

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUIEROZ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

COMPOSTAGEM

Disciplina: Matéria Orgânica do Solo (LSO-897)

Professor: Dr. Carlos Eduardo P. Cerri

Doutorandos: Emídio Cantídio Almeida de Oliveira

Raul Henrique Sartori

Tiago B. Garcez

Piracicaba – São Paulo

Maio de 2008

1. Importância

As atividades agrícolas e a agropecuárias geram grande quantidade de resíduos, como restos de culturas, palhas e resíduos agroindustriais, dejetos de animais, os quais, em alguns casos, provocam sérios problemas de poluição. Entretanto, quando manipulados adequadamente, podem suprir, com vantagens, boa parte da demanda de insumos industrializados sem afetar adversamente os recursos do solo e do ambiente. O aproveitamento dos resíduos agrícolas, industriais, urbanos e florestais pode ser realizado através de um processamento simples denominado compostagem, em pequena, média e grande escala desde que não causem distúrbios ao meio ambiente e a saúde pública.

2. Compostagem

O termo compostagem está associado ao processo de tratamento dos resíduos orgânicos sejam eles de origem urbana, industrial, agrícola e florestal. De acordo com Pereira Neto (1987), a compostagem é definida como um processo aeróbio controlado, desenvolvido por uma população diversificada de microrganismos, efetuada em duas fases distintas: a primeira quando ocorrem as reações bioquímicas mais intensas, predominantemente termofílicas; a segunda ou fase de maturação, quando ocorre o processo de humificação.

A compostagem é o processo de decomposição e estabilização biológica dos substratos orgânicos sob condições que favorecem o desenvolvimento de temperaturas termofílicas que resultam da produção biológica de calor. Para os autores a compostagem é um processo de oxidação biológica através do qual os microrganismos decompõem os compostos constituintes dos materiais liberando dióxido de carbono e vapor de água. Apesar de ser considerado pela maioria dos autores como um processo aeróbio, a compostagem é também referida como um processo biológico de decomposição aeróbia e anaeróbia, sendo realizada em sua quase totalidade por processos aeróbios.

A compostagem ocorre naturalmente no ambiente sendo referida como a degradação de matéria orgânica, o termo compostagem diz respeito a esta decomposição, porém está associada com a manipulação do material pelo homem, que através da observação do que acontecia na natureza desenvolveu técnicas para acelerar a decomposição e produzir compostos orgânicos que atendessem rapidamente as suas necessidades. O termo composto orgânico pode ser aplicado ao produto compostado, estabilizado e higienizado, que é benéfico para a produção vegetal (ZUCCONI & BERTOLDI, 1987)

3. Fontes de material orgânico para compostagem

3.1. Caracterização dos materiais para compostagem:

De forma genérica, os materiais vegetais frescos e verdes tendem a ser mais ricos em nitrogênio do que os materiais secos e acastanhados. Nota-se que o verde resulta da clorofila que tem nitrogênio enquanto que o castanho resulta da ausência de clorofila. No caso das folhas, a senescência (em que se

verifica o amarelecimento das folhas devido à degradação da clorofila) está associada à re-mobilizado do nitrogênio das folhas para outras partes da planta.

Os materiais utilizados para a compostagem podem ser divididos em duas classes, a dos materiais ricos em carbono e a dos materiais ricos em nitrogênio. Entre os materiais ricos em carbono podemos considerar os materiais lenhosos como a casca de árvores, as aparas de madeira, as podas dos jardins, folhas e galhos das árvores, palhas e fenos, e papel. Entre os materiais nitrogenados incluem-se as folhas verdes, estrumes animais, urinas, solo, restos de vegetais hortícolas, erva, etc. A relação C/N de diversos materiais compostáveis encontra-se na tabela 1.

Os materiais para compostagem não devem conter vidros, plásticos, tintas, óleos, metais, pedras etc. Não devem conter um excesso de gorduras (porque podem libertar ácidos graxos de cadeia curta como o acético, o propiónico e o butírico os quais retardam a compostagem e prejudicam o composto), ossos inteiros (os ossos só se devem utilizar se forem moídos), ou outras substâncias que prejudiquem o processo de compostagem. A carne deve ser evitada nas pilhas de compostagem porque pode atrair animais. O papel pode ser utilizado, mas não deve exceder 10% da pilha. O papel encerado deve ser evitado por ser de difícil decomposição e o papel de cor tem que ser evitado, pois contém metais pesados.

Tabela 1. Composição de alguns materiais empregados no preparo do composto (resultados em material seco a 110°C).

MATERIAL	M.O. (g/kg)	C/N	C (g/kg)*	N (g/kg)	P₂O₅ (g/kg)	K₂O (g/kg)
Abacaxi (fibras)	714,1	44/1	396,0	9,0	-	4,6
Arroz (cascas)	850,0	63/1	472,5	7,5	1,5	5,3
Arroz (palhas)	543,4	39/1	304,2	7,8	5,8	4,1
Bagaço de carne	585,0	22/1	327,8	14,9	2,8	9,9
Bagaço de laranja	225,1	18/1	127,8	7,1	1,8	4,1
Borra de café	867,9	25/1	477,5	19,1	1,7	0,2
Capim-colonião	910,3	27/1	504,9	18,7	5,3	-
Esterco de gado	621,1	18/1	345,6	19,2	10,1	16,2
Esterco de galinha	540,0	10/1	304,0	30,4	47,0	18,9
Feijão guandu	959,0	29/1	524,9	18,1	5,9	11,4
Grama batatais	908,0	36/1	500,4	13,9	3,6	-
Serrapilheira	306,8	17/1	163,2	9,6	0,8	1,9
Serragem de madeira	934,5	865/1	519,0	0,6	0,1	0,1
Torta de usina de açúcar	787,8	20/1	438,0	21,9	23,2	12,3
Turfa	398,9	57/1	222,3	3,9	0,1	3,2

M.O. – matéria orgânica; C/N – relação carbono/nitrogênio.

Fonte: Adaptado de Kiehl (1981 e 1985).

* o teor de C (g/kg) foi calculado com base na relação C/N e teores de N informados pelo autor.

Outra característica que é fundamental para o processo de compostagem é a dimensão das partículas dos materiais. O processo de decomposição inicia-se junto à superfície das partículas, onde exista oxigênio difundido na película de água que as cobre, e onde o substrato seja acessível aos microrganismos e às suas enzimas extracelulares. Como as partículas pequenas têm uma superfície específica maior estas serão decompostas mais rapidamente desde que exista arejamento adequado.

As partículas devem ter entre 1,3 cm e 7,6 cm. Abaixo deste tamanho seria necessário utilizar sistemas de ar forçado enquanto que os valores superiores podem ser bons para pilhas mais estáticas e sem arejamento forçado. O ideal é que os materiais utilizados na compostagem não tenham dimensões superiores a 3 cm de diâmetro. Quanto menor for o tamanho das partículas, maior é a sua superfície específica, e, portanto, mais fácil é o ataque microbiano ou a disponibilidade biológica das partículas, mas, em contrapartida, aumentam os riscos de compactação e de falta de oxigênio.

3.2 – Mistura de materiais

Na construção de uma pilha de compostagem é freqüente utilizar uma mistura de materiais ricos em carbono com outros ricos em nitrogênio. Os materiais ricos em carbono fornecem a matéria orgânica e a energia para a compostagem e os materiais nitrogenados aceleram o processo de compostagem, porque o nitrogênio é necessário para o crescimento dos microrganismos. Genericamente, quanto mais baixa é a relação C/N mais rapidamente termina a compostagem.

A relação C/N (peso em peso) ideal para a compostagem é frequentemente considerada como 30. Dois terços do carbono são liberados como dióxido de carbono que é utilizado pelos microrganismos para obter energia e o outro terço do carbono em conjunto com o nitrogênio é utilizado para constituir as células microbianas. Nota-se que o protoplasma microbiano tem uma relação C/N próxima de 10, mas, para efetuar a síntese de 10 carbonos com um nitrogênio, e assim constituir o seu protoplasma, os microrganismos necessitam de 20 carbonos, aproximadamente, para obter energia.

As perdas de nitrogênio podem ser muito elevadas (por exemplo, de 50%) durante o processo de compostagem dos materiais orgânicos, particularmente quando faltam os materiais com elevada relação C/N. Por esta razão, Lampkin (1992), refere à necessidade de uma relação C/N de 25 a 35 para uma boa compostagem. Para relações C/N inferiores o nitrogênio ficará em excesso e poderá ser perdido como amoníaco causando odores desagradáveis. Para relações C/N mais elevadas a falta de nitrogênio irá limitar o crescimento microbiano e o carbono não será todo degradado conduzindo a que a temperatura não aumente, e a que a compostagem se processe mais lentamente. Um volume de três partes de materiais ricos em carbono para uma parte de materiais ricos em nitrogênio é uma mistura muitas vezes utilizada. Com o aumento dos materiais ricos em carbono relativamente aos nitrogenados o período de compostagem requerido aumenta.

Os fertilizantes minerais nitrogenados podem ser adicionados em vez de materiais orgânicos ricos em nitrogênio. Neste caso devem ser aplicados através da rega por aspersão em cada camada de

30 cm de matéria orgânica. Os fertilizantes amoniacais são preferíveis aos fertilizantes com nitrogênio nítrico porque os microrganismos responsáveis pela compostagem preferem o nitrogênio amoniacal ao nitrogênio nítrico. Os fertilizantes fosfatados podem ser utilizados com vantagens para a compostagem. Pelo contrário, deve-se evitar a utilização de substâncias alcalinizantes como o calcário ou as cinzas porque contribuem para as perdas de nitrogênio, por volatilização da amônia.

O solo ajuda a manter a estabilidade da pilha e é utilizado como inoculo de microrganismos responsáveis pela compostagem. A quantidade de solo a utilizar numa pilha de compostagem não deve exceder um a dois centímetros por cada 30 cm de altura da pilha. Demasiado solo torna a pilha pesada para revolver e pode criar condições de anaerobiose em clima chuvoso.

3.3 – Rega

Como o processo de compostagem tende a ser um processo de secagem, devido ao calor provocar a evaporação de água, é conveniente iniciar o processo de compostagem nos valores superiores de umidade (50 a 60% p/p). À medida que se colocam as camadas dos materiais poderá ser necessário ir regando, caso não chova, durante os primeiros 14 dias de compostagem.

4. Fases compostagem

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

Kiehl (1998) relata que durante o processo de compostagem é possível observar três fases: uma primeira inicial e rápida de fitotoxicidade ou de composto cru ou imaturo, seguida de uma segunda fase de semi-cura ou bioestabilização, para atingir finalmente a terceira fase, a humificação, acompanhada da mineralização de determinados componentes da matéria orgânica. Como mostrado na figura 3, as fases da compostagem relacionando a temperatura do composto no tempo.

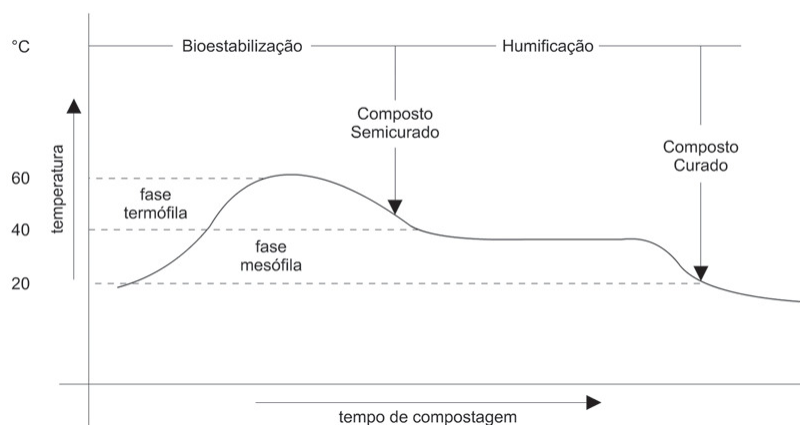


Figura 3. Fases da compostagem (D'ALMEIDA & VILHENA , 2000).

Segundo Aquino (2005) os resíduos orgânicos sofrem transformações metabólicas desde que fornecidas às condições de umidade, aeração e microrganismos como bactérias, fungos, actinomicetos, protozoários, algas, além de larvas, insetos etc., que têm na matéria orgânica in natura sua fonte de matéria e energia. Como resultado da digestão da matéria orgânica por esses organismos, ocorre à liberação de nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio se transformando em nutrientes minerais. Ou seja, esses elementos, antes imobilizados na forma orgânica, tornam-se disponíveis para as plantas num processo conhecido como mineralização.

Os microrganismos que realizam a decomposição da matéria orgânica absorvem carbono (C) e nitrogênio (N), sendo o tempo necessário para que ocorra a decomposição e a consequente mineralização, governado pela relação entre C e N da matéria-prima. O teor de N dos resíduos a serem decompostos deve ter teoricamente 1,7%, quando o conteúdo é inferior a esse valor, o tempo de decomposição será maior (Kiehl, 1985).

Para que todo ciclo esteja completo são necessários aproximadamente de 90 a 120 dias após mistura dos materiais orgânicos (dependendo da relação C: N do resíduo), tendo como resultado um composto normalmente escuro e de textura turfa, utilizado como condicionador de propriedades físicas e biológicas do solo, assim como, um composto fertilizante que fornece os nutrientes essenciais para o suprimento das plantas.

5. Principais fatores que influenciam na compostagem

O composto é resultado de um processo controlado de decomposição bioquímica do material orgânico por microrganismos, transformado toda matéria prima em um produto mais estável (KIEHL, 1998).

A palavra “composto” vem de muito tempo sendo utilizada para designar o fertilizante orgânico preparado pelo amontoamento de restos animais e vegetais, ricos em substâncias nitrogenadas, misturados com outros resíduos vegetais pobres em nitrogênio e ricos em carbono (KIEHL, 1998). A mistura dessas matérias orgânicas tem por finalidade sujeitá-los a um processo de compostagem que conduza essas matérias-primas, por processo de decomposição microbiológica, ao estado de parcial ou total humificação.

Segundo Kiehl 1998, a maturidade do composto ocorre quando a decomposição microbiológica se completa e a matéria orgânica é transformada em húmus. Esse produto final da decomposição (húmus) é comumente utilizado para fins agrícolas, devendo deter de características físicas e químicas que facilitem o seu uso como fertilizante e/ou condicionador de solos, não podendo conter contaminação com metais pesados ou patógenos, uma vez que, havendo tais contaminantes, somente poderá ser empregado na adubação de plantas ornamentais e flores.

Portanto, a técnica da compostagem foi idealizada para obter de forma mais rápida e parcialmente controlada a estabilização de materiais de origem orgânica. Matéria esses consideradas como subprodutos das indústrias e rejeitos sanitários das cidades. Promovendo a formação de um produto

(composto), que poderá ser utilizado na agricultura, como alternativa a fertilização inorgânica de lavouras, além impor destino a essas matérias primas que estariam contribuindo para poluição ambiental.

5.1 Organismos

A transformação da matéria orgânica é resultante da ação combinada da macro e mesofauna (minhocas, formigas, besouros e acáros) e de diferentes comunidades de microrganismos (incluindo bactérias, actinomicetas, leveduras e fungos) que predominam em diferentes fases da compostagem. Na compostagem, inicialmente, atuam microorganismos que metabolizam o nitrogênio orgânico transformando-o em nitrogênio amoniacal e com o decorrer da decomposição, a amônia pode ser perdida por volatilização ou convertida à forma de nitratos, pela nitrificação, fenômeno que é acidificante e contribui para que o composto maturado seja mais ácido do que o material original. Porém, se houver condições de anaerobiose, o nitrato será perdido por denitrificação e este fenômeno tem efeito alcalinizante (OLIVEIRA et al, 2002).

No processo de compostagem a energia produzida pelos microrganismos promove um incremento de temperaturas. Quando essas encontram-se superiores a 40°C começam a predominar os microrganismos termofílicos, responsáveis pela decomposição acelerada da matéria orgânica. Nessa fase as temperaturas ultrapassam os 55°C, promovendo a eliminação dos microrganismos patogênicos para os humanos ou para as plantas. Acima dos 65 °C a maioria dos microrganismos serão eliminados, incluindo aqueles que são responsáveis pela decomposição, necessitando assim, controlar as temperatura com umidade e aeração mantendo a níveis desejados.

5.2 Umidade

No processo de decomposição da matéria orgânica, a umidade garanti a atividade microbiológica. Isso porque, entre outros fatores, a estrutura dos microrganismos consiste de aproximadamente 90% de água e na a produção de novas células, a água precisa ser obtida do meio, no caso, da massa de compostagem. Além disso, todo o nutriente necessário para o desenvolvimento celular precisa ser dissolvido em água, antes de sua assimilação (ALEXANDER, 1977).

A faixa de umidade ótima para se obter um máximo de decomposição está entre 40 a 60%, principalmente durante a fase inicial, pois é necessário que exista um adequado suprimento de água para promover o crescimento dos organismos biológicos envolvidos no processo e para que as reações bioquímicas ocorram adequadamente durante a compostagem (MERKEL,1981).

Como a compostagem é processo anaeróbico, na prática, a umidade ideal deve ser manejada com base na capacidade de aeração da massa de compostagem, ou seja, deve-se observar para características físicas como: porosidade e estrutura do material, sempre objetivando satisfazer a demanda microbiológica por oxigênio (PEREIRA NETO, 1998). Quando a umidade é excessiva há aglutinação de partículas, o que baixa a resistência estrutural da leira, restringindo sobremaneira a difusão de oxigênio (POINCELOT, 1975 e WILLSON et al., 1976). Este fato reduz a temperatura

média da leira (para faixa mesofílica de 20 a 40°C) e a concentração de oxigênio para valores menores que 5% (HUGHES, 1980; POINCELOT, 1975; WILLSON et al., 1976 e DIAZ et al., 1982). Ocorrendo esses problemas, a velocidade de degradação da matéria orgânica diminuirá, e condições anaeróbicas se instalarão na massa de compostagem promovendo conseqüências indesejáveis, tais como: odores, atração de vetores, chorume, etc. (PEREIRA NETO 1987, 1996; POINCELOT, 1975 e WILLSON et al., 1976). Por outro lado, teores de umidade baixos, menores do que 40%, inibem a atividade microbiológica, diminuindo a taxa de estabilização (PEREIRA NETO, 1987). Em caso de falta de água, pode-se adicioná-la uniformemente sobre o material em compostagem e em caso de seu excesso, pode-se misturar materiais absorventes, como palhas, camas e serragens ou maravalhas (MARRIEL et al., 1987).

Na tentativa de obter os parâmetros máximos e mínimos para o Brasil (e países de clima tropical), Lelis (1999); Lelis et al., (1999) e Pereira Neto (1996) desenvolveram uma pesquisa utilizando pilhas de lixo orgânico (1 a 1,5 toneladas) com reviramento periódico da massa de compostagem, avaliando e comparando do grau de estabilização da matéria orgânica proveniente de resíduos sólidos (lixo urbano), submetida à compostagem sob diferentes teores de umidade controlados. Buscou-se determinar os teores de umidade máximos e mínimos considerados limitantes ao processo, em função da velocidade de degradação e do controle dos impactos ambientais (produção de odor e chorume).

Durante o período de 90 dias de compostagem, foram determinados vários parâmetros físicos, químicos, físico-químicos e bacteriológicos, além de ter sido feitas observações gerais no material. Este procedimento permitiu que se avaliasse o real grau de estabilização da matéria orgânica em compostagem, submetida a diferentes teores de umidade durante o processo. Assim como descrito na literatura verificou-se que a maior velocidade de degradação ocorre quando a matéria orgânica é compostada com teores de umidade situados entre 40 e 60%. O material submetido a teores entre 30 e 40% apresentou resultados satisfatórios, entretanto demandou um maior período de compostagem.

As pilhas mantidas sob umidade da ordem de 20 a 30%, além de apresentarem uma velocidade de degradação mais lenta, apresentaram o inconveniente de desprender uma grande quantidade de material particulado quando no seu reviramento. Quando o teor de umidade foi superior a 60%, a compostagem se processou, sob condições anaeróbicas, gerando lixiviados (chorume) e odor. O teor de umidade elevado, além de tornar a operação de reviramento mais difícil e praticamente sem utilidade, fez com que o material apresentasse temperaturas termófilas por um reduzido período de tempo, tendo sido registrada uma elevada contagem de indicadores de patógenos durante todo o período monitorado.

5.3 Aeração

O oxigênio é de vital importância para a oxidação biológica do carbono dos resíduos orgânicos, para que ocorra produção de energia necessária aos microrganismos que realizam a decomposição. Parte dessa energia é utilizada no metabolismo dos microrganismos e o restante é liberado na forma de calor.

A decomposição da matéria orgânica pode ocorrer por dois processos: na presença de oxigênio (aeróbio) e na sua ausência (anaeróbio). Quando há disponibilidade de oxigênio livre, predominam microorganismos aeróbios, sendo os agentes mais destacados os fungos, bactérias e actinomicetos (PEIXOTO, 1981). O processo anaeróbio tem o inconveniente da liberação de mau cheiro, devido a não liberação completa do nitrogênio aminado como amônia, com a conseqüente formação de aminas incompletas, mau cheirosas, as quais devem ser oxidadas para perder esta característica.

Uma compostagem mal conduzida pode levar a oxidação anaeróbia, acompanhada de putrefação e mau cheiro eliminado na atmosfera, na forma de gás ácido sulfídrico, mercaptanas (dimetildisulfeto, dimetilsulfeto, metilmercaptanas) e outros produtos contendo enxofre, todos com cheiro de “ovo podre” (KIEHL, 1998). Segundo o mesmo autor, o processo aeróbio é caracterizado pela alta temperatura desenvolvida no composto, pelo menor tempo de degradação da matéria orgânica e pelas reações de oxidação e oxigenação que se dão no processo, conduzindo o substrato a ter no final um pH próximo de 7,0. O odor desagradável pode ser reduzido por revolvimento da leira, ou por outro meio de aeração, transformando o processo de anaeróbio para aeróbio.

Na prática da compostagem, a aeração é o fator mais importante a ser considerado, sendo que quanto mais úmidas estiverem as matérias-primas mais deficientes será sua oxigenação, determinando que providências sejam tomadas para reduzir a umidade. No pátio de compostagem a aeração pode ser realizada por revolvimento das leiras, ou por insuflação ou aspiração do ar contido nos vazios da massa.

O arejamento evita a formação de maus odores e a presença de moscas, o que é importante tanto para o processo como para o meio ambiente. Recomenda-se que se faça o primeiro revolvimento duas ou três semanas após o início do processo, período em que se exige a maior aeração possível. O segundo revolvimento deve ser feito aproximadamente três semanas após o primeiro, ocasião em que se inicia o abaixamento lento da temperatura, indicando o início da estabilização do processo de compostagem.

Na décima semana após o início do processo faz-se um terceiro revolvimento para uma incorporação final de oxigênio. É provável que nessa oportunidade não esteja mais ocorrendo liberação de calor, pois a matéria orgânica não estará mais sofrendo decomposição e os elementos fertilizantes poderão ser conservados sem perdas.

5.4 Temperatura

Um dos fatores de grande relevância no processo de transformação da matéria orgânica é a temperatura do ambiente onde se realiza o processo.

De uma maneira geral, quando a matéria orgânica é decomposta o calor criado pelo metabolismo dos microorganismos se dissipa e o material, normalmente, não se aquece. Todavia, na compostagem de resíduos orgânicos, em montes, ou em condições controladas, trabalhando-se com grandes massas, o calor desenvolvido se acumula e a temperatura alcança valores elevados, podendo chegar à cerca de 80 °C.

O desenvolvimento da temperatura está relacionado com vários fatores, materiais ricos em proteínas, baixa relação Carbono/Nitrogênio, umidade e outros. Materiais moídos e peneirados, com granulometria fina e maior homogeneidade, formam montes com melhor distribuição de temperatura e menor perda de calor.

De acordo com Kiehl (1998), no processo de compostagem, a atividade microbológica atinge alta intensidade, provocando a elevação da temperatura no interior das leiras, chegando a valores de até 65°C, ou mesmo superiores, em decorrência da geração de calor pelo metabolismo microbológico de oxidação da matéria orgânica que é exotérmico.

Para melhor compreensão da variação da temperatura na compostagem, foi identificadas quatro importantes fases da temperatura durante o processo (BERNAL et al., 1998a; TRAUTMANN E OLYNCIOW, 2005):

1ª) Fase mesofílica: é a fase em que predominam temperaturas moderadas, até cerca de 40 °C. Tem duração média de dois a cinco dias.

2ª) Fase termofílica: quando o material atinge sua temperatura máxima (> 40 °C) e é degradado mais rapidamente. Esta fase pode ter a duração de poucos dias a vários meses, de acordo com as características do material sendo compostado.

3ª) Fase de resfriamento: é marcada pela queda da temperatura para valores da temperatura ambiente.

4ª) Fase da maturação: é o período de estabilização que produz um composto maturado, altamente estabilizado e humificado, livre de toxicidade.

Para a identificação das fases da temperatura, basta introduzir barras de ferro (vergalhões) até o fundo das pilhas, durante todo o processo de compostagem. Essas barras deverão ser retiradas para verificação da temperatura a cada dois ou três dias até o primeiro revolvimento, passando a uma vez por semana a partir de então, até o final do processo.

A temperatura deve ser verificada tocando-se com a palma da mão à parte da barra de ferro que estava introduzida na pilha dos materiais em compostagem, podendo ocorrer três situações:

a) a barra de ferro apresenta-se quente, porém o contato com a mão é suportável. São indícios de que o processo está ocorrendo normalmente;

b) a barra de ferro está muito quente não sendo suportável o contato com a palma da mão. Nesse caso, está havendo excesso de temperatura e o material deve ser revolvido se estiver muito úmido, ou umedecido se estiver seco;

c) a barra de ferro se encontra morna ou fria. Nesse caso, deve-se considerar o tempo em que está ocorrendo o processo, ou seja; se ainda não tiver sido feito o primeiro revolvimento, provavelmente está faltando umidade na pilha ou ela não foi construída com as dimensões corretas. Se o processo já estiver ocorrendo há mais de sete semanas, com dois ou mais revolvimentos, a baixa temperatura indica que a decomposição está estabilizada, portanto, o composto está pronto.

O composto estabilizado, além de ter temperatura igual à ambiente, apresenta-se quebradiço quando seco, moldável quando úmido, não atrai moscas e não tem cheiro desagradável.

5.5 Relação C:N

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

Um conteúdo apropriado de nitrogênio e carbono favorece o crescimento e a atividade das colônias de microrganismos envolvidos no processo de decomposição possibilitando a produção do composto em menos tempo.

Tendo em vista que esses microrganismos absorvem o carbono e o nitrogênio numa proporção de 30 partes do primeiro para uma parte do segundo, essa também será a proporção ideal nos resíduos. No entanto, consideram-se os limites de 26/1 a 35/1 como sendo as relações C/N mais recomendadas para uma rápida e eficiente compostagem. Resíduos com relação C/N baixa perdem nitrogênio na forma amoniacal durante o processo de compostagem, prejudicando a qualidade do composto. Nesse caso, recomenda-se juntar restos vegetais celulósicos para elevá-la a um valor próximo do ideal. Quando ocorre o contrário, ou seja, a matéria prima possui relação C/N alta, o processo torna-se demorado e o produto final apresentará baixos teores de matéria orgânica. Para corrigir essas distorção basta acrescentar materiais ricos em nitrogênio tais como esterco, camas animais, tortas vegetais, etc.

5.6 pH

O pH do composto pode ser indicativo do estado de compostagem dos resíduos orgânicos. Jimenez e Garcia (1989) indicaram que durante as primeiras horas de compostagem, o pH decresce até valores de, aproximadamente, 5,0, e posteriormente, aumenta gradualmente com a evolução do processo de compostagem e estabilização do composto, alcançando, finalmente, valores entre 7 e 8. Assim, valores baixos de pH são indicativos de falta de maturação devido à curta duração do processo ou à ocorrência de processos anaeróbios no interior da pilha em compostagem.

À medida que os fungos e as bactérias digerem a matéria orgânica libertam-se ácidos que se acumulam e acidificam o meio. Este abaixamento do pH favorece o crescimento de fungos e a decomposição da celulose e da lenhina. Posteriormente estes ácidos são decompostos até serem completamente oxidados. No entanto, se existir escassez de oxigênio o pH poderá descer a valores inferiores a 4,5 e limitar a atividade microbiana, retardando, assim, o processo de compostagem. Nestes casos deve-se remexer as pilhas para o pH voltar a subir.

Os compostos de dejetos animais geralmente apresentam índice de pH neutro ou levemente alcalino, entre 7,0 e 8,0 (CASSOL et al., 1994). Os microorganismos que atuam na compostagem têm

como faixa ótima de desenvolvimento pH entre 6,5 a 8,0, portanto, quando bem conduzida, a compostagem não apresenta problemas relacionados ao controle de pH (PEIXOTO, 1988).

5.7 Tamanho da Partículas

As partículas não devem ser muito pequenas para evitar a compactação durante o processo de compostagem, comprometendo a aeração. Por outro lado, resíduos com colmos inteiros retardam a decomposição por reterem pouca umidade e apresentarem menor superfície de contato com os microrganismos (exemplo, colmos de milho). Restos de culturas de soja e feijão, gramas folhas, por exemplo, podem ser compostados inteiros.

5.8 Sementes, patógenos e metais pesados na compostagem

A presença de sementes de plantas invasoras, pragas, patógenos e metais pesados que interferem na produção agrícola são considerados agentes indesejáveis. Estes agentes podem ser eliminados no início do processo de compostagem através de cuidados específicos a cada um deles, obtendo-se um produto final de qualidade, ou seja, livre destes agentes indesejáveis

Com relação aos patógenos, sementes e doenças, estes podem ser eliminados através do processo completo da compostagem. Se o processo de compostagem não eliminar os patógenos mais resistentes à temperatura, ao se incorporar o fertilizante orgânico ao solo, estes patógenos serão digeridos pela competição com os microrganismos selvagens, nativos, existentes no solo (KIEHL, 1998).

Para os metais pesados, a restrição se dá principalmente quando estes elementos se encontram acima dos limites considerados aceitáveis. O Brasil ainda não conta com norma técnica própria que estabeleça limites para os metais pesados nestes fertilizantes. A seleção prévia dos resíduos orgânicos evita a contaminação por metais pesados. O monitoramento periódico da qualidade destes fertilizantes é imprescindível, especialmente quando sua utilização final se der em solos destinados ao cultivo de alimentos (QUEIROZ et al., 2000). Como dificilmente se consegue uma seleção totalmente eficiente do resíduo na fonte produtora, Lima et al. (1995) recomenda que além de se monitorar o fertilizante, deve-se fazer a periódica coleta e análise dos solos que receberão o mesmo.

Se todos estes fatores de qualidade estiverem sendo devidamente observados, o uso do fertilizante estará sendo feito adequadamente, ou seja, beneficiando os solos com material orgânico e mineral, evitando qualquer risco de prejuízo ao agricultor, que não terá problemas de contaminação ambiental.

6. Preparo das pilhas

As pilhas devem ser preparadas diretamente no solo sendo constituídas por camadas de restos vegetais, intercaladas com camadas de esterco, numa proporção de 3:1, respectivamente. Primeiramente, demarca-se no solo uma largura de 3 a 4 metros, deixando espaço para um comprimento indeterminado (de acordo com a quantidade de material). Na localização, deve-se prever um espaço para revolvimento do composto (2 metros, aproximadamente) numa das extremidades da

pilha. Deve-se também construir valas de escoamento para águas de chuva ao redor das pilhas. Inicia-se a construção das pilhas distribuindo-se uniformemente os resíduos vegetais, de preferência bem fragmentados, numa camada de 15 a 25 centímetros de espessura. Em seguida, irriga-se bem o material e espalha-se o esterco sobre ele numa camada de 5 a 7 centímetros de espessura, também irrigando-o. Esse procedimento deve ser repetido sempre alternando e irrigando as camadas de restos vegetais e esterco, até atingir uma altura entre 1,5 a 1,8 metro.

Alturas inferiores a 1,5 metro não são recomendadas, por não apresentarem um volume suficiente para manter uma temperatura adequada. Do mesmo modo, alturas superiores a 1,8 metros não devem ser adotadas, pois acumulam muito peso, provocando compactação e, conseqüentemente, comprometendo a aeração. Preferencialmente a última camada deve ser de resíduos vegetais para melhor proteção contra águas de chuva, embora o ideal seja proteção com sapé ou outro capim, ou ainda lonas. A modalidade de compostagem em pilhas e a aeração por revolvimento manual são impraticáveis para grandes volumes de resíduos. Criações e produções de grande porte, com volumes expressivos de resíduos, exigem processamento mecanizado.

O material deve ser revolvido a cada 5 dias, nos primeiros quinze dias. Após os primeiros quinze dias será suficiente um revolvimento a cada dez dias. Considera-se suficiente um total de oito revolvimentos. Essa operação acelera a compostagem, além de impedir o mau cheiro e repelir as moscas.

7. Matéria Orgânica e Substâncias Húmicas de compostos

A matéria orgânica se divide em dois tipos de substâncias, as húmicas e as não húmicas (DEMÉTRIO, 1988). As substâncias não húmicas incluem aquelas com características físicas e químicas ainda reconhecíveis, tais como: carboidratos, proteínas, peptídeos, aminoácidos, óleos, ceras, as quais são prontamente atacadas pelos microorganismos. Já as substâncias húmicas, principal fração da matéria orgânica, correspondem à fração mais estável as quais apresentam algumas propriedades únicas como: capacidade de interagir com íons metálicos, manutenção do pH (efeito tampão), além de ser uma potencial fonte de nutrientes para as plantas.

Durante o processo de maturação, a matéria orgânica se complexa, e substâncias húmicas vão sendo sintetizadas. Desta forma, as substâncias húmicas são o estágio final da evolução dos compostos de carbono (STEVENSON, 1994). A maturação incompleta do material orgânico pode resultar em quantidades desproporcionais das frações de baixo peso molecular, a fração de ácidos fúlvicos. No início do processo de maturação, a fração de ácidos fúlvicos é elevada, por ser a primeira a ser sintetizada (TOMATI et al., 2002). Chefetz, et al. (1998) considera que, aproximadamente, 50 % da matéria orgânica torna-se completamente mineralizada devido à degradação de compostos facilmente degradáveis, como as proteínas, celulose e hemicelulose, que são utilizados pelos microorganismos como fonte de C e N. A matéria orgânica residual contém macromoléculas recentemente formadas e matéria orgânica não degradada, que juntamente formam as substâncias húmicas correspondendo a fração mais estável do composto maturado.

8. Ponto ou grau de maturação do composto

A utilização de plantas sensíveis em testes biológicos informa sobre o potencial fitotóxico do fertilizante. A fitotoxicidade é uma indicação de que o fertilizante não se encontra suficientemente curado ou que contém substâncias tóxicas. As plantas respondem alterando seu padrão de desenvolvimento.

Outro indicador do grau de maturação do fertilizante a ser considerado é a condutividade elétrica a qual não deve ultrapassar $4000 \mu\text{s.m}^{-1}$ (KIEHL, 1998). Durante o processo de maturação do fertilizante, a fração mineral total aumenta, enquanto a condutividade elétrica (presença de sais) diminui. Assim, da fase inicial até a metade do processo de maturação, a condutividade pode cair em 50%.

Além destes indicadores, a maturação do adubo está diretamente relacionada com a proporção de substâncias húmicas (frações: ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina). A quantificação das frações é um indicador do grau de maturação do composto e por isso da sua qualidade. As substâncias húmicas informam sobre os processos que regulam ou determinam os benefícios que o fertilizante promoverá no solo e nas plantas (DIAS, 2005).

Fertilizantes orgânicos mal curados (não amadurecidos suficientemente) interferem no crescimento das plantas, devido à grande atividade microbiana que o mesmo promoverá no solo, podendo induzir a inúmeras deficiências minerais, já que estes estarão sendo processado pelos microrganismos, fenômeno conhecido por imobilização.

Um outro indicador do grau de maturação importante é a respiração da biota (KIEHL, 1998), juntamente com a temperatura. Sendo que a respiração é uma variável das mais antigas utilizadas para se quantificar a atividade microbiana, sendo estes organismos os responsáveis pela degradação de compostos orgânicos (ESPÍRITO SANTO, 2004). A respiração da biota da amostra representa a oxidação de compostos orgânicos presentes na mesma, ou seja, a conversão de moléculas orgânicas para formas inorgânicas ou minerais, através da decomposição microbiana. No caso do carbono, a mineralização se traduz pela liberação de carbono da matéria orgânica morta na forma de CO_2 (STEUBING, 2002). Como pode ser visto na figura 2 a produção de CO_2 foi intensa nas primeiras duas semanas de compostagem, iniciando com valores ao redor de $250 \text{ mg CO}_2 10 \text{ g}^{-1}$ em 24h e atingindo o equilíbrio em valores próximos a $25 \text{ mg CO}_2 10 \text{ g}^{-1}$ em 24h. No início da compostagem, predominam produtos de fácil decomposição microbiológica e, por isso, a atividade (respiração aeróbia de microrganismos quimiorganotróficos) é mais intensa, com maior liberação de CO_2 e energia na forma de calor. Ao longo do tempo, observou-se uma redução da variável temperatura, indicando que a maior parte das substâncias biodegradáveis já tinha sido esgotada e a atividade microbiana não era mais suficiente para gerar energia e aquecer a pilha de composto. Após o consumo do carbono prontamente disponível (final da fase mesofílica), inicia-se a degradação de substâncias mais complexas, como celulose e hemicelulose, tarefa esta realizada principalmente por fungos (início

da fase termofílica), resultando em queda dos valores de CO₂ produzidos, matéria orgânica e relação C/N (JAHNEL, 1999).

O composto estará curado, ou seja, pronto para o uso cerca de 120 – 150 dias após o início das operações. O composto curado (humificado) apresenta coloração escura, cheiro de bolor e consistência amanteigada, quando molhado e esfregado nas mãos. O produto final deverá ter no máximo 25% de umidade ; pH superior a 6,0 e a relação carbono / nitrogênio (C/N) na faixa de 10/1 a 15/1.

9. Vantagens do processo

Algumas vantagens da compostagem (DO NASCIMENTO et al., 2005):

- "melhora da saúde do solo". A matéria orgânica composta se liga às partículas (areia, limo e argila), ajudando na retenção e drenagem do solo melhorando sua aeração;
- aumenta a capacidade de infiltração de água, reduzindo a erosão;
- dificulta ou impede a germinação de sementes de plantas invasoras;
- aumenta o numero de minhocas, insetos e microorganismos desejáveis, devido a presença de matéria orgânica, reduzindo a incidência de doenças de plantas;
- mantêm a temperatura e os níveis de acidez do solo;
- ativa a vida do solo, favorecendo a reprodução de microorganismos benéficos às culturas agrícolas;
- aproveitamento agrícola da matéria orgânica;
- processo ambientalmente seguro;
- eliminação de patógenos;
- economia de tratamento de efluentes.
- redução do odor
- rastreabilidade
- economia no transporte

10. Rendimento

O rendimento final da compostagem é da ordem de 1/3 a 1/2 do volume inicial, dependendo do material de origem e do teor de umidade.

Mês	Entrada	Composto	Rendimento	Umidade
	Resíduo	Total		
	Ton	Ton	%	%
Fevereiro	12.156	6.128	50,4	44,8
Março	10.437	5.099	48,9	45,6
Abril	4.537	2.013	44,4	44,3

Adaptado de Manejo e operação da central de compostagem na Votorantim Celulose e Papel SA.

11. Uso do composto

A maior eficiência do composto orgânico é obtida quando ele é utilizado imediatamente após o término do processo de compostagem. Entretanto, se isso não for possível, o composto deve ser armazenado em local protegido do sol e da chuva, e preferência mantendo-o coberto com lona de polietileno ou mesmo com sacos velhos. No Brasil, após um período de estagnação até a década de 1980, alguns agricultores vêm praticando uma agricultura diferenciada, orgânica, mais viável econômica e socialmente, produzindo alimentos mais saudáveis, chamados orgânicos ou ecológicos, de grande procura pelos consumidores.

O composto deve ser incorporado ao solo trinta dias antes da instalação da cultura, tanto em culturas anuais, como perenes. No caso de culturas perenes instaladas (como a do café e das frutíferas), este adubo orgânico deverá ser enterrado formando uma coroa ao redor das plantas.

As recomendações de quantidades variam com o tipo de composto orgânico aplicado, com o solo, a cultura e as condições ambientais. Em geral, as taxas de aplicação estão entre 10 a 100 t ha⁻¹, porém níveis mais elevados não são incomuns.

12. Meio Ambiente

A natureza cíclica dos processos ecológicos é um importante princípio da ecologia. Os laços de realimentação dos ecossistemas são as vias ao longo das quais os nutrientes são continuamente reciclados. Sendo sistemas abertos, todos os organismos de um ecossistema produzem resíduos, mas o que é resíduo para uma espécie é alimento para outra, de modo que o ecossistema como um todo permanece livre de resíduos (CAPRA, 2004).

13. Conclusões

- A compostagem pode ser considerada um processo satisfatório do ponto de vista tecnológico para tratamento dos resíduos.
- Através deste processo, se obtêm uma estabilização acelerada do material (Relação C/N mais baixa) e homogeneização.
- Viabilizando o aproveitamento de resíduos gerados
- Ponto de vista agrônomo, este processo tem uma grande importância, pois uma quantidade considerável de nutrientes estará retornando para o solo na forma mineral e orgânica, proporcionando melhorias químicas, físicas e biológicas.

14. Literatura Citada

- ALEXANDER, M. 1977. **Introduction to soil microbiology**. 2 ed. New York, John Wiley & Sons, 467 p.
- AQUINO, A. M. Integrando **Compostagem e Vermicompostagem na Reciclagem de Resíduos Orgânicos Domésticos**. EMBRAPA. Circular Técnica. n. 12. 2005.
- BERNAL, M. P.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M. A.; PAREDES, C.; ROIG, A. Carbon mineralization from organic wastes at different composting stages during their incubation with soil. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 69, p. 175-189, 1998a.
- CAPRA, F. A **Teia da Vida**. São Paulo: Pensamento, 2004.
- CHEFETZ, B., CHEN, Y. & HADAR, Y. Purification and characterization of laccase from *Chaetomium thermophilum* and its role in humification. **Applied and Environmental Microbiology**. 64: 3175-3179, 1998.
- DEMÉTRIO, R. **Efeitos da aplicação de matéria orgânica sobre a biomassa – C microbiana do solo e o crescimento e absorção de nitrogênio em milho (Zea mays L.)**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí, RJ. 1988.
- DIAS, B. O. Estoque de carbono e quantificação de substâncias húmicas de latossolo sob aplicação continuada de lodo de esgoto. **Caracterização da matéria orgânica de latossolo sob aplicação continuada de lodo de esgoto**. 2005. Cap. 2, p. 19-47. Dissertação (Mestrado em solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2005.
- DIAZ et al., 1982: “**Preparation of MSW for Composting**”. The J.G. Press, Emmaus, PA, USA, p. 95-106.
- DO NASCIMENTO, Adelina M. (et. al). Química e Meio Ambiente: Reciclagem de lixo e química verde: papel, vidro, pet, metal, orgânico. Secretaria de Educação: **Curso Formação Continuada Ciências Da Natureza, Matemática E Suas Tecnologias**, 2005.
- ESPÍRITO SANTO, A. A. **Influência da poluição atmosférica e variáveis ambientais na flutuação de bioindicadores de solo no entorno de uma metalúrgica de cobre na Bahia**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Biomonitoramento – Instituto de Biologia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA. 2004.
- HUGHES, 1980: “**The Composting of Municipal Wastes**”, In: Handbook of Organic Waste Conversion, Edit. Michael WM Bewick, Van Nostrand Reinhold, Env. Engrs. Series, p. 108-134.
- FIALHO, L. L. ; SILVA, W. T. L. ; SIMÕES, M. L. ; MILORI, D. M. B. P. ; MARTIN NETO, L. . Monitoramento do processo de compostagem por ressonância paramagnética eletrônica (RPE) e relação C/N. In: 29a. **Anais REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA-SBQ**, 2006, Águas de Lindóia-SP. 29a. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA-SBQ, 99p, 2006.
- JAHNEL, M. C. ; MELLONI, R. ; CARDOSO, E. J. B. N. Maturidade de composto de lixo. **Scientia Agricola**, Piracicaba-SP, v. 56, n. 2, p. 301-304, 1999.
- JIMÉNEZ, E. I. e GARCÍA, V. P. **Instituto de Productos Naturales y Agrobiología de Canarias CSIC**, Avda. Francisco Sanchez 3, 38206 La Laguna, Tenerife, Canary Islands, Spain .Accepted 4 July 1991. Available online 24 June 2003.

LELIS, M. P. N., 1998: “**Influência da Umidade na Velocidade de Degradação e no Controle de Impactos Ambientais da Compostagem**”. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1998. 180p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais.

LAMPKIN, N. **Organic Farming**. Farming Press, UK, 1992.

LELIS, M. P. N. e PEREIRA NETO, J. T., 1999: “A Influência da Umidade na Velocidade de Degradação e no Controle de Impactos Ambientais da “compostagem”. **Anais**. Artigo apresentado no XX Congresso ABES – 1999 Rio de Janeiro-RJ, 10 p.

LIMA, J. S., MENK, J. R. F., LICHTIG, J., OLIVEIRA, E. Influência do Composto Orgânico no Teor de Metais Pesados de Solos Agrícolas. **Bio Engenharia Sanitária e Ambiental**, ano IV, n. 3, p. 56-60. 1995.

MERCKEL, A. J. **Managing livestock wastyes**. Westport: Avi Publishing Company, 1981.

MARRIEL, I. E.; KONZEN, E. A.; ALVARENGA, R. C.; SANTOS, H. L. **Tratamento e utilização de resíduos orgânicos**. Informe agropecuário, n. 147, p. 24-36, mar. 1987.

PASSOS, J. A. L. **Avaliação da Transferência de Metais Pesados no Sistema Solo-Planta e o seu Desenvolvimento**: Estudo de Caso Composição Lodo da Cetrel/Composto Orgânico. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo – Mestrado Profissional da Escola Politécnica) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA. 2004.

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

PEREIRA NETO, J. T. Lixo Urbano no Brasil: Descaso, Poluição Irreversível e Mortalidade Infantil. **Ação Ambiental** - Universidade Federal de Viçosa, agosto/setembro, p. 8-11. 1998.

PEREIRA NETO, J. T., 1987: “**On the Tratment of Municipal Refuse and Sewage Sludge Using Aerated Static Pile Composting – A Low Cost Technology Aproach**”. University of Leeds, Inglaterra. p. 839-845.

PEREIRA NETO, J. T., 1996: **Manual de Compostagem**. Belo Horizonte – UNICEF – 56 p.

POINCELOT, 1975: “The Biochemistry and Methodology of Composting”. **Com. Agr. Exp. Sta. Bull.** vol. 754, 38 p.

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

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1985. 492p.

KIEHL, E. J. **Preparo do composto na fazenda**. Casa da Agricultura, Campinas: v.3, n.3, p.6-9, 1981.

QUEIROZ, J. E. G., LIMA, J. S., KORN, M. G. Efeito do Uso do Composto Seleccionado e Não-seleccionado, Provenientes de Lixo Urbano, no Teor de Metais Pesados e na Produção de Biomassa na Cultura do Milho. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 5, p. 59-67. 2000.

STEUBING, L. **Métodos de Ecología Vegetal**. Santiago de Chile: Editorial Universitaria, 2002.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2. ed. New York: J. Wiley & Sons, 496p.1994.

TOMATI, U., BELARDINELLI, M., ANDREU, M., GALLI, E. **Evaluation of Commercial Compost Quality**. Waste Management & Reserch, v. 20, p. 389-397, 2002
TRAUTMANN, N.; OLYNCIW, E. **Compost Microorganisms**. In: CORNELL Composting, Science & Engineering. Disponível em:
<<http://compost.css.cornell.edu/microorg.html>>. Acesso em: 11 mar. 2005.

ZUCCONI F & BERTOLDI M. **Composts specifications for the production and characterization of composts from municipal solid waste**. In Compost: production, quality and use, M de Bertoldi, M.P. Ferranti, P.L'Hermite, F.Zuconni eds. **Elsevier Applied Science**, London, 30-50 p, 1987.

WILLSON et al., 1976: **“Recent Advances in Compost Technology”**. In: Sludge Management, Disposal and Utilization, Information Transfer. Inc. Rockville, MD. p. 167.