentes, Aracaju, Sergipe, 2008.

CAPRA, F. **O ponto de Mutação**. A Ciência, a sociedade e a cultura emergente. São Paulo: Cultrix, 1982.

EMURB, Empresa Municipal de Obras e Urbanização. **Projeto conceitual do sistema de tratamento e disposição final dos resíduos sólidos de Aracaju e zona metropolitana e programa de recuperação da área degradada pela lixeira da terra dura**. Volume II, Aracaju, 2002.

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

IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas; CEMPRE, Companhia Empresarial para Reciclagem. **Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT/CEMPRE, 1995.

GANDELINI, L. **Localização de aterros sanitários e lixões no estado de São Paulo, considerando padrões ambientais distintos**: uma aplicação de modelos matemáticos de otimização. 2002. Monografia (Bacharelado em Ciências Econômicas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002. Disponível em: <http://log.esalq.usp.br/home/uploadfiles/arquivo1110.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2011.

MOLINARI, R. B. **Vermicompostagem e Sustentabilidade**. In: SEMINÁRIO SOBRE SUSTENTABILIDADE, 3., 2008, Curitiba. **Artigo...** Curitiba, UNIFAE, 2008. Disponível em: www.fae.edu/seminario_sustentabilidade. Acesso em: 04 mar. 2011.

MPF/GO, Ministério Público Federal do Estado de Goiás Online. **Coleta de lixo é recorde**. Goiânia, 11 jan. 2011. Disponível em: www.mp.go.gov.br/portalweb/9/noticia.html. Acesso em: 04 mar. 2011.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem**: processo de baixo custo. Viçosa: Editora UFV, 2010.

REVEILLEAU, A. C. A. A. **Política e gestão compartilhadas de resíduos sólidos no âmbito do poder público, do empreendedor e do consumidor: responsabilidade socioambiental e sua implementação.** 2007. Dissertação (Mestrado em Direito das Relações Sociais) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007.

SECTAM/PA, Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. Programa Paraense de Tecnologias Apropriadas. **Compostagem:** produção de adubo a partir de resíduos orgânicos. Belém: SECTAM. 2003.