

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO DE RECURSOS
NATURAIS

ELIANE SPRICIGO MARAGNO

O USO DA SERRAGEM EM SISTEMA DE
MINICOMPOSTAGEM

CRICIÚMA, OUTUBRO 2005

ELIANE SPRICIGO MARAGNO

**O USO DA SERRAGEM EM SISTEMA DE
MINICOMPOSTAGEM**

Monografia apresentada à Diretoria de Pós-graduação da Universidade do Extremo Sul Catarinense- UNESC, para a obtenção do título de especialista em Gestão de Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr Ednilson Viana

CRICIÚMA, OUTUBRO 2005

**Dedico este trabalho ao meu esposo Ocimar
e as minhas filhas Marina e Natália pelo
carinho e apoio demonstrados durante a
realização deste projeto.**

AGRADECIMENTOS

A DEUS pela Vida.

Ao meu orientador Ednilson Viana pela viabilização do presente trabalho, excelente orientação e incentivo.

Especialmente a Daiane Fabris Trombin, bolsista do Núcleo de Pesquisa em Resíduos Sólidos - NRESOL/UNESC, pelo carinho e incansável dedicação durante toda a fase experimental deste projeto.

A todos os bolsistas do NRESOL, que trabalharam no desenvolvimento do sistema de minicompostagem, em especial a Cláudio Ballmann pelo auxílio na coleta dos resíduos e ao amigo Marcel Madeira de Costa pelo apoio e dedicação demonstrados.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Uma grande parcela do lixo doméstico é constituída por resíduos orgânicos, os quais possuem uma acentuada umidade. Estes resíduos são fonte de extrema degradação ambiental, originando sérios problemas nos atuais métodos de disposição de resíduos sólidos. Para reduzir os inconvenientes causados pelos resíduos orgânicos, tem-se utilizado a compostagem, pois além de diminuir o volume original de resíduos sólidos, ela gera um produto rico em húmus, utilizado como adubo orgânico. O projeto em estudo que teve como objetivo investigar o uso de serragem, como palhoso, em sistemas de minicompostagem foi desenvolvido no Núcleo de Pesquisa em Resíduos Sólidos – NRESOL/UNESC. Para tanto, utilizou-se quatro minicomposteiras cilíndricas, tendo cada uma delas 400mm de diâmetro e 750 mm de comprimento, sendo as extremidades fechadas com tela fina. Dentro de cada uma das minicomposteiras foram misturados 35,5kg de resíduos orgânicos previamente triturados e 6kg de serragem. O acompanhamento da compostagem foi realizado em duas fases. Durante a primeira fase, referente a degradação ativa, foram acompanhados diariamente, a temperatura, o grau de umidade e o pH, onde avaliou-se também a necessidade de revolvimento. Foram ainda, realizadas três análises C/N, sendo uma no início do processo, outra após quinze dias e a última no final desta fase. Passados trinta e três dias do início do experimento, as temperaturas do composto igualaram-se a temperatura ambiente, caracterizando então o início da segunda fase, ou seja, a fase de maturação do composto. No final desta etapa, que teve duração de quarenta dias, foi feita uma análise C/N. Os resultados obtidos durante o processo de minicompostagem mostraram que o sistema atua de forma independente da temperatura ambiente e que a frequência de revolvimento foi diária na fase de degradação ativa. A fase termofílica teve duração de 6 dias e atingiu 65° C e a umidade, com comportamento bastante oscilatório, estabilizou próxima a 60%. O pH mostrou-se favorável, situando-se entre 8,0 e 8,5. A relação C/N inicial foi de 30/1 e atingiu a média de 12/1 após 73 dias do experimento, indicando um composto maturado, o qual apresentou-se com um excelente aspecto, tendo cor e odor característicos de terra de mata.

Palavras-chave – compostagem; resíduo orgânico; serragem; minicomposteira; composto.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Variação do pH em função do tempo de compostagem.....	25
Figura 2 - Tubo de PVC utilizado como minicomposteira no NRESOL.....	31
Figura 3 - Aspecto das quatro minicomposteiras utilizando tela de.....	31
Figura 4 - Sistema de minicompostagem com as peneiras de farinha para evitar a	32
Figura 5 - Aspecto da serragem utilizada nas minicomposteiras II, III e IV.....	33
Figura 6 - Resíduo orgânico utilizado no processo de minicompostagem.....	34
Figura 7 - Resíduo orgânico triturado para uso no sistema de minicompostagem.....	35
Figura 8 - Mistura final de resíduo orgânico triturado e serragem.....	36
Figura 9 - Temperatura desenvolvida durante o processo de compostagem	43
Figura 10 - Temperatura desenvolvida durante o processo de compostagem da minicomposteira II.....	44
Figura 11 - Temperatura desenvolvida durante o processo de compostagem da minicomposteira III.....	45
Figura 12- Temperatura desenvolvida durante o processo de compostagem da minicomposteira IV	46
Figura 13 - Temperatura desenvolvida, no período vespertino, durante o processo de compostagem, nas quatro minicomposteira.....	47
Figura 14 - pH desenvolvido durante o processo de compostagem na minicomposteira I.....	49
Figura 15 - pH desenvolvido durante o processo de compostagem na minicomposteira II.....	49
Figura 16 - pH desenvolvido durante o processo de compostagem na	50
Figura 17 - pH desenvolvido durante o processo de compostagem na	51
Figura 18 - Comportamento do pH nas quatro minicomposteiras durante o experimento	52

Figura 19 - Comportamento da umidade na minicomposteira I.....	53
Figura 20 - Comportamento da umidade na minicomposteira II.....	54
Figura 21 - Comportamento da umidade na minicomposteira III.....	55
Figura 22 - Comportamento da umidade na minicomposteira IV	56
Figura 23 - Gráfico do comportamento da umidade nas quatro composteiras.	56
Figura 24 - Aparência de “manteiga preta” nas mãos após esfregar uma.....	64
Figura 25 - Bolota formada com o composto maturado resultante da minicompostagem.....	65
Figura 26 - Visualização do composto maturado produzido nas	66
Figura 27 - Visualização do composto maturado pertencente a minicomposteira I.....	66

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Resultado das análises da relação C/N feitas no início do experimento para resíduo orgânico, serragem e resíduo orgânico misturado à serragem. 58
- Tabela 2 - Resultado das análises da relação C/N nas quatro minicomposteiras utilizando-se uma amostra do composto peneirado e outra de composto não peneirado. 59
- Tabela 3 - Resultado da terceira análise da relação C/N para as quatro minicomposteiras, utilizando-se amostras peneiradas dos compostos..... 60
- Tabela 4 - Resultado da terceira análise da relação C/N para as quatro minicomposteiras, utilizando-se amostras peneiradas dos compostos..... 61
- Tabela 5 - Comparativo da evolução da relação C/N, durante todo o experimento, nas quatro minicomposteiras..... 63

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 PROBLEMA DE PESQUISA	14
3 OBJETIVOS	15
3.1 Gerais	15
3.2 Específicos	15
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
4.1 A importância da compostagem	16
4.2 Os principais fatores que afetam a compostagem	19
4.2.1 Aeração e revolvimento	19
4.2.2 Temperatura	21
4.2.3 Umidade	23
4.2.4 pH	24
4.2.5 Relação C/N	25
4.3 Os microrganismos envolvidos no processo	27
4.4 A minicompostagem	28
5 MATERIAIS E METODOS.....	30
5.1 As minicomposteiras	30
5.2 Serragem utilizada no experimento	32
5.3 Coleta dos resíduos orgânicos	33
5.4 Determinação da quantidade - resíduo orgânico/serragem	34
5.5 Preparo dos resíduos para a minicompostagem	35
5.6 Compostagem dos resíduos orgânicos	36

5.6.1	Fase 1 – Degradação ativa.....	36
5.6.2	Fase 2 - Maturação ou Cura.....	39
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
6.1	Temperatura.....	42
6.1.1	Minicomposteira I.....	42
6.1.2	Minicomposteira II.....	44
6.1.3	Minicomposteira III.....	45
6.1.4	Minicomposteira IV	46
6.1.5	Considerações gerais sobre as temperaturas desenvolvidas nas minicomposteiras I, II, III e IV.	47
6.2	pH.....	48
6.2.1	Minicomposteira I.....	48
6.2.2	Composteira II	49
6.2.3	Minicomposteira III.....	50
6.2.4	Minicomposteira IV	50
6.2.5	Considerações gerais sobre o pH desenvolvido nas minicomposteiras I, II, III e IV.	51
6.3	Umidade.....	52
6.3.1	Minicomposteira I.....	53
6.3.2	Minicomposteira II.....	53
6.3.3	Minicomposteira III.....	54
6.3.4	Minicomposteira IV	55
6.3.5	Considerações gerais sobre a umidade desenvolvida nas minicomposteiras I, II, III e IV.	56
6.4	Relação Carbono/Nitrogênio	57
6.4.1	Primeira análise	57

6.4.2 Segunda análise.....	58
6.4.3 Terceira análise	60
6.4.4 Quarta análise	61
6.4.5 Considerações gerais sobre a relação C/N nas quatro minicomposteiras.....	62
6.5 Características do composto produzido	65
6.6 Observações visuais no processo de minicompostagem	67
7 CONCLUSÃO.....	68
REFERÊNCIAS.....	70
APÊNDICE.....	73

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem-se verificado um acentuado aumento da produção de resíduos sólidos, devido a um estilo de vida exageradamente consumista, fruto do avanço tecnológico e industrial, e que se afasta consideravelmente do modelo de desenvolvimento sustentável. Como consequência desse fenômeno, o tratamento e destino final dos resíduos tornaram-se de grande importância nas políticas sociais e ambientais em todos os centros urbanos.

Uma grande parcela das cidades brasileiras não possuem métodos de disposição adequados para os seus resíduos sólidos, depositando-os em lixões ou aterros controlados, os quais são fontes de expressiva degradação ambiental. O aspecto antiestético causado pelos resíduos expostos de tal forma, faz com que as áreas de despejo provoquem nojo e repulsa em grande parte da população (SISINNO,2002).

Os resíduos orgânicos, por sua vez, são responsáveis por aproximadamente 50% da quantidade total do lixo doméstico (PHILIPPI JÚNIOR,1999), originando sérios problemas nos métodos de disposição. No caso dos lixões, geram mau cheiro, atraem insetos (moscas, mosquitos, baratas), ratos e outros animais que infectados irão transmitir doenças ao homem e ainda exalam gases tóxicos, principalmente metano (CH_4) e gás carbônico (CO_2). Estes depósitos de resíduos orgânicos propiciam também, condições impróprias de higiene para os catadores que ali trabalham e obtém o seu sustento.

A umidade acentuada dos resíduos orgânicos, além de elevar o seu peso, aumentando os custos do transporte, também contamina os recicláveis secos ali

presentes e ainda dificulta o processo de reciclagem. A umidade também contribui para a formação do chorume, um líquido escuro originado pela fermentação da matéria orgânica. O chorume, por outro lado, é bastante poluente e carrega consigo uma grande quantidade de microorganismos patogênicos e uma alta concentração de matéria orgânica. Ele pode infiltrar-se nas camadas do solo e contaminar o lençol freático ou ainda, ser carregado para os rios e lagos existentes nas proximidades.

Mesmo nos métodos de disposição considerados adequados, como por exemplo, o aterro sanitário, ocorre uma grande produção de chorume. O tratamento deste não é uma prática simples devido as suas características de pH reduzido, alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e acentuado volume produzido (PIAZZA, 2004).

Devido ao alto percentual de matéria orgânica nos resíduos sólidos domiciliares, a vida útil dos aterros sanitários é sensivelmente reduzida. Por outro lado, para minimizar estes inconvenientes, diminuindo custos de transporte e recuperando recursos energéticos, é que se tem utilizado como método principal, a compostagem.

Apesar da compostagem ser uma prática bastante antiga no meio rural, o maior desafio é realizá-la em ambientes menores, através de minicomposteiras. Uma grande parcela da população urbana desconhece a prática, principalmente pela falta de um sistema apropriado, de fácil manejo e que possa ser utilizado em pequenos espaços.

O resíduo orgânico possui alto teor de umidade e uma das alternativas para resolver este problema é misturar palhoso (restos de vegetais secos). Porém, nas cidades de médio e grande porte, a maioria das residências não produz este material em quantidade suficiente. Uma forma de resolver este problema parece ser

com o uso da serragem, a qual poderia absorver umidade da massa de resíduos orgânicos e ainda evitar a compactação destes durante o processo. Além disso, a serragem é encontrada em abundância nas madeireiras, muitas vezes sem custo ou com baixo custo, o que facilita o uso deste tipo de resíduo. O uso de serragem em minicomposteiras também representa uma nova opção de destino adequado para tais resíduos.

Assim, considerando que a serragem pode ser uma boa solução para regular a umidade e favorecer a minicompostagem e, considerando ainda a importância da compostagem para o drama dos resíduos sólidos, é que se propôs este projeto de pesquisa.

2 PROBLEMA DE PESQUISA

A compostagem é um método usado há bastante tempo, porém testar a serragem como material palhoso remete a uma importante indagação: quais serão os efeitos da serragem em sistemas de minicompostagem para o equilíbrio da umidade do processo, a variação de temperatura, o comportamento do pH, a variação da relação C/N, a necessidade de revolvimentos, a duração do processo para produzir o composto maturado e qual o percentual de redução da massa decomposta?

3 OBJETIVOS

3.1 Gerais

Avaliar os efeitos da serragem, como material palhoso no sistema de minicompostagem, utilizando tubos de policloreto de vinila como minicomposteiras.

3.2 Específicos

- a) Determinar a quantidade correta de resíduo orgânico e palhoso para obter a umidade ideal;
- b) Acompanhar as condições de umidade, pH e temperatura do sistema;
- c) Analisar a frequência de revolvimentos necessária para o processo;
- d) Verificar se a relação C/N final é a ideal para um composto maturado.
- e) Determinar o tempo necessário para a completa degradação e maturação do composto;
- f) Determinar a quantidade de composto produzido.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 A importância da compostagem

A matéria orgânica do lixo domiciliar é formada por um conjunto amplo de resíduos como galhos, folhas, cascas de árvores e restos de alimentos provenientes da cozinha nos domicílios (VIANA, 1999).

Em decorrência do aumento da população e do consumo, a quantidade de resíduos gerados vem aumentando de forma alarmante. A disposição desses resíduos também é um grande problema econômico, pois seu armazenamento requer a utilização de espaços físicos especiais e seu tratamento é, na grande maioria das vezes, dispendioso (LANDGRAF,2005).

O impacto causado por estes resíduos representam um sério problema à saúde pública e ao meio ambiente. O forte odor atrai animais e insetos que compartilham espaço com os catadores que ali trabalham. Outros agravantes para a saúde destas pessoas são os gases exalados e o chorume gerado pela decomposição da matéria orgânica. Este último, também contamina os corpos de água existentes nas proximidades, pois carrega consigo microrganismos patogênicos.

Conforme Piazza (2004), a compostagem contribui significativamente para a redução do volume original do lixo, evita a degradação ambiental e permite a obtenção de fertilizantes. O composto ou fertilizante proveniente de resíduos orgânicos tem um efeito de amplo espectro, agindo beneficemente nos mecanismos

físicos, químicos e biológicos do solo, indo muito além da ação puramente química dos fertilizantes industrializados.

A intensificação da prática de compostagem apresenta reflexos diretos no meio ambiente, reduzindo impactos ambientais causados em decorrência da produção de chorume proveniente da matéria orgânica. Como a produção de resíduos orgânicos no lixo é de aproximadamente 50% (PHILIPPI JÚNIOR, 1999), a sua reciclagem por meio da compostagem exerce forte influência na economia de recursos naturais e ainda de recursos financeiros.

Pereira Neto (1996) define compostagem como um processo biológico aeróbico e controlado de tratamento e estabilização de resíduos orgânicos para a produção de húmus.

Conforme Kiehl (2002), a técnica de compostagem foi desenvolvida com a finalidade de se obter mais rapidamente e em melhores condições a estabilização da matéria orgânica. Na natureza essa estabilização ou humificação dos restos orgânicos que vão ter ao solo se dá em prazo indeterminado, ocorrendo de acordo com as condições em que ela se encontra. No processo de compostagem os restos são amontoados, irrigados, preferencialmente revolvidos e se decompõem em menor tempo, produzindo um melhor adubo orgânico.

A utilização somente do resíduo orgânico ou somente de resíduo palhoso dificilmente será capaz de fornecer um balanceamento de nutrientes propício para o desenvolvimento do processo de compostagem, sendo portanto, recomendada à utilização de ambos, misturados em uma proporção ideal. Os resíduos utilizados a fim de alcançar as características desejadas para o desenvolvimento do processo de compostagem, normalmente são denominados como materiais de enchimento ou fontes de carbono. Estes resíduos são adicionados com o intuito de ajustar a

umidade, a relação carbono/nitrogênio ou a textura da massa em compostagem (RYNK,1992).

Bhamidimarri & Pandey (1996), apud Nunes (2003) classificam a serragem, um outro tipo de palhoso, como um resíduo ideal para ser utilizado como “agente de enchimento” na compostagem de dejetos de suínos, devido a sua característica de absorver umidade e fornecer porosidade adequada para a pilha de compostagem. Como pode ser observada em vários estudos, a capacidade de absorção de água é uma característica bastante importante na escolha de substratos no processo de compostagem.

Um fator a ser considerado no processo de compostagem é o tamanho médio das partículas de matéria orgânica. Segundo Pereira Neto (1996), os resíduos devem ser submetidos a uma correção do tamanho das partículas, o que favorece a homogeneização da massa, a melhoria da porosidade, menor compactação e maior capacidade de aeração. Na prática, o tamanho das partículas da massa de compactação deve situar-se entre 10 e 50 mm.

Kiehl (1985), menciona que a decomposição da matéria orgânica é um fenômeno microbiológico cuja intensidade está ligada à área de exposição ou superfície específica apresentada pelo material. Isto quer dizer que, teoricamente, quanto menor a partícula da matéria orgânica, maior a superfície de exposição e mais rápida será sua decomposição. Além disso, a redução mecânica das dimensões das partículas poupa o desempenho dos microrganismos, os quais ao decomporem a matéria orgânica, realizam duas alterações: a primeira é a demolição física, reduzindo-a a dimensões minúsculas ditas coloidais; a segunda alteração é a decomposição química, alterando a composição da matéria orgânica.

Bidone (2001) explica que a rapidez da decomposição ocorre de acordo com a estrutura molecular de cada material. Materiais ricos em carbono, como serragens, palhas e folhagens, degradam mais lentamente que os resíduos úmidos domésticos. Ao contrário, a degradação é mais acelerada quando os resíduos forem ricos em proteínas, com maiores concentrações de nitrogênio.

4.2 Os principais fatores que afetam a compostagem

A compostagem prevê duas etapas distintas: a primeira de biodegradação do resíduo orgânico e a segunda de maturação, cura ou humificação do composto. Vários são os fatores que influem neste método e muitos deles podem ser monitorados usando-se técnicas adequadas.

Segundo Pereira Neto (1996), a umidade, temperatura e oxigenação, fatores essenciais na primeira fase, podem ser controladas revolvendo-se periodicamente a leira em compostagem.

Outros fatores importantes para se obter um composto adequado são o pH e a relação C/N, descritas a seguir, conjuntamente à aeração/revolvimento, temperatura e umidade.

4.2.1 Aeração e revolvimento

A decomposição da matéria orgânica pode ser realizada em ambiente aeróbio ou anaeróbio. A compostagem deve ser feita em ambiente aeróbio, pois com abundância de ar a decomposição, além de ser mais rápida e melhor conduzida, não

produz mau cheiro nem proliferação de moscas, o que constitui um fator estético para o local e recomendável para a saúde pública (KIEHL, 1985).

Ainda segundo o mesmo autor, os microrganismos aeróbios necessitam de oxigênio para efetuar seu metabolismo. Se o teor de oxigênio baixar demasiadamente, os microrganismos aeróbios morrerão e serão substituídos pelos anaeróbios, os quais decompõem a matéria orgânica com mais lentidão produzindo maus odores e atraindo moscas.

Segundo Pereira Neto (1996), uma média de dois reviramentos semanais seriam suficientes para controlar a temperatura que, nesta fase, deve permanecer entre 45-65°C (temperaturas termofílicas). Durante o reviramento, o calor é liberado para o meio ambiente na forma de vapor de água, fazendo-se então a correção da umidade por meio da distribuição uniforme de água na massa em compostagem. O mesmo autor cita que baixos teores de umidade, menores que 40%, restringem a atividade microbiológica de degradação e que teores na faixa de 55% são considerados satisfatórios para o processo.

O revolvimento do composto, ao mesmo tempo em que introduz ar novo, rico em oxigênio, libera o ar contido na leira, saturado de gás carbônico gerado pela respiração dos microrganismos. Essa renovação é importante, pois o teor de gás carbônico existente no interior da leira pode chegar a concentrações cem vezes maiores que seu conteúdo normal no ar atmosférico. Faltando oxigênio na leira, haverá formação e acúmulo de dióxido de carbono e metano, componentes característicos da fermentação anaeróbica (KIEHL, 2002).

4.2.2 Temperatura

A temperatura constitui-se em um dos fatores mais indicativos da eficiência do processo.

Segundo Kiehl (1985) o metabolismo dos microorganismos é exotérmico. Na fermentação aeróbia, principalmente, desenvolve-se um natural e rápido aquecimento da massa com a multiplicação da população microbiana. Certos grupos de organismos têm uma faixa de temperatura ótima de desenvolvimento e uma variação acentuada desta temperatura, provoca uma redução da população e da atividade metabólica. As altas temperaturas são importantes pelo fato de eliminarem as sementes de ervas daninhas e de organismos patogênicos, os quais poucos resistem a temperaturas próximas de 50 a 60°C por certo período de tempo. O mesmo considera a temperatura mesófila ótima entre 25-40°C, podendo chegar ao máximo de 43°C. A termofílica situa-se como ótima na faixa de 50-55°C, tendo como máxima 85°C. Uma terceira faixa chamada criófila (crio=frio), inicia-se quando a temperatura da composteira atinge a temperatura ambiente, coincidindo com a fase de maturação do composto.

Conforme Pereira Neto (1996), logo que os resíduos são empilhados, a flora mesofílica inicia o processo degradativo dos compostos imediatamente degradáveis e a energia liberada na forma de calor fica retida na massa de compostagem por causa das características térmicas do material. Como resultado ocorrerá o aumento da temperatura. Subseqüentemente, com as condições favoráveis, a colônia mesofílica multiplica-se, aumentando a atividade de degradação e a temperatura atinge rapidamente a faixa termofílica. Assim que a

temperatura atingir valores acima de 40°C, a atividade microbiológica mesofílica começa a se suprimida pela termofílica.

O mesmo autor afirma ainda que o valor médio ideal da temperatura nos processos de compostagem é de 55°C. Temperaturas acima de 65°C devem ser evitadas por causarem a eliminação dos microrganismos mineralizadores, responsáveis pela degradação dos resíduos orgânicos. A manutenção de temperaturas termofílicas (45-65°C) controladas, na fase de degradação, é um dos requisitos básicos, obtendo desta forma, o aumento da velocidade de degradação e a eliminação dos microrganismos patogênicos. As leiras devem registrar temperaturas termofílicas em um período de 12 a 24 horas após a montagem. Temperaturas mesofílicas (30-45°C) indicam o início da fase de maturação.

Tiquia et al (1998) relatam que no final do processo de compostagem não ocorre mais decomposição, estando as propriedades químicas do composto estabilizadas. Conseqüentemente, não ocorre mais produção de calor e a temperatura atinge níveis ambientais.

Outra questão bastante importante relacionada com os padrões de temperatura desenvolvidos nos processos de compostagem é a inativação de microrganismos patogênicos, porventura presentes nos materiais destinados ao processo. De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América, o tempo e a temperatura mínima para a compostagem em pilhas estáticas aeradas e em reatores é de 55°C por 3 dias consecutivos. Para pilhas de compostagem revolvidas, um mínimo de 55°C deve ser mantido por 15 dias consecutivos, sendo o material revolvido pelo menos 5 vezes neste período (TURNER,2002).

4.2.3 Umidade

Como a compostagem é um processo biológico de decomposição da matéria orgânica, a presença de água é imprescindível para as necessidades fisiológicas dos organismos, os quais não sobrevivem na sua ausência. Se a umidade do substrato a ser compostado estiver abaixo de 40%, a decomposição será aeróbia, porém lenta, predominando a ação dos fungos, pois as bactérias estarão pouco ativas. Se a umidade estiver acima de 60%, o material se mostrará molhado ou encharcado e, nesse caso, a água toma o espaço vazio do ar e a decomposição será em parte anaeróbia, podendo produzir maus odores. Portanto, segundo Kiehl (2002), a umidade deveria estar entre 40 e 60%, sendo 55% considerada ótima.

O teor de umidade da matéria-prima em processo de compostagem é influenciado pelo tamanho e composição das partículas e pela sua capacidade de resistir à compactação, características que também vão governar a porosidade total da pilha. No composto encontram-se dois tipos de porosidade: a microporosidade, que retém água por capilaridade e a macroporosidade, cujos vazios são ocupados pelo ar ou pela água quando há encharcamento, mas que perdem-na por efeito da força da gravidade tão logo cesse o efeito da saturação. Saindo a água da macroporosidade, o ar passa a ocupar esse espaço. Materiais grosseiros tem maior porcentagem de macroporosidade, enquanto que nos de fina granulometria predominam os microporos (KIEHL,1985).

Tanto o excesso, quanto à falta de umidade de um material em compostagem, podem ser corrigidos por meio de revolvimentos. No segundo caso,

repõe-se a água e/ou chorume de maneira uniforme, aplicando-a na forma de chuveiro fino.

Marriel et al (1987) cita a incorporação de materiais absorventes como serragens, palhas e folhas na matéria em degradação para adequar os níveis de umidade. O chorume produzido durante a compostagem pode ser adicionado ao composto para equilibrar a umidade, caso esteja abaixo do adequado. Este líquido fornece inclusive microrganismos que vão beneficiar o processo de compostagem.

4.2.4 pH

O pH é tido como um parâmetro que afeta os sistemas de compostagem. A reação da matéria orgânica vegetal ou animal, é geralmente ácida. Iniciando-se a decomposição, ocorre uma fase fitotóxica pela formação de ácidos orgânicos que tornam o meio mais ácido do que o da própria matéria prima original. Entretanto, esses ácidos orgânicos e os traços de ácidos minerais que se formam, reagem com bases liberadas da matéria orgânica, gerando compostos de reação alcalina.

Com a compostagem há formação de ácidos húmicos que também reagem com os elementos químicos básicos, formando humatos alcalinos. Como conseqüência, o pH do composto se eleva à medida que o processo se desenvolve, passando pelo pH 7 (neutro) e alcançando pH superior a 8 (básico), enquanto contiver nitrogênio amoniacal. Quando este nitrogênio passar para a forma de nitrato, o pH do composto sofre ligeira redução como mostra a Figura 01 (KIEHL, 2002).

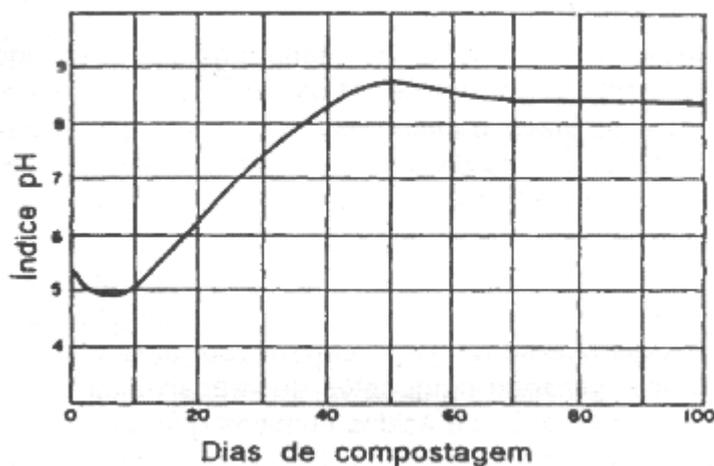


Figura 1: Variação do pH em função do tempo de compostagem

Fonte : Kiehl (1985)

Segundo Pereira Neto (1996), a faixa ótima para compostagem deve situar-se entre 6,5 a 8,0. Para o mesmo autor, experiências realizadas pelo laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental – LESA, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), indicam que a compostagem pode ser desenvolvida com uma faixa mais ampla de pH, entre 4,5 a 9,5.

4.2.5 Relação C/N

O crescimento e diversidade da população microbiológica na massa de compostagem relacionam-se diretamente com a concentração de nutrientes. Estes fornecem material para a síntese protoplasmática e energia necessária para o crescimento celular, entre outras funções.

O equilíbrio da relação C/N é um fator de importância fundamental na compostagem, já que, o principal objetivo do processo é criar condições para fixar nutrientes, para que possam ser posteriormente utilizados como adubo.

Segundo Pereira Neto (1996), os microorganismos necessitam da presença de macro e micro nutrientes para o exercício de suas atividades metabólicas. Dentre os nutrientes utilizados pelos microorganismos, dois são de extrema importância, quais sejam: o carbono e o nitrogênio, cuja concentração e disponibilidade biológica de ambos afetam o desenvolvimento do processo. Por isso, esses dois elementos se constituem fatores limitantes nos processos de compostagem.

O carbono é fonte básica de energia para as atividades vitais dos microorganismos e, na falta do nitrogênio não ocorre a reprodução celular dos mesmos. Pereira Neto (1996) registra ainda que a relação carbono/nitrogênio satisfatória para a obtenção de uma alta eficiência nos processos de tratamento biológico dos resíduos sólidos orgânicos deve situar-se próximo de 30:1.

Em geral, os resíduos palhosos, como os vegetais secos, são fontes de carbono. Os legumes frescos e os resíduos fecais se caracterizam por serem fontes de nitrogênio. O excesso de carbono leva a um aumento do período de compostagem, neste caso, o nitrogênio necessário é obtido das células mortas dos microorganismos.

Kiehl (2002) explica que a relação C/N inicial teoricamente mais favorável para a compostagem é de 30/1. Na prática, para uma compostagem mais rápida e eficiente, esta relação pode estar entre 26/1 e 35/1. o autor ressalta ainda que a relação C/N é um parâmetro confiável para o acompanhamento da compostagem até se chegar ao produto acabado, humificado, no qual a relação deve estar em

torno de 10/1. Mesmo sendo confiável, deve-se confirmar com a análise de outros parâmetros.

Durante a compostagem, o conteúdo de matéria orgânica sofre uma diminuição, o que leva a uma redução do carbono orgânico. O nitrogênio total, ou seja, o nitrogênio orgânico, nítrico e amoniacal aumenta em virtude da mineralização. Conseqüentemente, ocorre diminuição da relação C/N (KIEHL, 1985).

4.3 Os microrganismos envolvidos no processo

O processo de compostagem é uma complexa interação entre resíduos orgânicos, microrganismos, umidade e oxigênio. Desta forma, quando o conteúdo de umidade e a concentração de oxigênio estiverem ambos em níveis adequados, a atividade microbiológica aumenta. Além do oxigênio e da umidade, os microrganismos responsáveis pelo processo necessitam para seu crescimento e reprodução de uma fonte de carbono, nitrogênio, fósforo e alguns elementos traços. (BIDDLESTONE et al, 1994)

Kiehl (2002) cita que os microrganismos bactérias, fungos e actinomicetos são os principais responsáveis pela transformação da matéria orgânica crua em húmus. Participam também da degradação da matéria orgânica, outros organismos como algas, protozoários, nematóides, vermes, insetos e suas larvas, além de agentes bioquímicos tais como enzimas, hormônios e vírus. A natureza da comunidade microbiana, o número, as espécies e a intensidade da atividade da decomposição dependem das condições favoráveis reinantes.

Pereira Neto (1996) relata que durante a fase de maturação, há a continuidade da degradação, a redução dos microrganismos patogênicos

remanescentes e primordialmente a humificação dos intermediários mais estáveis. Os fungos e, principalmente os actinomicetos tornam-se o grupo dominante, dando continuidade à degradação de substâncias mais resistentes, como a celulose e a lignina. Nessa fase, ocorrerão complexas reações enzimáticas, levando à produção de húmus por meio, principalmente, da condensação entre ligninas e proteínas.

O uso do material não maturado poderá ocasionar vários efeitos nocivos ao plantio. Entre os principais são: a liberação da amônia no solo, danificando as raízes; a alta relação C/N, ocasionará a redução bioquímica do nitrogênio no solo e pode ocorrer ainda a produção de toxinas inibidoras do metabolismo das plantas e da germinação de sementes.

4.4 A minicompostagem

A minicompostagem, utilizada para pequenas quantidades de resíduos, é uma alternativa importante para residências, condomínios e escolas que geralmente tem como destino final de seus restos orgânicos os métodos de disposição, ou seja, a natureza. Além disso, com a compostagem em pequena escala é possível ainda uma economia significativa de energia e custos de transporte dos resíduos sólidos municipais, sem contar a redução substancial da emissão de poluentes. Porém, a técnica no meio urbano não é muito conhecida e portanto é pouco utilizada.

Piazza (2004) pesquisou vários tipos de sistemas de compostagem aeróbia existentes para pequena escala. Observou que os sistemas são eficientes, mas que a necessidade de revolvimento constante e de manutenção dos parâmetros físicos e químicos do processo, dificulta a expansão desse método para pequenos geradores.

Portanto, o uso de serragem no sistema de minicompostagem estudado é importante para que se consiga um maior aprimoramento do sistema utilizando um resíduo de baixo custo e facilmente obtido nos centros urbanos, de modo a contribuir para uma maior disseminação do processo e para a sustentabilidade da vida no planeta.

5 MATERIAIS E METODOS

Foi desenvolvido no Núcleo de Pesquisa em Resíduos Sólidos (NRESOL), da Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, um sistema de minicompostagem em tubos de Policloreto de Vinila (PVC), onde foi estudado neste projeto de pesquisa, o uso da serragem como material palhoso. As descrições do sistema e da serragem utilizadas encontram-se detalhados abaixo.

5.1 As minicomposteiras

Os equipamentos utilizados como minicomposteiras foram quatro cilindros de Policloreto de Vinila (PVC) com 400mm de diâmetro e 750mm de comprimento, abertos nas extremidades (Figura 2). Com o intuito de aumentar a temperatura dentro da minicomposteira, os cilindros foram envolvidos exteriormente com manta de isolamento térmico, encontrada em lojas de materiais de construção. As minicomposteiras foram denominadas de I, II, III e IV.



Figura 2 -Tubo de PVC utilizado como minicomposteira no NRESOL

Inicialmente, para evitar a perda de resíduos, foram utilizadas nas extremidades das minicomposteiras, telas de sombrite de plástico. Esta tela, além de não ter praticidade ao ser retirada para revolver o composto, deixava as minicomposteiras sem estética (Figura 3).



Figura 3 - Aspecto das quatro minicomposteiras utilizando tela de sombrite nas extremidades

Para evitar alguma perda de resíduos e a presença de vetores, no 3º dia do início do experimento as telas da minicomposteira IV e uma das extremidades da minicomposteira I foram substituídas por peneiras de farinha que encaixaram perfeitamente nos cilindros. A partir do 9º dia, todas as extremidades das outras minicomposteiras foram substituídas pela peneira de farinha (Figura 4).



Figura 4- Sistema de minicompostagem com as peneiras de farinha para evitar a presença de insetos e a perda de resíduos durante o processo.

5.2 Serragem utilizada no experimento

Foram adquiridos em torno de 25 kg de serragem em uma madeireira nas proximidades da universidade. Segundo o proprietário esta serragem é proveniente de madeira não tratada, requisito necessário para evitar a presença de contaminantes, tais como antifungos.

Utilizou-se o método de Umidade a 65°C, descrito pelo LANARV (1988), para comprovar o teor de umidade da serragem que deveria estar entre 12-18%.

Esta umidade é a ideal para a fabricação de móveis e portanto, é a umidade da serragem gerada em fábrica de móveis, onde é possível encontrá-la em abundância.

A serragem utilizada nas minicomposteiras II, III e IV pode ser visualizada na Figura 5. Porém, a que foi misturada aos resíduos orgânicos da minicomposteira I possuía textura mais fibrosa, provavelmente oriunda de outro tipo de madeira.



Figura 5 - Aspecto da serragem utilizada nas minicomposteiras II, III e IV.

5.3 Coleta dos resíduos orgânicos

Para se obter a quantidade suficiente de resíduos orgânicos para as 4 minicomposteiras, ou seja, aproximadamente 150 kg, houve a necessidade de uma coleta em residências do Bairro Universitário e em restaurantes da cidade de Criciúma. Foi escolhido este bairro pela sua proximidade com a Universidade, porém a quantidade de resíduos gerados nestes domicílios foi pouco mais que 50 kg, o que foi completado com a coleta em restaurantes (Figura 6).



Figura 6 - Resíduo orgânico utilizado no processo de minicompostagem estudado.

5.4 Determinação da quantidade - resíduo orgânico/serragem

Antes de iniciar este experimento foram feitos testes preliminares para se obter a relação mais apropriada de resíduo orgânico/serragem, de modo a obter uma massa de resíduos com o grau ideal de umidade que, segundo Kiehl (2002) e Pereira Neto (1996), é de 55%.

O teste mais significativo foi realizado no NRESOL, onde, utilizando a mesma minicomposteira de PVC, misturou-se 47 kg de matéria orgânica triturada e 6 kg de serragem. Esta quantidade de material gerou, em menos de 24 horas, cerca de quatro litros de chorume. Foram acrescentados mais 2 kg de serragem, quando então a quantidade de chorume gerada pelo composto foi muito pequena, indicando visualmente que a quantidade de serragem já era suficiente para manter a umidade desejada.

Baseando-se neste experimento preliminar, pode-se dizer que a relação ideal de resíduo orgânico/serragem foi de 6:1.

5.5 Preparo dos resíduos para a minicompostagem

Após a coleta, os resíduos orgânicos foram homogeneizados e triturados em triturador marca Trapp (Figura 7).



Figura 7 - Resíduo orgânico triturado para uso no sistema de minicompostagem.

Conforme especificado no item 5.4 o percentual de mistura, para não ocorrer à produção de chorume é de aproximadamente 6 partes de resíduo orgânico e 1 parte de serragem. Este conhecimento possibilitou colocar dentro de cada um dos 4 cilindros de PVC, 41,5 kg de composto previamente homogeneizado (Figura 8), sendo 35,5 kg de resíduo orgânico triturado e 6 kg de serragem.



Figura 8 - Mistura final de resíduo orgânico triturado e serragem utilizados no processo de minicompostagem.

5.6 Compostagem dos resíduos orgânicos

O acompanhamento da minicompostagem foi realizado em duas fases. A fase 1 refere-se a de degradação ativa, enquanto a fase 2 é a chamada fase de maturação do composto.

5.6.1 Fase 1 Degradação ativa

Esta é a fase de grande importância de toda a pesquisa. Durante esta etapa, as minicomposteiras foram monitoradas e avaliadas, sendo anotados diariamente todas as características do composto, a necessidade de revolvimento, além das análises de temperatura, grau de umidade, pH e a relação C/N. Estes parâmetros analisados são descritos detalhadamente abaixo.

a) Revolvimento

Como a quantidade de composto é pequena em relação aquelas descritas por Kiehl (2002) e Pereira Neto (1996), optou-se por revolvimentos diários. Esta etapa do processo deu-se de forma bastante rudimentar: toda a massa era retirada de dentro da minicomposteira e revolvida manualmente. Durante esta etapa caracterizava-se o composto e umidificava-o se este apresentasse aspecto de “seco” e sem brilho. Esta umidificação era feita de forma bastante homogênea, com água e/ou chorume, utilizando para isto um regador.

b) Temperatura

O aparelho usado, pertencente ao laboratório de resíduos sólidos, foi um termômetro de mercúrio, com graduação de 1 a 100 °C e comprimento de 1,5m.

Para a medição, introduzia-se o termômetro em vários pontos dentro de cada minicomposteira, sendo considerada sempre a temperatura mais alta de cada uma delas. Esta técnica foi repetida diariamente, ao longo da fase de degradação, nos períodos matutino e vespertino, quando se verificava também a temperatura ambiente.

Quando a temperatura dentro das minicomposteiras igualou-se a temperatura ambiente, iniciou a fase 2, ou seja, a fase de maturação.

c) pH

O equipamento usado foi um pHmêtro, marca Labmeter model pH 2, de propriedade do NRESOL.

As análises eram realizadas diariamente, nas 4 minicomposteiras, durante toda a fase de degradação. O método utilizado consistiu em coletar uma amostra do composto e tritura-la. Então pesou-se 10g da amostra triturada onde foi misturada com 50mL de água deionizada e em seguida, a mistura foi agitada por 5 minutos. Após este período ela ficou descansando por mais 30 minutos, sendo agitada novamente por 5 minutos, quando se procedeu à leitura no pHmêtro.

d) Umidade

Foram feitos testes diários, em todas as minicomposteiras, utilizando o método Umidade a 65°C, descrito por LANARV (1988). Este método consiste em pesar uma amostra do composto (p), colocá-la em estufa a 65°C até a estabilização

$$U_{65^{\circ}\text{C}} = \frac{100(p-p_1)}{p}$$

do peso (p1) e calcular o teor de umidade através da fórmula:

e) Cálculo da relação carbono/nitrogênio

Durante a fase de degradação foram feitas 3 análises para calcular o teor de matéria orgânica e o de nitrogênio total. As amostras foram analisadas pela Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina – CIDASC. O teor de matéria orgânica possibilita calcular a porcentagem de carbono, e conseqüentemente a relação carbono/nitrogênio, conforme descrito em LANARV (1988):

$$\%C = \frac{\text{teor de matéria orgânica}}{1,8}$$

$$\text{relação C/N} = \frac{\%C}{\%N}$$

A primeira análise foi realizada no início da minicompostagem, onde foram coletadas amostras da serragem pura, de resíduo orgânico triturado puro e de resíduo orgânico misturado com a serragem na relação 6:1.

Após 15 dias do início da minicompostagem, foram feitas duas análises de cada minicomposteira, sendo uma amostra peneirada, a fim de separar a serragem, e a outra amostra não peneirada.

Ao término da fase de degradação, ou seja, após 33 dias do início do experimento, foi feita a última análise desta fase, quando se coletou uma amostra peneirada de cada minicomposteira.

5.6.2 Fase 2 Maturação ou Cura

O início da maturação deu-se quando, durante alguns dias, a temperatura das minicomposteiras igualou-se a temperatura ambiente.

Durante esta etapa do processo, o composto permaneceu acondicionado em caixas de papelão. Estas caixas eram levadas esporadicamente ao sol, para evitar umidade excessiva, pois o ambiente do laboratório é bastante frio e úmido.

As análises de pH e umidade feitas nesta fase não obedeceram a critérios de regularidade pré-estabelecidos.

No final do processo, ou seja, após 40 dias do início da fase de maturação, foi feita uma nova análise da relação C/N. Segundo Kiehl (2002), quando

a relação C/N atingir aproximadamente 10/1, o composto estará pronto para ser utilizado como adubo.

Alguns testes visuais e de laboratório foram feitos no decorrer desta etapa. Estes testes descritos por Kiehl (2002), serviram para verificar se o composto estava maturado e encontram-se descritos a seguir.

a) Teste do frasco invertido - Em um frasco de vidro com tampa de rosquear, coloca-se uma amostra do composto e água na proporção de 1 para 10 em peso. Agitar bem, deixar descansar por duas a três horas e determinar o pH do líquido. Fechar bem o frasco. Guardá-lo em posição invertida, ou seja, com a tampa virada para baixo a fim de que fique hermeticamente fechado. Diariamente agitar o frasco antes de abri-lo e determinar o pH do líquido. Se a reação inicial se mantiver por vários dias, o composto está maturado. Se o pH nos dias seguintes for cada vez mais ácido, indica que o composto não atingiu a maturação. A explicação para este fato é que mantendo o composto não maturado em ambiente anaeróbico, o mesmo entra em putrefação, originando ácidos orgânicos e gás sulfídrico, tornando então o meio ácido.

b) Teste da mão - Esfregar entre as palmas das mãos uma amostra umedecida do composto. Este é considerado maturado, se as palmas das mãos ficarem revestidas de uma pasta preta gordurosa (húmus coloidal), com aspecto de “manteiga preta”.

c) Teste da bolota - Com uma amostra umedecida, forma-se com as mãos uma bolota um pouco maior que uma bola de pingue-pongue. O teste consiste em passar várias vezes esta bolota de uma mão para outra, atirando-a de pequena altura sem

que ela se desfaça. Se o composto não estiver curado, sem o colóide húmus, a bolota não resiste a estes pequenos impactos.

d) Teste da presença de suspensão coloidal - Com a compostagem, a matéria orgânica sofre alteração química, formam-se colóides orgânicos e a reação do composto, que originalmente era ácida, torna-se alcalina. O teste é realizado colocando-se uma amostra do composto em um copo, uma quantidade igual a dois dedos de altura é suficiente. Completa-se o recipiente com água e acrescenta-se uma colher de chá de hidróxido de amônio. Deixa-se em repouso durante alguns minutos para ocorrer à decantação e observamos que:

- o composto cru dá um líquido cor de chá ou de café fraco, com poucas partículas em suspensão e a maior parte da amostra assentada no fundo do copo;

- o composto semicurado ou bioestabilizado apresenta algum material em suspensão, dando coloração escura sem chegar a ser preta;

- o composto maturado dará uma tinta preta, cujos pigmentos não se assentam no fundo do copo; o líquido preto sobrenadante é rico em húmus, podendo ser separado por decantação ou por filtração.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão discutidos os resultados obtidos no processo de minicompostagem, utilizando como material palhoso a serragem. Estes resultados referem-se ao acompanhamento dos parâmetros temperatura, pH, umidade e relação C/N. Também, durante o processo de minicompostagem, foram feitas observações visuais, como: presença de larvas, odores, brilho e textura do composto. Os resultados dos parâmetros analisados são descritos detalhadamente a seguir:

6.1 Temperatura

As temperaturas desenvolvidas nos 33 dias de experimento e as temperaturas ambientes registradas no período são descritas a seguir para as quatro minicomposteiras em estudo, ou seja, a minicomposteira I, II, III e IV.

6.1.1 Minicomposteira I

As temperaturas obtidas para a minicomposteira I referem-se as analisadas no período da manhã e no período da tarde.

No período da manhã a temperatura no início do processo foi de 25°C, aumentando rapidamente no segundo dia, para 40°C, conforme Figura 9. Nos dois dias seguintes houve uma leve queda. A partir do quinto dia a minicompostagem atingiu a fase termofílica, que segundo Pereira Neto (1996) situa-se na faixa entre

45-65°C. A temperatura máxima foi de 57°C atingida no sétimo dia, diminuindo no nono dia para níveis próximos de 35°C, retornando no dia seguinte para 45°C. Portanto a duração da faixa termofílica neste período foi de seis dias.

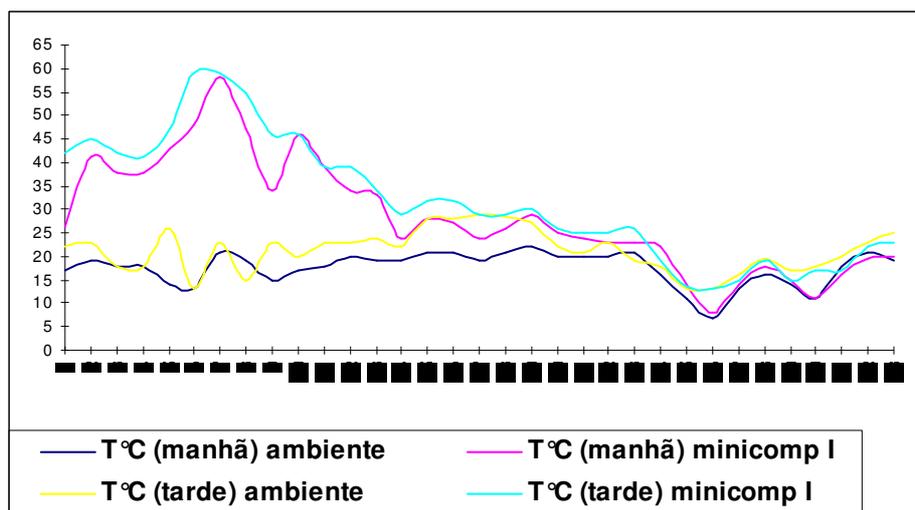


Figura 9 - Temperatura desenvolvida durante o processo de compostagem da minicomposteira I

As temperaturas no período da tarde, na grande maioria dos dias, sempre eram maiores que as da manhã (Figura 9). Iniciaram acima de 40°C, elevou-se um pouco mais no segundo dia e como aconteceu com a temperatura da manhã, nos dois dias seguintes apresentou uma leve queda. Atingiu temperaturas termofílicas já no quinto dia, sendo a máxima de 59°C, no sexto e sétimo dias.

O material da minicomposteira I permaneceu na fase termofílica até o décimo dia do início do experimento. A partir daí as temperaturas tanto da manhã, quanto da tarde diminuíram gradativamente. A temperatura vespertina igualou-se a do ambiente no vigésimo quarto dia e a matutina no vigésimo sexto dia, caracterizando, segundo Kiehl (2002), que o material estava iniciando a fase de maturação.

6.1.2 Minicomposteira II

As temperaturas no material da minicomposteira II, como indica a Figura 10, apresentam-se da seguinte forma: No período da manhã iniciou próximo a 25°C, atingindo valores acima de 40°C já no segundo dia. No dia seguinte situou-se abaixo de 40°C, elevando-se até atingir a máxima, no entorno de 54°C, no sexto e sétimo dias. Novamente a temperatura registrada foi de 40°C no nono dia e 45°C no décimo dia, sendo este o último da fase termofílica.

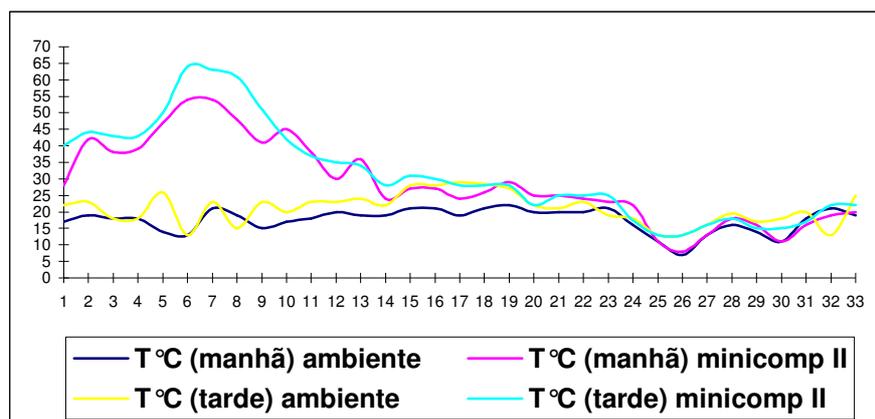


Figura 10 - Temperatura desenvolvida durante o processo de compostagem da minicomposteira II

As temperaturas obtidas no período da tarde, iniciaram com 40°C, elevando-se até atingir 64°C no sexto dia. O décimo dia indicou o término da fase termofílica, quando então a temperatura era de 45°C.

Pode-se afirmar que a fase termofílica na minicomposteira II teve duração de cinco dias, quando então as temperaturas nos dois períodos diminuiram até alcançar a ambiente, o que ocorreu por volta do décimo sétimo dia no período da

tarde e vigésimo quinto dia no período matutino, caracterizando a partir de então, o início do processo de maturação do composto.

6.1.3 Minicomposteira III

A minicomposteira III iniciou, no período matutino, com 27°C de temperatura, ultrapassando 40°C já no seu segundo dia conforme Figura 11. No quarto dia diminuiu para 35°C e no quinto dia iniciou a fase termofílica, permanecendo nesta faixa por seis dias. A etapa de maturação deu-se a partir do vigésimo sexto dia do início do experimento.

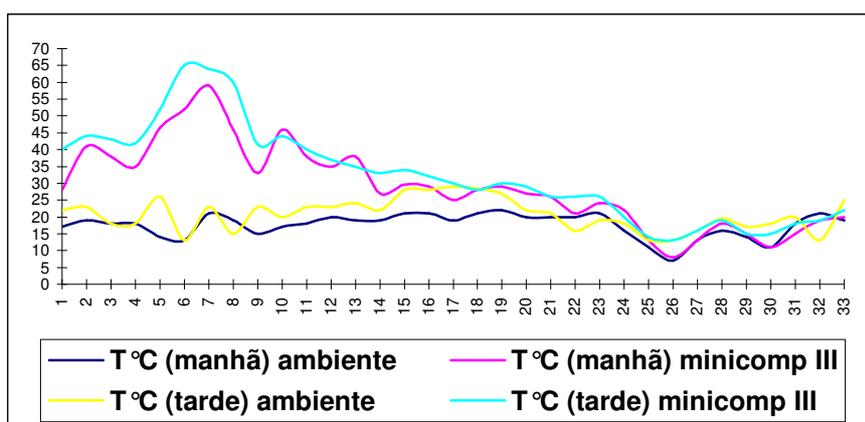


Figura 11 - Temperatura desenvolvida durante o processo de compostagem da minicomposteira III

No período vespertino a temperatura iniciou com 40°C, atingindo a temperatura máxima, 65°C, no sexto dia. O nono dia foi caracterizado como o último na fase termofílica, apresentando 45°C de temperatura. A fase termofílica, neste período teve duração de cinco dias. O material atingiu a temperatura ambiente no vigésimo quinto dia.

6.1.4 Minicomposteira IV

Divergindo das demais, a minicomposteira IV iniciou, no período matutino, com 34 °C; atingiu 41 °C no segundo dia e caiu para 38 °C no terceiro dia (Figura 12). No sexto e sétimo dia apresentou as temperaturas máximas do período, ou seja, 59 °C. A temperatura baixou abruptamente, sendo que já no oitavo dia estava menor que 45 °C, permanecendo assim, apenas três dias na fase termofílica. A partir daí, a queda da temperatura da minicomposteira foi mais lenta e igualou-se a ambiente somente no trigésimo dia de experimento.

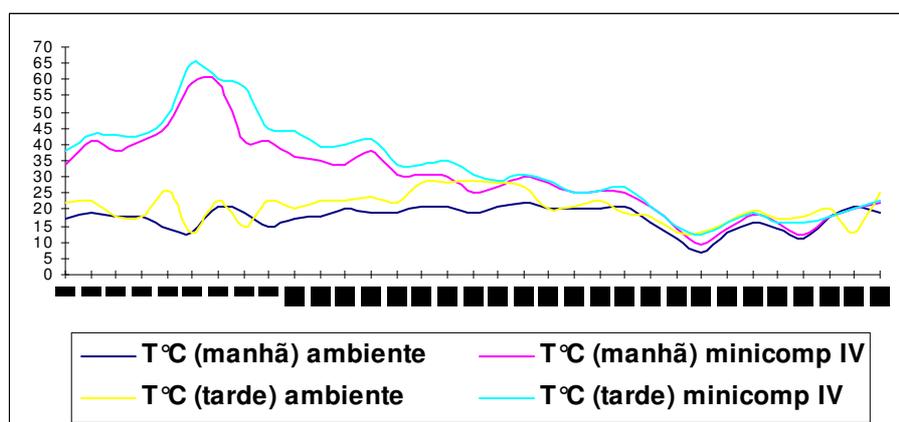


Figura 12- Temperatura desenvolvida durante o processo de compostagem da minicomposteira IV

No período da tarde, a temperatura que iniciou com 38 °C, atingiu 65 °C no sexto dia, abaixando rapidamente até chegar aos 45 °C no nono dia, caracterizando cinco dias na fase termofílica. O composto começou a maturar por volta do vigésimo quinto dia.

6.1.5 Considerações gerais sobre as temperaturas desenvolvidas nas minicomposteiras I, II, III e IV.

Analisando os resultados das quatro minicomposteiras, percebe-se que a temperatura desenvolvida no período da tarde foi maior em relação aquela desenvolvida no período da manhã. Nota-se inclusive que a temperatura ambiente à medida que oscilava não exercia forte influência sobre o desenvolvimento do processo de compostagem nas minicomposteiras em estudo. Isto significa que o sistema atua de forma independente da temperatura ambiente.

Apesar das temperaturas vespertinas serem maiores que as matutinas, a temperatura ambiente é igualada no período da tarde cerca de um a dois dias antes do turno da manhã.

As temperaturas vespertinas, desenvolvidas nas quatro minicomposteiras, além de serem as mais altas, foram muito semelhantes desde o início até o final do processo como mostra a Figura 13:

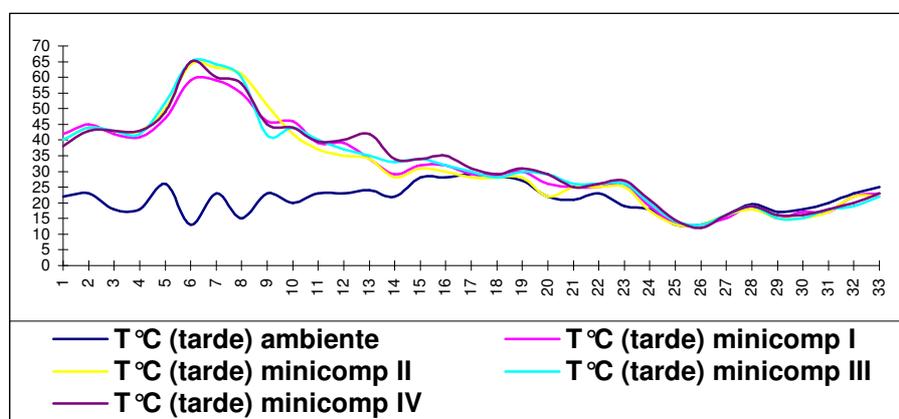


Figura 13 - Temperatura desenvolvida, no período vespertino, durante o processo de compostagem, nas quatro minicomposteira

As minicomposteiras iniciaram a fase termofílica por volta do quarto dia e permaneceram até o décimo dia, contabilizando seis dias nesta fase. Segundo Pereira Neto (1996) é necessário que o composto atinja estas temperaturas, pois assim ocorre a eliminação dos microrganismos patogênicos. Análises microbiológicas relativas à presença de patogênicos no composto final, não fazem parte do escopo deste trabalho.

O revolvimento está intimamente ligado ao desenvolvimento de temperaturas adequadas para a faixa termofílica. Para este tipo de experimento, com pouca quantidade de resíduo, estabeleceu-se uma frequência de revolvimento baseada especialmente no comportamento das temperaturas que eram desenvolvidas. Assim, o revolvimento foi praticamente diário, na fase de degradação ativa, observando-se que o não revolvimento implicava na redução da temperatura.

6.2 pH

A medida diária do potencial hidrogênionico nas quatro minicomposteiras apresentou comportamento bastante semelhante e serão descritos para cada uma delas, a seguir.

6.2.1 Minicomposteira I

O pH do material contido na minicomposteira I iniciou em 4,5, neutralizando rapidamente por volta do quarto dia. Tornou-se alcalino, ultrapassando

8,5 a partir do décimo dia e permanecendo neste patamar até o décimo sexto dia, quando estabilizou entre 8,0 e 8,5 (Figura 14).

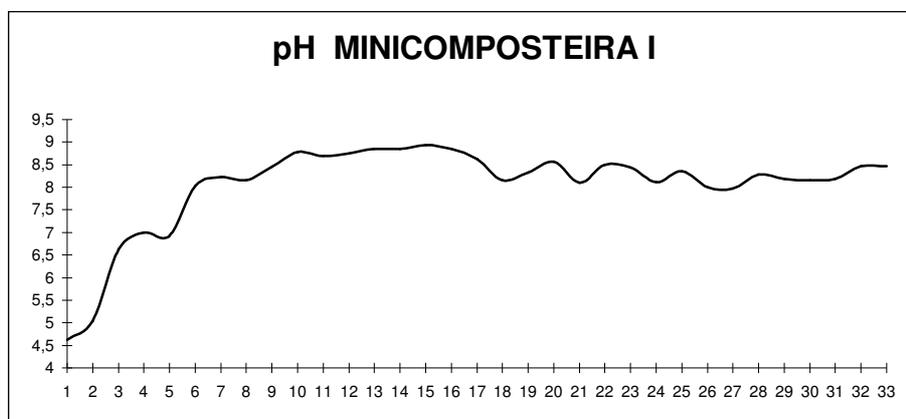


Figura 14 - pH desenvolvido durante o processo de compostagem na minicomposteira I

6.2.2 Minicomposteira II

O material da minicomposteira II apresentou-se bastante ácido, 4,5, no primeiro dia do experimento, porém no terceiro dia já possuía pH 7,0, chegando a 7,5 nos quarto e quinto dias. No sexto dia baixou para 7,1 e no décimo dia já apresentava pH igual a 9,0, permanecendo assim até o décimo sétimo dia, quando estabilizou com pequenas oscilações entre 8,0 e 8,5 (Figura 15).

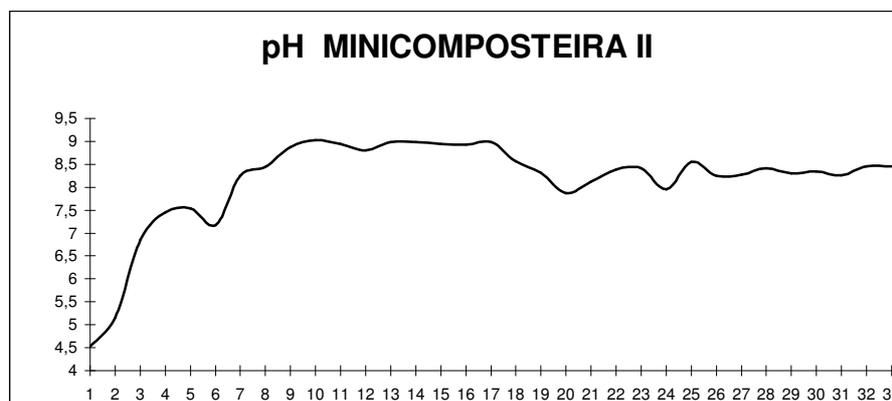


Figura 15 - pH desenvolvido durante o processo de compostagem na minicomposteira II

6.2.3 Minicomposteira III

A terceira minicomposteira também iniciou com pH 4,5, permanecendo neste índice por dois dias, quando apresentou uma rápida elevação. No quarto dia já se encontrava com pH igual a 7,0 e no décimo ultrapassou 8,5, nível em que ficou até o décimo sétimo dia. Após o décimo oitavo dia estabilizou com pH entre 8,0 e 8,5 (Figura16).

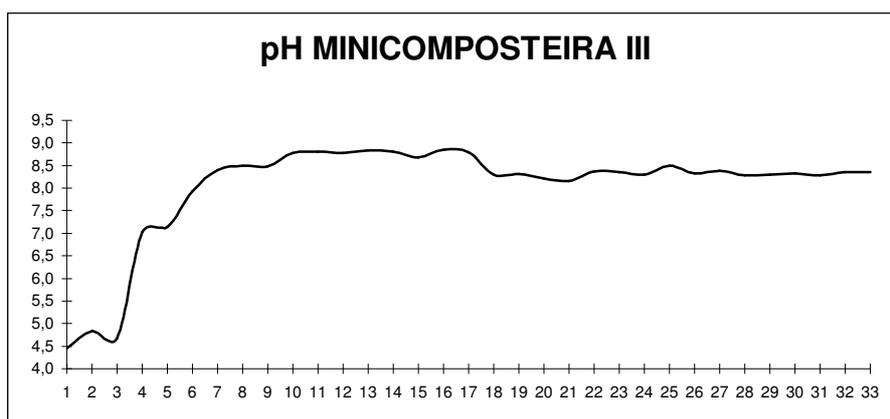


Figura 16 - pH desenvolvido durante o processo de compostagem na minicomposteira III

6.2.4 Minicomposteira IV

A minicomposteira IV apresentou pH mais oscilante, porém muito parecido com as outras. Iniciou em 4,5 e no quarto dia ultrapassou 7,5. Reduziu, no quinto dia, para 7,4 e no décimo primeiro dia atingiu índices bem próximos a 9,0. as

análises do décimo quarto dia indicaram pH igual a 8,5, onde permaneceu com pequenas oscilações até o final do experimento (Figura 17).

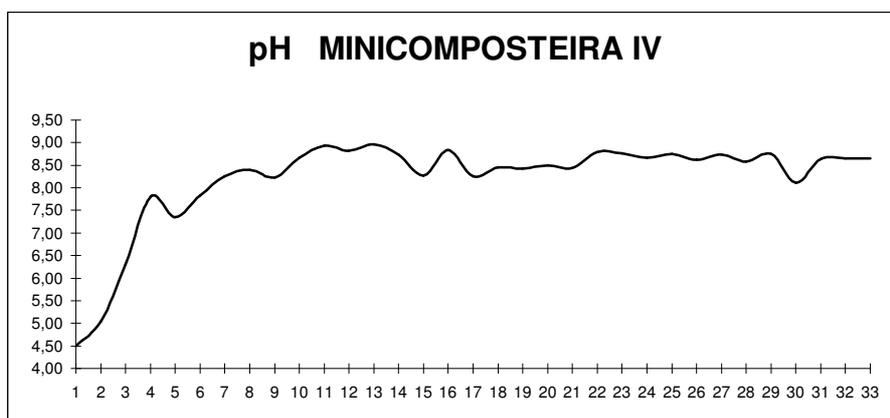


Figura 17 - pH desenvolvido durante o processo de compostagem na minicomposteira IV

6.2.5 Considerações gerais sobre o pH desenvolvido nas minicomposteiras I, II, III e IV.

A Figura 18 mostra o gráfico do comportamento do pH nas quatro minicomposteiras durante todo o experimento, onde se observa, como já foi relatada, a grande semelhança entre elas.

De maneira geral o pH que iniciou em 4,5, tornou-se alcalino, beirando pH 9,0 no décimo dia, permanecendo neste patamar por seis a sete dias, quando então baixou um pouco, estabilizando entre 8,0 e 8,5.

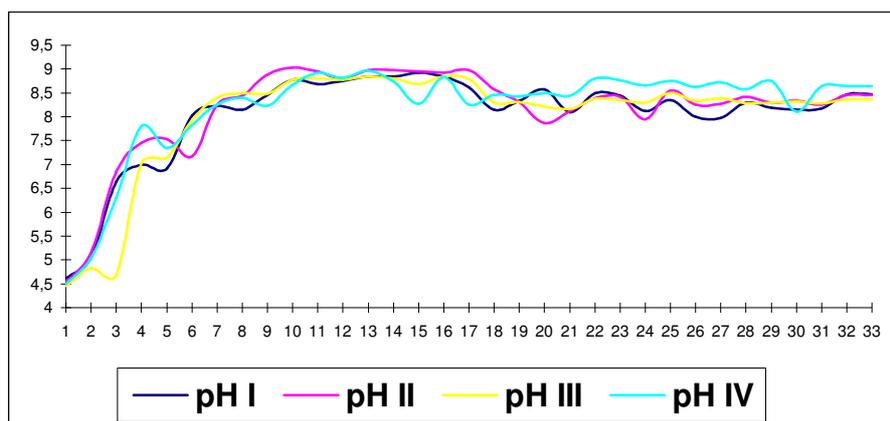


Figura 18 - Comportamento do pH nas quatro minicomposteiras durante o experimento

Pode-se dizer que o pH do experimento em questão comportou-se conforme o relatado por Kiehl (2002). O autor explica que numa compostagem de grande escala o pH inicia ácido, tornando-se alcalino quando atinge índices próximos a 9,0. Permanece neste nível enquanto houver nitrogênio amoniacal, reduzindo, em seguida, quando este passar para a forma de nitrato.

6.3 UMIDADE

O resultado das análises de umidade realizadas diariamente, durante todo o período do experimento, para as quatro minicomposteiras estudadas, está detalhado a seguir.

6.3.1 Minicomposteira I

A Figura 19 mostra os resultados das análises diárias de umidade, referente a minicomposteira I. O composto que iniciou com teor próximo de 70%, apresenta uma queda acentuada no segundo dia, quando então a umidade ficou em torno de 57%. A partir do quinto dia o gráfico aponta oscilações bastante acentuadas que variam de 54 a 64%, apresentando no décimo segundo dia 60% de umidade. A partir desta data, as variações foram menos expressivas, estabilizando em torno de 60%, com apenas duas quedas. A primeira ocorreu no décimo sétimo dia, aonde chegou a apresentar 55% e a outra no vigésimo quinto dia com umidade de 53%.

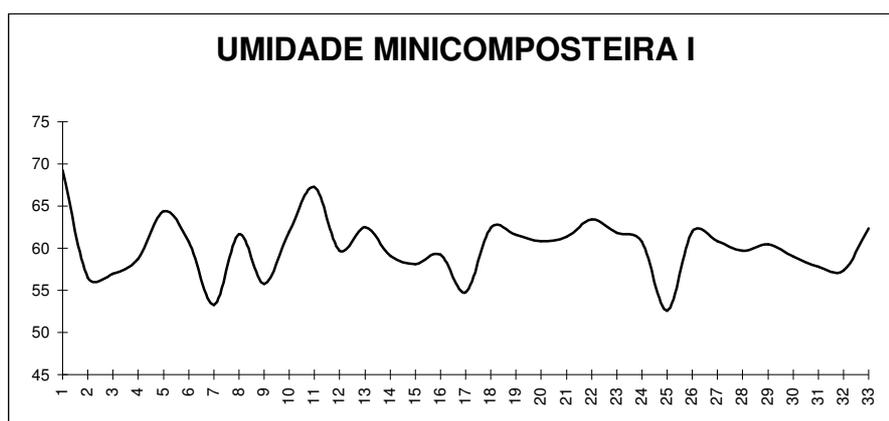


Figura 19 - Comportamento da umidade na minicomposteira I

6.3.2 Minicomposteira II

Os resultados da minicomposteira II apresentados na Figura 20, indicam umidade inicial de 62%, atingindo no segundo dia 70%, retornando a níveis de 60% nos terceiro, quarto e quinto dias. No sétimo dia a umidade diminuiu para 52%, voltando a subir no nono dia a patamares próximos de 60%. No décimo primeiro dia atingiu valores menores que 55%, quando a partir daí o teor de umidade oscilou quase que diariamente, assumindo índices que variam de 55 a 62%.

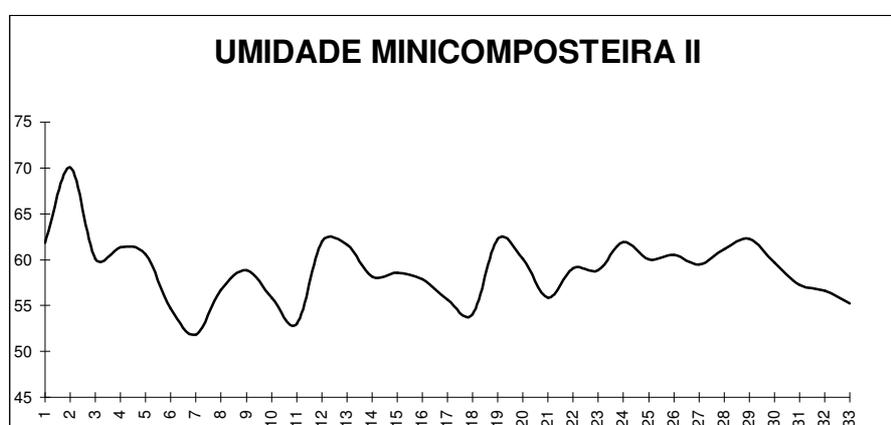


Figura 20 - Comportamento da umidade na minicomposteira II

6.3.3 Minicomposteira III

A Figura 21 apresenta a variação de umidade ocorrida durante o experimento com a minicomposteira III. Observa-se que a umidade iniciou com 60%, alterou para 64% no quarto dia e diminuiu gradativamente até chegar a 50% de umidade no nono dia. Do décimo segundo ao décimo quinto dia manteve-se estável em 55%, quando após uma queda de 2% no décimo sétimo dia, elevou-se até 62% no décimo oitavo dia. A partir daí a umidade oscilou em torno de 60% até o vigésimo oitavo dia e na seqüência por volta de 57% até o final do experimento.

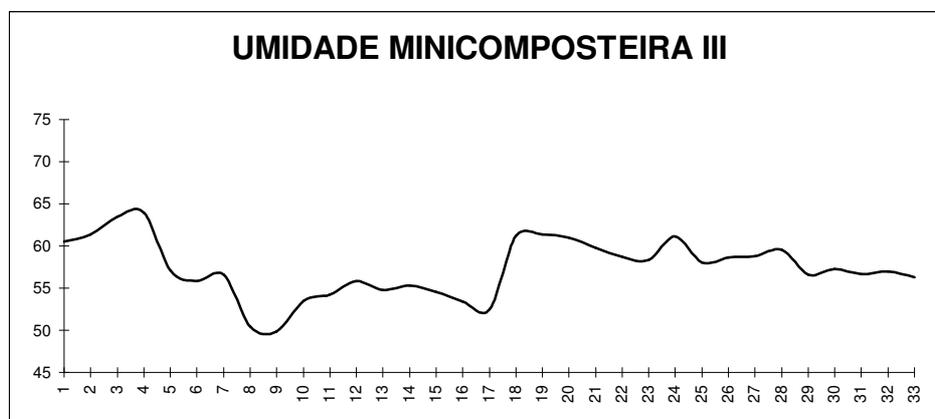


Figura 21 - Comportamento da umidade na minicomposteira III

6.3.4 Minicomposteira IV

A umidade na minicomposteira IV iniciou, como mostra a Figura 22, com teor igual a 62%. Elevou-se no terceiro dia para 67%, caindo gradativamente para níveis próximos a 47% no oitavo dia. Do décimo primeiro ao décimo sétimo dia a umidade apresentou-se muito próxima de 55%. A partir do décimo oitavo dia o teor de umidade estabilizou em 60% até o final do experimento, apresentando apenas uma queda de 5%, no vigésimo quinto dia.

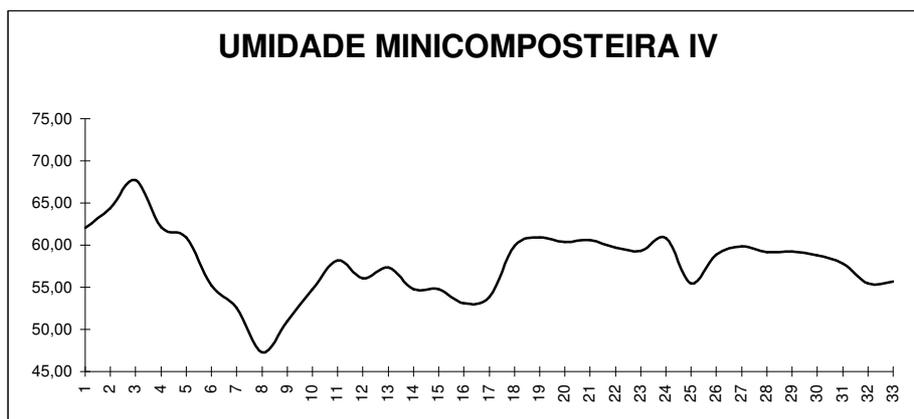


Figura 22 - Comportamento da umidade na minicomposteira IV

6.3.5 Considerações gerais sobre a umidade desenvolvida nas minicomposteiras I, II, III e IV.

A Figura 23 mostra o resultado das análises diárias feitas nas quatro minicomposteiras durante todo o período do experimento.

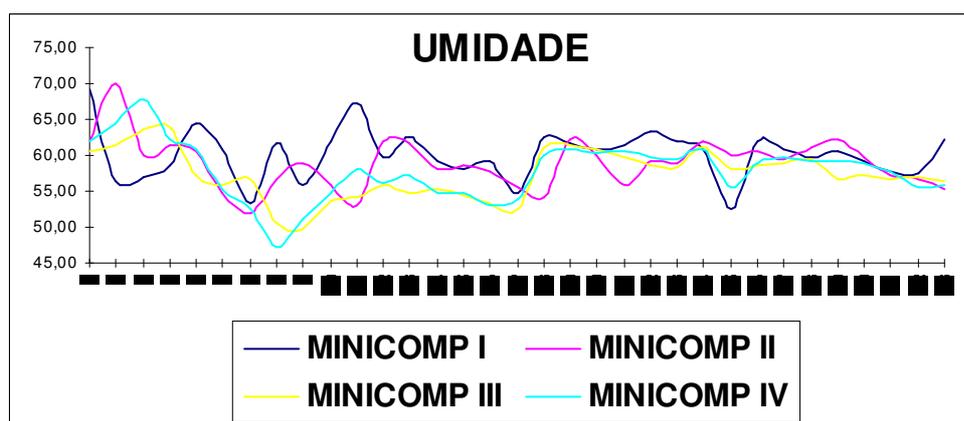


Figura 23 - Gráfico do comportamento da umidade nas quatro composteiras.

Observa-se em todas as minicomposteiras muitas oscilações no comportamento da umidade. Estas oscilações podem ser atribuídas a vários fatores, entre eles pode-se citar a temperatura desenvolvida e os erros de amostragem.

A partir do quinto, até por volta do oitavo dia, a umidade teve uma queda acentuada. Este período coincide com o da fase termofílica, quando as temperaturas ultrapassaram 45 °C. Durante este período houve intensa liberação de vapor de água, ressaltando porém, que neste mesmo período as minicomposteiras estavam sendo regadas com chorume e/ou água. As minicomposteiras foram regadas, quase que diariamente até o décimo oitavo dia do experimento. De uma maneira geral, entre o décimo sétimo e décimo oitavo dia, a umidade estabilizou em níveis próximos a 60%, um nível bastante satisfatório, pois segundo Kiehl (2002) e Pereira Neto (1996) a umidade ideal é em torno de 55%.

A serragem utilizada como palhoso na minicomposteira I apresentou aspecto diferente daquela usada nas demais minicomposteiras, sendo mais fibrosa, o que pode ter sido o principal motivo atribuído para a umidade ter comportamento diferente das demais minicomposteiras.

6.4 Relação carbono/nitrogênio

Durante os setenta e três dias do experimento, foram feitas, devido ao elevado custo, apenas quatro análises da relação C/N. Conforme descrito no item 5.6, obtinha-se como resultado o teor de matéria orgânica e o de nitrogênio total, quando então se efetuava o cálculo da porcentagem de carbono e finalmente o da relação C/N. A descrição das quatro análises é mencionada a seguir:

6.4.1 Primeira análise

O resultado da primeira análise, relativa ao início do experimento, para o resíduo orgânico, a serragem e a mistura resíduo orgânico e serragem podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultado das análises da relação C/N feitas no início do experimento para resíduo orgânico, serragem e resíduo orgânico misturado à serragem.

AMOSTRA	MATÉRIA ORGÂNICA (%)	CARBONO (%)	NITROGÊNIO TOTAL (%)	RELAÇÃO C/N
Resíduo orgânico triturado	81,03	45,01	2,12	21,2 / 1
Serragem	85,28	47,37	0,31	152,8 / 1
Resíduo orgânico e serragem	82,00	45,55	1,50	30,3 / 1

O resultado da análise de resíduo orgânico com serragem, descrito na Tabela 1, indica que a relação C/N obtida foi bastante satisfatória, pois, segundo Kiehl (2002) e Pereira Neto (1996) é a relação ideal para uma rápida e eficiente compostagem.

6.4.2 Segunda análise

A segunda análise foi realizada após 15 dias do início do experimento. Foram colhidas duas amostras de composto de cada uma das quatro minicomposteiras, sendo que uma delas foi peneirada para retirar a serragem. Os resultados desta segunda análise estão descritos na Tabela 2:

Tabela 2 - Resultado das análises da relação C/N nas quatro minicomposteiras utilizando-se uma amostra do composto peneirado e outra de composto não peneirado.

AMOSTRA		MATÉRIA	CARBONO	NITROGÊNIO	RELAÇÃO
		ORGÂNICA (%)	(%)	TOTAL (%)	C/N
MINICOMPOSTEIRA I	NÃO PENEIRADA	28,40	15,77	0,41	38,4 / 1
	PENEIRADA	34,90	19,38	0,59	32,8 / 1
MINICOMPOSTEIRA II	NÃO PENEIRADA	34,60	19,22	0,55	34,9 / 1
	PENEIRADA	26,40	14,66	0,55	26,6 / 1
MINICOMPOSTEIRA III	NÃO PENEIRADA	32,00	17,77	0,77	23,0 / 1
	PENEIRADA	34,90	19,38	0,79	24,5 / 1
MINICOMPOSTEIRA IV	NÃO PENEIRADA	33,20	18,44	0,77	23,9 / 1
	PENEIRADA	34,30	19,05	0,73	26,1 / 1

Analisando a Tabela 2, observa-se que a relação C/N na minicomposteira I e na amostra não peneirada da minicomposteira II foram maiores do que o resultado obtido na primeira análise. Uma provável explicação para o fato, no caso da minicomposteira I, é a utilização da serragem mais fibrosa, conforme descrito no item 5.2. Porém, para a amostra não peneirada da minicomposteira II, não existe uma explicação convincente para o resultado obtido, a não ser erro de amostragem.

Os resultados da análise da relação C/N obtidos na amostra peneirada da minicomposteira II e nas amostras peneiradas e não peneiradas das minicomposteiras III e IV, referendam o que, segundo Kiehl (2002), deve acontecer ao longo da degradação do composto, ou seja, esta relação deve ser menor do que a inicial, que foi de 30,3 / 1.

6.4.3 Terceira análise

A terceira análise foi efetuada no trigésimo terceiro dia do início do experimento. Esta data coincide com o final da fase 1 e início da fase de maturação do composto, quando as temperaturas de dentro das minicomposteiras igualaram a temperatura ambiente. Para esta análise foi coletada uma amostra de composto peneirado de cada minicomposteira. Optou-se pela análise de amostras peneiradas, por entender-se que o resultado é mais significativo, já que na utilização do produto final será retirada a serragem não degradada.

Os resultados obtidos com a terceira análise para a relação C/N, estão demonstrados na Tabela 3:

Tabela 3 - Resultado da terceira análise da relação C/N para as quatro minicomposteiras, utilizando-se amostras peneiradas dos compostos.

AMOSTRA	MATÉRIA ORGÂNICA (%)	CARBONO (%)	NITROGÊNIO TOTAL (%)	RELAÇÃO C/N
MINICOMPOSTEIRA I	35,60	19,77	0,86	22,9 / 1
MINICOMPOSTEIRA II	36,58	20,32	0,79	25,7 / 1
MINICOMPOSTEIRA III	37,15	20,63	0,83	24,8 / 1
MINICOMPOSTEIRA IV	36,58	20,32	0,87	23,3 / 1

Analisando a Tabela 3, observa-se que com o resultado obtido, os compostos pertencentes as minicomposteiras I, II e IV, reduziram a relação C/N, especialmente a minicomposteira I. O composto da minicomposteira III, ao contrário, ficou praticamente estabilizado. Novamente, esta estabilização pode ter sido devida a erros de amostragem.

6.4.4 QUARTA ANÁLISE

Esta análise foi efetuada após 73 dias do início do experimento. Foram coletados e peneirados uma amostra de composto de cada uma das minicomposteiras e os resultados estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultado da terceira análise da relação C/N para as quatro minicomposteiras, utilizando-se amostras peneiradas dos compostos.

AMOSTRA	MATÉRIA ORGÂNICA (%)	CARBONO (%)	NITROGÊNIO TOTAL (%)	RELAÇÃO C/N
MINICOMPOSTEIRA I	51,73	28,73	2,29	12,5 / 1
MINICOMPOSTEIRA II	52,40	29,11	2,45	11,8 / 1
MINICOMPOSTEIRA III	52,60	29,22	2,20	13,2 / 1
MINICOMPOSTEIRA IV	47,10	26,16	2,54	10,3 / 1

Os resultados obtidos nesta quarta análise e demonstrados na Tabela 4 são extremamente favoráveis e indicam que o composto está maturado. Segundo Kiehl (2002), quando a relação C/N estiver entre 8/1 e 12/1, o produto está acabado, humificado e pode ser utilizado como fertilizante. Segundo o mesmo autor, a relação C/N abaixo de 18/1 já indica um composto semicurado ou bioestabilizado, como é o caso do composto da minicomposteira III, podendo assim mesmo ser utilizado como fertilizante, sem risco de causar danos as plantas.

6.4.5 Considerações gerais sobre a relação C/N nas quatro minicomposteiras

A Tabela 5 permite visualizar a evolução da relação C/N nas quatro análises feitas durante o processo de compostagem. Cabe salientar que os resultados das segunda, terceira e quarta análises referem-se as amostras peneiradas. O resultado descrito para a primeira análise, é o mesmo para todas as minicomposteiras, pois todas elas utilizaram o mesmo tipo de resíduo.

Tabela 5 - Comparativo da evolução da relação C/N, durante todo o experimento, nas quatro minicomposteiras.

AMOSTRA	1ª ANÁLISE	2ª ANÁLISE	3ª ANÁLISE	4ª ANÁLISE
MINICOMPOSTEIRA I	30 / 1	32,8 / 1	22,9 / 1	12,5 / 1
MINICOMPOSTEIRA II	30 / 1	26,6 / 1	25,7 / 1	11,8 / 1
MINICOMPOSTEIRA III	30 / 1	24,5 / 1	24,8 / 1	13,2 / 1
MINICOMPOSTEIRA IV	30 / 1	26,1 / 1	23,3 / 1	10,3 / 1

Conforme já discutido no item 6.4.1, a relação C/N inicial de 30/1 é ótima para uma rápida e eficiente compostagem. Observa-se que durante todo o processo a relação C/N das quatro minicomposteiras diminuiu gradativamente até chegar ao estágio de maturação do composto, quando então esta relação ficou, após os setenta e três dias, em média de 12/1, estando dentro da faixa ideal, que é de 8 a 12/1. Este resultado indica um composto maturado, pronto para ser utilizado como fertilizante.

Durante a fase de maturação do composto foram feitos alguns testes visuais que serviram para confirmar se o composto está maturado. Estes testes estão descritos no item 5.6.2 e foram indicativos para se fazer a última análise da relação C/N.

Os primeiros testes foram realizados por volta do quinquagésimo dia do início do experimento, ou seja, dezessete dias após o composto ter entrado na fase de maturação. Os resultados destes testes mostraram que o composto ainda não estava pronto para ser utilizado como fertilizante.

Quinze dias após a realização dos primeiros testes visuais, os mesmos foram repetidos e os resultados estão descritos abaixo.

a) Teste do frasco invertido - O pH inicial medido foi de 8,46, baixando para 7,67 no dia seguinte. Porém, a partir daí manteve-se estável, em torno de 7,60. Este comportamento, segundo Kiehl (2002), sugere que o composto estava maturado.

b) Teste da mão - Após esfregar entre as palmas das mãos uma amostra umedecida do composto, as mesmas pareciam estarem revestidas de uma pasta preta gordurosa, com aspecto de manteiga preta. Este resultado indica a maturação do composto (KIEHL,2002) e pode ser visualizado na Figura 24.



Figura 24 - Aparência de “manteiga preta” nas mãos após esfregar uma amostra umedecida do composto

c) Teste da bolota - Depois de confeccionar, com as mãos, uma bola de composto umedecido, observou-se que a bolota não se desmanchava ao se passada de uma

mão para a outra, caracterizando também, segundo Kiehl (2002), que o composto estava maturado (Figura 25).



Figura 25 - Bolota formada com o composto maturado resultante da minicompostagem

d) Teste da presença de suspensão coloidal - A mistura do composto com água e hidróxido de amônia mostrou que o líquido sobrenadante era de cor preta com grande parte das partículas do composto em suspensão, indicando, segundo Kiehl (2002), que o composto utilizado encontrava-se maturado.

6.5 Características do composto produzido

O aspecto visual do composto maturado foi excelente, apresentando cor e odor característicos de terra de mata.

Os compostos das minicomposteiras II, III e IV assemelharam-se muito quanto a textura, o que pode ser visualizado na Figura 26.



Figura 26 - Visualização do composto maturado produzido nas minicomposteiras II,III e IV.

A serragem utilizada na minicomposteira I foi do tipo mais fibrosa, motivo pelo qual a textura do composto da minicomposteira I é diferente, como mostra a Figura 27.



Figura 27 - Visualização do composto maturado pertencente a minicomposteira I.

Cabe salientar que após terem sido peneirados, para retirar o excesso de serragem, os compostos, sem exceção, apresentaram-se muito semelhantes.

No início do experimento foram colocados em cada minicomposteira 35,5 kg de resíduo orgânico triturado e 6kg de serragem, totalizando 41,5 kg de composto cru, em cada minicomposteira. Após setenta e três dias o composto maturado de cada uma das minicomposteiras foi pesado, resultando na minicomposteira I, 7,68kg; na minicomposteira II, 7,92kg; na minicomposteira III, 7,14kg e na minicomposteira IV, 6,98kg. Com este resultado pode-se afirmar que entre o composto cru e o composto maturado, houve redução de, em média, 34kg, ou seja, uma redução de 82% na massa residual.

6.6 Observações visuais no processo de minicompostagem

Neste item serão discutidos os aspectos visuais dos compostos contidos nas quatro minicomposteiras. Como estes aspectos mostraram-se, de uma maneira geral, muito semelhantes em todas elas, não serão individualizados.

Nos primeiros dias do experimento, provavelmente porque as extremidades das minicomposteiras ainda não haviam sido fechadas com as peneiras de farinha, surgiram muitos vetores, como moscas e mosquitos. Estas moscas geraram larvas que a partir do décimo quinto dia do início do experimento começaram a eclodir, originando então muitas moscas dentro das minicomposteiras.

Apesar da presença de vetores, houve pouco odor exalado pela massa dos resíduos em compostagem. No décimo terceiro dia do início do experimento, o resíduo começou a apresentar um leve cheiro de amônia, o qual permaneceu até

por volta do trigésimo dia. A partir daí e até o final do experimento, o composto apresentou um cheiro muito bom de terra de mata.

A presença de fungos de cor esbranquiçada foi observada logo na primeira semana do experimento, permanecendo até por volta do vigésimo dia, quando então começaram a surgir ácaros, os quais permaneceram até o início da fase de maturação. O desaparecimento dos ácaros coincidiu com o período em que as minicomposteiras não estavam mais sendo regadas e sim expostas ao sol.

Durante a fase de maturação pôde-se observar novamente fungos esbranquiçados. Segundo Pereira Neto (1996), nesta fase os fungos e actinomicetos tornam-se o grupo dominante. O autor cita ainda que as colônias de actinomicetos são visíveis a olho nu através de sua cor esbranquiçada.

7 CONCLUSÃO

A serragem utilizada no sistema de minicompostagem do NRESOL mostrou que é possível produzir um composto com excelente grau de maturação utilizando apenas 35,5kg de resíduo orgânico e 6kg de serragem.

A fase 1, denominada de fase de degradação ativa, durou trinta e três dias. Na segunda fase ou fase de maturação, o composto permaneceu por mais quarenta dias, totalizando setenta e três dias de processo de compostagem.

Foi possível, neste tipo de sistema, obter temperaturas de até 65°C, e uma permanência na faixa termofílica de seis dias, período este importante para a eliminação de patogênicos.

O pH, inicialmente ácido, rapidamente tornou-se alcalino, estabilizando após dezessete dias, entre 8,0 e 8,5.

A umidade, apesar do comportamento bastante oscilatório, estabilizou próxima a 60%, indicando um nível satisfatório, pois segundo a literatura, a umidade ideal é em torno de 55%.

A relação C/N inicial foi de 30/1, o que, segundo a literatura, é extremamente favorável para uma rápida e eficiente compostagem. A relação C/N final do composto obtida foi em média 12/1, indicando desta forma que o composto estava maturado e já podia ser utilizado como fertilizante.

Os testes visuais, realizados ao final da segunda fase, comprovaram, segundo Kiehl (2002), que o composto estava maturado.

Para este tipo de experimento, com pouca quantidade de resíduo, estabeleceu-se uma frequência de revolvimentos baseada especialmente no

comportamento das temperaturas que eram desenvolvidas. Assim, o revolvimento foi praticamente diário, na fase de degradação ativa, observando-se que o não revolvimento implicava na redução da temperatura.

O composto maturado apresentou, em relação ao composto cru , uma redução de 82%, resultando em média, em cada composteira 7,5kg.

O aspecto do composto maturado foi excelente, com cor e odor característicos de terra de mata.

REFERÊNCIAS

BIDDLESTONE, A. J.; GRAY, K. R.; THAYANITHY, K. **Composting and Reed Beds for aerobic treatment of livestock wastes**. In: Pollution in livestock production Systems, 1994, 345-360p.

BIDONE, F. R. A. **Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: reciclagem e disposição final**. 1 ed. Rio de Janeiro: Rima, ABES, 2001. 240 p.: il. Projeto PROSAB.

KIEHL, José Edmar. **Fertilizantes Orgânicos**. 1 ed. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres Ltda, 1985. 492p.

_____ **Manual de compostagem: Maturação e Qualidade do composto**. 3 ed. Piracicaba: edição do autor, 2002.171p.

LANARV, Laboratório Nacional de Referência Vegetal. **Análise de Corretivos, fertilizantes e Inoculantes**. Métodos Oficiais. 1988. 103p.

LANDGRAF, M. D.; MESSIAS, R.A.; REZENDE, M. O. O. **A importância ambiental da vermicompostagem: vantagens e aplicações**. 1 ed. São Carlos: Rima, 2005. 106p.

MARRIEL, I. E. et al. **Tratamento e utilização de resíduos orgânicos**. Informe

Agropecuário, n. 147, p. 24-36, mar.1987.

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

PEREIRA NETO, João Tinoco. **Manual de compostagem processo de baixo custo**. Belo Horizonte: UNICEF. 1996. 56p.

PHILIPPI JUNIOR, A. **Agenda 21 e resíduos sólidos**. In: RESID'99 – SEMINÁRIO SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS, 1999, São Paulo. Anais.... São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1999. P. 15-26.

PIAZZA, Eliani Terezinha. **Estudo e desenvolvimento de um sistema acelerado de compostagem e de fácil operação para pequenos espaços**. 2004. 59f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais)- Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, Criciúma,2004.

RYNK, R. **On-Farm composting handbook**. Ithaca – NY: Northeast Regional Agricultural Engineering Service, 1992, 188p.

SISINNO, C. L. S.; OLIVEIRA, R. M. **Resíduos sólidos, ambiente e saúde: uma visão multidisciplinar**. 1ed. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2000. 142p.34

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y.; HODGKISS, I. J. **Changes in Chemical properties during composting of spent pig litter at different moisture contents.** Agriculture, Ecosystems and Environment, v.67, p.79-89, 1998.

TURNER, C. **The thermal inactivation of *E. coli* in straw and pig manure.** Bioresource Technology, v. 84, p. 57-61, 2002.

VIANA, Ednilson. **Resíduos alimentícios do lixo domiciliar: coleta, processamento, caracterização e avaliação da viabilidade como um ingrediente para ração de frangos de corte.** 1999. 164f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

APÊNDICE 1

Artigo submetido à Revista de
Engenharia Sanitária e Ambiental

O USO DA SERRAGEM EM SISTEMA DE MINICOMPOSTAGEM

THE USE OF SAWDUST IN A LITTLE COMPOUNDER SYSTEM

ELIANE SPRICIGO MARAGNO, Geóloga pela Universidade do Amazonas (UA), Química pela Universidade do Sul de Santa Catarina (Unisul), Pós-graduanda em Gestão de Recursos Naturais (lato senso) pela Universidade do Extremo Sul Catarinense (Unesc), Professora no ensino médio na Cidade de Criciúma-SC

DAIANE FABRIS TROMBIN, Graduanda em Ciências Biológicas (Bacharelado) pela Universidade do Extremo Sul Catarinense (Unesc)

EDNILSON VIANA, Biólogo pela Universidade Estadual Paulista (Unesp), Mestre em Ciências pela Universidade de São Paulo (USP), Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (USP), Professor/pesquisador no Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais/Mestrado (Unesc)

Endereço para correspondência :
Eliane Spricigo Maragno, Rua Major Acácio Moreira, 239 apto 503
CEP 88.801-160 Criciúma- SC, Telefone: (48)3433-7712
elianemaragno@yahoo.com.br

RESUMO

O projeto em estudo que teve como objetivo investigar o uso de serragem, como palhoso, em um sistema de minicompostagem desenvolvido no Núcleo de Pesquisa em Resíduos Sólidos – NRESOL/UNESC. Para tanto, utilizou-se de quatro minicomposteiras cilíndricas, tendo cada uma delas 400mm de diâmetro e 750 mm de comprimento, sendo as extremidades fechadas com tela fina. Dentro de cada uma das minicomposteiras foram misturados 35,5kg de resíduos orgânicos previamente triturados e 6kg de serragem. O acompanhamento do processo foi realizado em duas fases. Durante a primeira fase, referente a degradação ativa, foram acompanhados diariamente, a temperatura, grau de umidade e pH, onde avaliou-se também a necessidade de revolvimento. Foram ainda, realizadas três análises C/N, sendo uma no início do processo, outra após quinze dias e a última no final desta fase. Passados trinta e três dias do início do experimento, as temperaturas do composto igualaram-se a temperatura ambiente, caracterizando então o início da segunda fase, ou seja, a fase de maturação do composto. No final desta etapa, que teve duração de quarenta dias, foi feita uma análise C/N. Os resultados obtidos durante o processo de minicompostagem mostraram que o sistema atua de forma independente da temperatura ambiente e que a frequência de revolvimento foi diária na fase de degradação ativa. A fase termofílica teve duração de 6 dias e atingiu 65° C e a umidade, com comportamento bastante oscilatório, estabilizou próxima a 60%. O pH mostrou-se favorável, situando-se entre 8,0 e 8,5. A relação C/N inicial foi de 30/1 e atingiu a média de 12/1 após 73 dias do experimento, indicando um composto maturado, o qual apresentou-se com um excelente aspecto, tendo cor e odor característicos de terra de mata.

Palavras-chave – compostagem; resíduo orgânico; serragem; minicomposteira; composto.

ABSTRACT

This research had the objective to investigate the use of sawdust in a little compounder system developed in the Solid Wastes Research's Nucleus – NRESOL/UNESC. Instead of such a way, one used four cylindrical little compounder, having each one of them 400mm of diameter and 750 mm of length, being closed extremities with fine screen. Inside of each one little compounder 35,5 kg of organic wastes previously triturated and 6 kg of sawdust had been mixed up. The accompaniment of the composting was carried through in two phases. During the first phase, referring the active degradation had been followed daily the temperature, degree of humidity and pH where the redeveloped necessity was also evaluated. There are still three analyses C/N being one in the beginning of the process, another one after fifteen days and the last one in the end of this phase had been carried through. Passed thirty and three days of the beginning of the experiment the temperatures of the composition had equaled it ambient temperature, characterizing then the beginning of the second phase, or either, the phase of maturation's compost. In the end of this stage, that had duration of forty days, one was made analyzes C/N. The results gotten during little compounder process had shown that the system acts of independent form of the ambient temperature and that the redeveloped frequency was daily in the phase of active degradation. The thermophilic phase had duration of six days and reached 6 C and the humidity, with sufficiently oscillator behavior, stabilized next 60%. The pH reveled favorable, placing itself it enters 8,0 and 8,5. Initial relation C/N was of 30/1 and reached the 12/1 average with an excellent aspect, having characteristic color and odor of bush land.

Key Words: Composting; Organic waste; Sawdust; Little compounder; Compost.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem-se verificado um acentuado aumento da produção de resíduos sólidos, devido a um estilo de vida exageradamente consumista, fruto do avanço tecnológico e industrial, e que se afasta consideravelmente do modelo de desenvolvimento sustentável. Como consequência desse fenômeno, o tratamento e destino final dos resíduos tornaram-se de grande importância nas políticas sociais e ambientais em todos os centros urbanos.

Uma grande parcela das cidades brasileiras não possuem métodos de disposição adequados para os seus resíduos sólidos, depositando-os em lixões ou aterros sanitários, os quais são fonte de expressiva degradação ambiental.

A produção de resíduo orgânico no lixo domiciliar é de aproximadamente 50% (Philippi Junior, 1999) e o método mais utilizado para a sua reciclagem é a compostagem. Esta forma de reciclagem, além de permitir a obtenção de fertilizantes, reduz os impactos ambientais causados em decorrência da produção de chorume, resultante da degradação da matéria orgânica.

Segundo Kiehl (2002), a técnica de compostagem foi desenvolvida com a finalidade de se obter a estabilização da matéria orgânica de forma rápida em melhores condições de degradação.

A utilização somente do resíduo orgânico ou somente de resíduo palhoso dificilmente será capaz de fornecer um balanceamento de nutrientes propício para o desenvolvimento do processo de compostagem, sendo portanto, recomendada à utilização de ambos, misturados em uma proporção ideal. Os resíduos utilizados a fim de alcançar as características desejadas para o desenvolvimento do processo de compostagem, normalmente são denominados como materiais de enchimento ou fontes de carbono. Estes resíduos são adicionados com o intuito de ajustar a umidade, a relação carbono/nitrogênio ou a textura da massa em compostagem (Rynk, 1992 apud Nunes, 2003).

Bhamidimarri & Pandey (1996), apud Nunes (2003) classificam a serragem, um outro tipo de palhoso, como um resíduo ideal para ser utilizado como “agente de enchimento” na compostagem de dejetos de suínos, devido a sua característica de absorver umidade e fornecer porosidade adequada para a pilha em compostagem. Como pode ser observado em vários estudos, a capacidade de absorção de água é uma característica bastante importante na escolha de substratos no processo de compostagem.

A compostagem prevê duas etapas distintas: a primeira de biodegradação do resíduo orgânico e a segunda de maturação, cura ou humificação do composto. Vários são os fatores que influem neste método e muitos deles podem ser monitorados usando-se técnicas adequadas.

Segundo Pereira Neto (1996), a umidade, temperatura e oxigenação, fatores essenciais na primeira fase, podem ser controladas revolvendo-se periodicamente a leira em compostagem.

A compostagem deve ser feita em ambiente aeróbio, pois com abundância de ar a decomposição, além de ser mais rápida e melhor conduzida, não produz mau cheiro nem proliferação de moscas, o que constitui um fator estético para o local e recomendável para a saúde pública (Kiehl, 1985).

O revolvimento do composto, ao mesmo tempo em que introduz ar novo, rico em oxigênio, libera o ar contido na leira, saturado de gás carbônico gerado pela respiração dos microorganismos. Essa renovação é importante, pois o teor de gás carbônico existente no interior da leira pode chegar a concentrações cem vezes maiores que seu conteúdo normal no

ar atmosférico. Faltando oxigênio na leira, haverá formação e acúmulo de dióxido de carbono e metano, componentes característicos da fermentação anaeróbica (Kiehl, 2002).

Segundo Pereira Neto (1996), uma média de dois reviramentos semanais seriam suficientes para controlar a temperatura, um dos fatores mais indicativos da eficiência do processo. Durante o reviramento, o calor é liberado para o meio ambiente na forma de vapor de água, fazendo-se então a correção da umidade por meio da distribuição uniforme de água na massa em compostagem.

Kiehl (1985), ressalta que o metabolismo dos microrganismos é exotérmico. Na fermentação aeróbia, principalmente, desenvolve-se um natural e rápido aquecimento da massa com a multiplicação da população microbiana. Certos grupos de microrganismos têm uma faixa de temperatura ótima de desenvolvimento e uma variação acentuada desta temperatura, provoca uma redução da população e da atividade metabólica. As altas temperaturas são importantes pelo fato de eliminarem as sementes de ervas daninhas e de organismos patogênicos, os quais poucos resistem a temperaturas próximas de 50 a 60°C por certo período de tempo. O mesmo considera a temperatura mesófila ótima entre 25-40°C, podendo chegar ao máximo de 43°C. A termofílica situa-se como ótima na faixa de 50-55°C, tendo como máxima 85°C. Uma terceira faixa chamada criófila (crio=frio), inicia-se quando a temperatura da composteira atinge a temperatura ambiente, coincidindo com a fase de maturação do composto.

Como a compostagem é um processo biológico de decomposição da matéria orgânica. Assim sendo, a presença de água é imprescindível para as necessidades fisiológicas dos organismos, os quais não sobrevivem na sua ausência. Se a umidade do substrato a ser compostado estiver abaixo de 40%, a decomposição será aeróbia, porém lenta, predominando a ação dos fungos, pois as bactérias estarão pouco ativas. Se a umidade estiver acima de 60%, o material se mostrará molhado ou encharcado e, nesse caso, a água toma o espaço vazio do ar entre os grânulos e a decomposição será em parte anaeróbia, podendo produzir maus odores. Portanto, segundo Kiehl (2002), a umidade deveria estar entre 40 e 60%, sendo 55% considerada ótima.

Tanto o excesso, quanto à falta de umidade de um material em compostagem, podem ser corrigidos por meio de revolvimentos. No segundo caso, repõe-se a água e/ou chorume de maneira uniforme, aplicando-a na forma de chuveiro fino. A adição de chorume fornece inclusive microrganismos que vão beneficiar o processo de compostagem (Marriel et al, 1987 apud Nunes, 2003).

O pH é tido como um parâmetro que afeta os sistemas de compostagem. A reação da matéria orgânica vegetal ou animal, é geralmente ácida. Iniciando-se a decomposição, ocorre uma fase fitotóxica pela formação de ácidos orgânicos que tornam o meio mais ácido do que o da própria matéria prima original. Entretanto, esses ácidos orgânicos e os traços de ácidos minerais que se formam, reagem com bases liberadas da matéria orgânica, gerando compostos de reação alcalina.

Com a compostagem há formação de ácidos húmicos que também reagem com os elementos químicos básicos, formando humatos alcalinos. Como consequência, o pH do composto se eleva à medida que o processo se desenvolve, passando pelo pH 7 (neutro) e alcançando pH superior a 8 (básico), enquanto contiver nitrogênio amoniacal. Quando este nitrogênio passar para a forma de nitrato, o pH do composto sofre ligeira redução (Kiehl, 2002).

O equilíbrio da relação C/N é um fator de importância fundamental na compostagem, já que, o principal objetivo do processo é criar condições para fixar nutrientes, para que possam ser posteriormente utilizados como adubo.

Segundo Pereira Neto (1996), os microrganismos necessitam da presença de macro e micro nutrientes para o exercício de suas atividades metabólicas. Dentre os nutrientes

utilizados pelos microrganismos, dois são de extrema importância, quais sejam: o carbono e o nitrogênio, cuja concentração e disponibilidade biológica de ambos afetam o desenvolvimento do processo.

O carbono é fonte básica de energia para as atividades vitais dos microrganismos e, na falta do nitrogênio não ocorre a reprodução celular dos mesmos. Em geral, os resíduos palhosos, como os vegetais secos, são fontes de carbono. Os legumes frescos e os resíduos fecais se caracterizam por serem fontes de nitrogênio. O excesso de carbono leva a um aumento do período de compostagem, neste caso, o nitrogênio necessário é obtido das células mortas dos microrganismos.

Kiehl (2002) e Pereira Neto (1986) explicam que a relação C/N inicial mais favorável para a compostagem é de 30/1. Os mesmos descrevem que a relação C/N é um parâmetro confiável para o acompanhamento da compostagem até se chegar ao produto acabado, humificado, no qual a relação deve estar em torno de 10/1.

Durante a compostagem, o conteúdo de matéria orgânica sofre uma diminuição, o que leva a uma redução do carbono orgânico. O nitrogênio total, ou seja, o nitrogênio orgânico, nítrico e amoniacal aumenta em virtude da mineralização. Conseqüentemente, ocorre diminuição da relação C/N (Kiehl, 1985).

Kiehl (2002) cita que os microrganismos bactérias, fungos e actinomicetos são os principais responsáveis pela transformação da matéria orgânica crua em húmus. Participam também da degradação da matéria orgânica, outros organismos como algas, protozoários, nematóides, vermes, insetos e suas larvas, além de agentes bioquímicos tais como enzimas, hormônios e vírus. A natureza da comunidade microbiana, o número, as espécies e a intensidade da atividade da decomposição dependem das condições favoráveis reinantes.

Pereira Neto (1996) relata que durante a fase de maturação, há a continuidade da degradação, a redução dos microrganismos patogênicos remanescentes e primordialmente a humificação dos intermediários mais estáveis. Os fungos e, principalmente os actinomicetos tornam-se o grupo dominante, dando continuidade à degradação de substâncias mais resistentes, como a celulose e a lignina. Nessa fase, ocorrerão complexas reações enzimáticas, levando à produção de húmus por meio, principalmente, da condensação entre ligninas e proteínas.

Apesar da compostagem ser uma prática bastante antiga no meio rural, o maior desafio é realizá-la em ambientes menores, através de minicomposteiras. Uma grande parcela da população urbana desconhece a prática, principalmente pela falta de um sistema apropriado, de fácil manejo e que possa ser utilizado em pequenos espaços.

Piazza (2004) pesquisou vários tipos de sistemas de compostagem aeróbia existentes para pequena escala. Observou que os sistemas são eficientes, mas que a necessidade de revolvimento constante e de manutenção dos parâmetros físicos e químicos do processo, dificulta a expansão desse método em pequenos geradores.

O resíduo orgânico possui alto teor de umidade e uma das alternativas para resolver este problema é misturar palhoso (restos de vegetais secos). Porém, nas cidades de médio e grande porte, a maioria das residências não produz este material em quantidade suficiente. Uma forma de resolver este problema parece ser com o uso da serragem, a qual poderia absorver umidade da massa de resíduos orgânicos e ainda evitar a compactação destes durante o processo. Além disso, a serragem é encontrada em abundância nas madeireiras, muitas vezes sem custo ou com baixo custo, o que facilita o uso deste tipo de resíduo. O uso de serragem em minicomposteiras também representa uma nova opção de destino adequado para tais resíduos.

Portanto, o uso de serragem no sistema de minicompostagem estudado é importante para que se consiga um maior aprimoramento do sistema utilizando um resíduo de

baixo custo e facilmente obtido nos centros urbanos, de modo a contribuir para uma maior disseminação do processo e para a sustentabilidade da vida no planeta.

METODOLOGIA

Foi desenvolvido no Núcleo de Pesquisa em Resíduos Sólidos (NRESOL), da Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, um sistema de minicompostagem cilíndrica em PVC, onde foi estudado neste projeto de pesquisa, o uso da serragem como material palhoso.

AS MINICOMPOSTEIRAS

As minicomposteiras utilizadas apresentavam 400mm de diâmetro e 750mm de comprimento e as suas extremidades foram fechadas com tela fina para evitar alguma perda de resíduos e a presença de vetores. Com o intuito de aumentar a temperatura dentro das minicomposteiras, os cilindros foram envolvidos exteriormente com manta de isolamento térmico. As minicomposteiras foram denominadas de I, II, III e IV.

SERRAGEM UTILIZADA NO EXPERIMENTO

Foram adquiridos em torno de 25 kg de serragem não tratada em uma madeireira nas proximidades da Universidade.

Utilizou-se o método de Umidade a 65°C, descrito pelo LANARV (1988), para obter o teor de umidade da serragem que deveria estar entre 12-18%. Esta umidade é a ideal para a fabricação de móveis e portanto, é a umidade da serragem gerada em fábrica de móveis, onde é possível encontrá-la em abundância.

COLETA DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS

Para se obter a quantidade suficiente de resíduos orgânicos para as 4 minicomposteiras, ou seja, aproximadamente 150 kg, houve a necessidade de uma coleta em residências do Bairro Universitário e em restaurantes da cidade de Criciúma.

DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE - RESÍDUO ORGÂNICO/SERRAGEM

Antes de iniciar este experimento foram feitos testes preliminares para se obter a relação mais apropriada de resíduo orgânico/serragem, de modo a gerar menos chorume e assim regular o grau de umidade da massa em decomposição.

O teste foi realizado no NRESOL utilizando 47kg de matéria orgânica triturada e 6kg de serragem. Como a quantidade de chorume gerada foi elevada, acrescentou-se mais 2kg de serragem. Baseando-se neste experimento chegou-se a relação ideal de resíduo orgânico/serragem de 6:1.

PREPARO DOS RESÍDUOS PARA A MINICOMPOSTAGEM

Após a coleta, os resíduos orgânicos foram homogeneizados e triturados em triturador marca Trapp. Assim, o percentual de mistura foi aproximadamente 6 partes de

resíduo orgânico e 1 parte de serragem. Este conhecimento possibilitou colocar dentro de cada uma das 4 minicomposteiras 35,5kg de resíduo orgânico triturado e 6kg de serragem.

FASE DA DEGRADAÇÃO ATIVA NA COMPOSTAGEM DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS

Durante esta etapa, as minicomposteiras foram monitoradas e avaliadas, sendo anotados diariamente todas as características do composto, a necessidade de revolvimento, além das análises de temperatura, grau de umidade, pH e a relação C/N. Estes parâmetros analisados são descritos detalhadamente abaixo.

a)REVOLVIMENTO

Como a quantidade de composto é pequena em relação aquelas descritas por Kiehl (2002) e Pereira Neto (1996), optou-se por revolvimentos manuais diários na fase de degradação ativa.. Durante esta etapa caracterizava-se o composto e umidificava-o se este apresentasse aspecto de “seco” e sem brilho. Esta umidificação era feita de forma bastante homogênea, com água e/ou chorume, utilizando para isto um regador.

b)TEMPERATURA

O aparelho usado, pertencente ao Núcleo de Pesquisa de Resíduos Sólidos, foi um termômetro de mercúrio, com graduação de 1 a 100°C e comprimento de 1,5m.

Para a medição, introduzia-se o termômetro em vários pontos dentro de cada composteira, sendo considerada sempre a temperatura mais alta de cada uma delas. Esta técnica foi repetida diariamente, ao longo da fase de degradação, nos períodos matutino e vespertino, quando se verificava também a temperatura ambiente.

Quando a temperatura dentro das composteiras igualou-se a temperatura ambiente, iniciou-se a fase de maturação do composto.

c)pH

O equipamento utilizado foi um pHmêtro, marca Labmeter model pH 2, de propriedade do NRESOL.

As análises eram realizadas diariamente, nas 4 composteiras e o método utilizado consistiu em coletar uma amostra do composto e triturá-la. Então pesou-se 10g da amostra triturada onde foi misturada com 50mL de água deionizada, em seguida, a mistura foi agitada por 5 minutos. Após este período ela ficou descansando por mais 30 minutos, sendo agitada novamente por 5 minutos, quando se procedeu à leitura no pHmêtro.

d)UMIDADE

Foram feitos testes diários em todas as minicomposteiras, utilizando o método Umidade a 65°C, descrito por LANARV (1988). Este método consiste em pesar uma amostra do composto (p), colocá-la em estufa a 65°C até a estabilização do peso (p1) e calcular o teor de umidade através da fórmula:

$$U_{65^{\circ}\text{C}} = \frac{100(p-p_1)}{p}$$

e) CÁLCULO DA RELAÇÃO CARBONO/NITROGÊNIO

Durante a fase de degradação foram feitas 3 análises para calcular o teor de matéria orgânica e o de nitrogênio total. As amostras foram analisadas pela Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina – CIDASC. O teor de matéria orgânica possibilita calcular a porcentagem de carbono, e conseqüentemente a relação carbono/nitrogênio, conforme descrito em LANARV (1988):

$$\%C = \frac{\text{teor de matéria orgânica}}{1,8}$$

$$\text{relação C/N} = \frac{\%C}{\%N}$$

A primeira análise foi realizada no início da compostagem, onde foram coletadas amostras da serragem pura, de resíduo orgânico triturado puro e de resíduo orgânico misturado com a serragem na relação 6:1.

Após 15 dias do início da compostagem, foram feitas duas análises de cada composteira, sendo uma amostra peneirada, a fim de separar a serragem, e a outra amostra não peneirada.

Ao término da fase de degradação, ou seja, após 33 dias do início do experimento, foi feita a última análise desta fase, quando se coletou uma amostra peneirada de cada composteira.

FASE DE MATUREZAÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS

Durante esta etapa do processo, o composto permaneceu acondicionado em caixas de papelão. Estas caixas eram levadas esporadicamente ao sol, para evitar umidade excessiva.

As análises de pH e umidade feitas nesta fase não obedeceram a critérios de regularidade pré-estabelecidos.

No final do processo, ou seja, após 40 dias do início da fase de maturação, foi feita uma nova análise da relação C/N.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no processo de minicompostagem, utilizando como material palhoso a serragem, referem-se ao acompanhamento dos parâmetros temperatura, pH, umidade e relação C/N. Também, durante o processo de compostagem, foram feitas observações visuais, como: presença de larvas, odores, brilho e textura do composto. O comportamento das quatro minicomposteiras foi muito semelhante e os parâmetros analisados são descritos a seguir de uma forma geral para todas elas.

TEMPERATURA

Analisando os resultados das quatro minicomposteiras, percebe-se que a temperatura ambiente à medida que oscilava não exercia forte influência sobre o

desenvolvimento do processo de compostagem nas minicomposteiras em estudo. Isto significa que o sistema atua de forma independente da temperatura ambiente (Figura 1). Observa-se também que as temperaturas vespertinas, desenvolvidas nas quatro minicomposteiras, foram muito semelhantes desde o início até o final do processo.

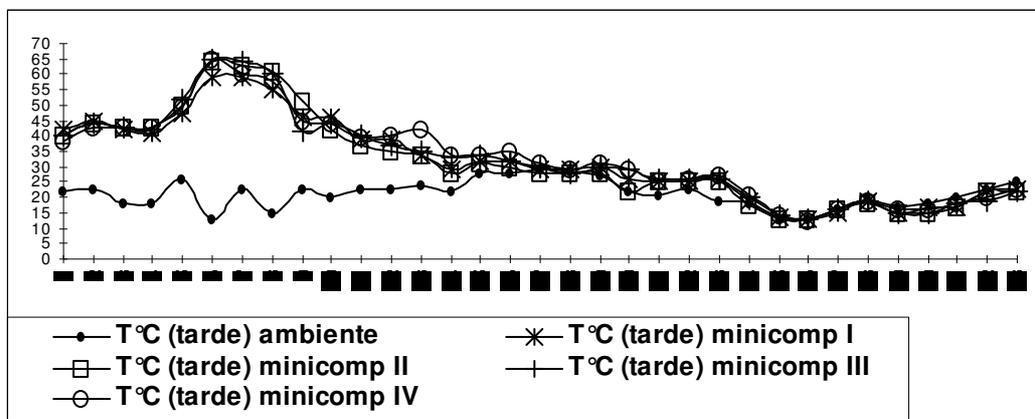


Figura 1 - Temperatura desenvolvida no período vespertino durante o processo de compostagem nas quatro minicomposteiras utilizadas no experimento.

As minicomposteiras iniciaram a fase termofílica por volta do quarto dia e permaneceram até o décimo dia, contabilizando seis dias nesta fase. Segundo Pereira Neto (1996) é necessário que o composto atinja estas temperaturas, pois assim ocorre a eliminação dos microrganismos patogênicos.

Para este tipo de experimento, com pouca quantidade de resíduos, estabeleceu-se uma frequência de revolvimento baseada especialmente no comportamento das temperaturas que eram desenvolvidas. Assim, o revolvimento foi praticamente diário, na fase de degradação ativa, observando-se que o não revolvimento implicava na redução da temperatura.

pH

A Figura 2 mostra o gráfico do comportamento do pH nas quatro minicomposteiras durante todo o experimento. De maneira geral o pH que iniciou em 4,5, tornou-se alcalino, beirando pH 9,0 no décimo dia, permanecendo neste patamar por seis a sete dias, quando então baixou um pouco, estabilizando entre 8,0 e 8,5.

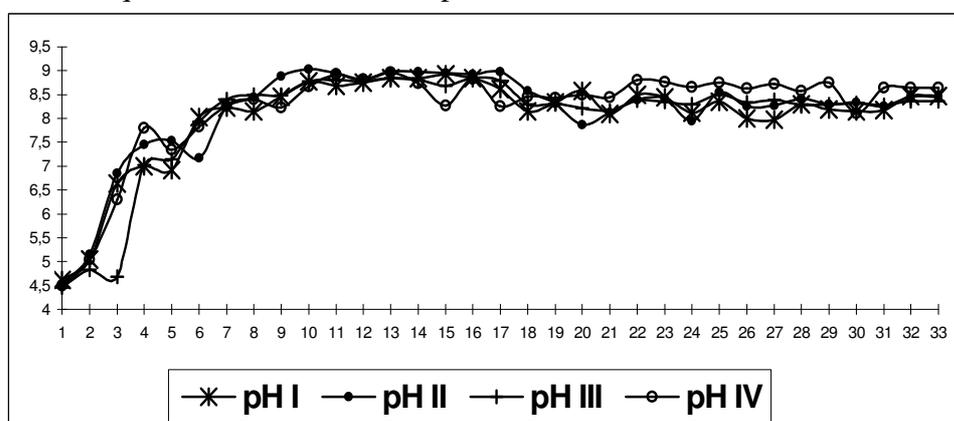


Figura 2 - Comportamento do pH nas quatro minicomposteiras durante o experimento

Pode-se dizer que o pH do experimento em questão comportou-se conforme o relatado por Kiehl (2002). O autor explica que numa compostagem de grande escala o pH inicia ácido, tornando-se alcalino quando atinge índices próximos a 9,0. Permanece neste nível enquanto houver nitrogênio amoniacal, baixando um pouco, em seguida, quando este passar para a forma de nitrato.

UMIDADE

A Figura 3 mostra o resultado das análises diárias feitas nas quatro minicomposteiras durante todo o período do experimento.

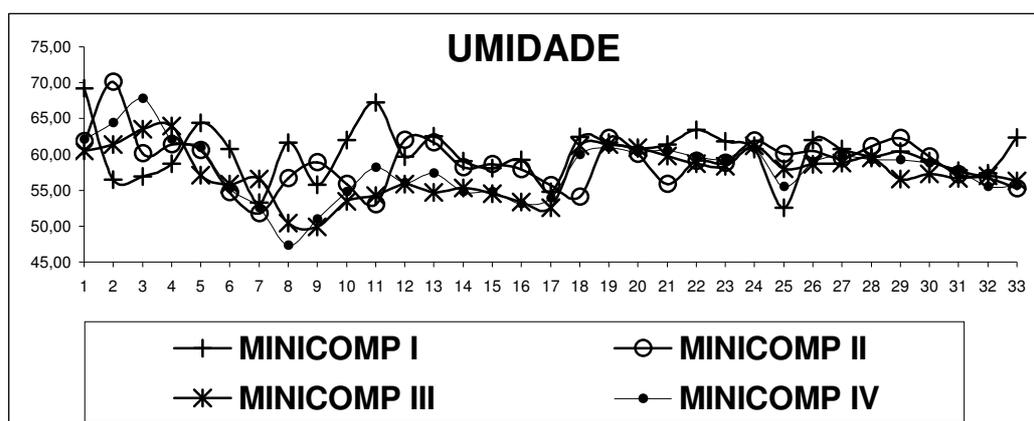


Figura 3 - Gráfico do comportamento da umidade nas quatro minicomposteiras utilizadas no experimento.

Observa-se em todas as minicomposteiras muitas oscilações no comportamento da umidade. Estas oscilações podem ser atribuídas a vários fatores, entre eles pode-se citar a temperatura desenvolvida e os erros de amostragem.

A partir do quinto, até por volta do oitavo dia, a umidade teve uma queda acentuada. Este período coincide com o da fase termofílica, quando as temperaturas ultrapassaram 45°C. Durante este período houve intensa liberação de vapor de água, ressaltando porém, que neste mesmo período as minicomposteiras estavam sendo regadas com chorume e/ou água. As minicomposteiras foram regadas, quase que diariamente até o décimo oitavo dia do experimento. De uma maneira geral, entre o décimo sétimo e décimo oitavo dia, a umidade estabilizou em níveis próximos a 60%, um nível bastante satisfatório, pois segundo Kiehl (2002) e Pereira Neto (1996) a umidade ideal é em torno de 55%.

A serragem utilizada como palhoso na minicomposteira I apresentou aspecto diferente daquela usada nas demais minicomposteiras, sendo mais fibrosa, o que pode ter sido o principal motivo atribuído para a umidade ter comportamento diferente das demais minicomposteiras.

RELAÇÃO CARBONO/NITROGÊNIO

Durante os setenta e três dias do experimento, foram feitas, devido ao elevado custo, apenas quatro análises da relação C/N. Conforme descrito no item 2.6, obtinha-se como resultado o teor de matéria orgânica e o de nitrogênio total, quando então se efetuava o cálculo da porcentagem de carbono e finalmente o da relação C/N.

A tabela 1 permite visualizar a evolução da relação C/N nas quatro análises feitas durante o processo de compostagem. Cabe salientar que os resultados das segunda, terceira e quarta análises referem-se as amostras peneiradas. O resultado descrito para o início do experimento (1ª análise), é o mesmo para todas as minicomposteiras, pois todas elas utilizaram o mesmo tipo de resíduo.

Tabela 1- Comparativo da evolução da relação C/N, durante todo o experimento, nas quatro minicomposteiras.

AMOSTRA	1ª ANÁLISE	2ª ANÁLISE	3ªANÁLISE	4ªANÁLISE
MINICOMPOSTEIRA I	30 / 1	32,8 / 1	22,9 / 1	12,5 / 1
MINICOMPOSTEIRA II	30 / 1	26,6 / 1	25,7 / 1	11,8 / 1
MINICOMPOSTEIRA III	30 / 1	24,5 / 1	24,8 / 1	13,2 / 1
MINICOMPOSTEIRA IV	30 / 1	26,1 / 1	23,3 / 1	10,3 / 1

O resultado da primeira análise de resíduo orgânico com serragem, descrito na Tabela 1, indica que a relação C/N obtida foi bastante satisfatória, pois, segundo Kiehl (2002) e Pereira Neto (1996) é a relação ideal para uma rápida e eficiente compostagem.

Observa-se que durante todo o processo a relação C/N das quatro minicomposteiras diminuiu gradativamente até chegar ao estágio de maturação do composto, quando então esta relação ficou, após os setenta e três dias, em média de 12/1, estando dentro da faixa ideal, que é de 8 a 12/1. Este resultado indica um composto maturado, pronto para ser utilizado como fertilizante.

CARACTERÍSTICAS DO COMPOSTO PRODUZIDO

O aspecto visual do composto maturado foi excelente, apresentando cor e odor característicos de terra de mata.

Os compostos das minicomposteiras II, III e IV assemelharam-se muito quanto a textura. Porém, como a serragem utilizada na minicomposteira I foi do tipo mais fibrosa, a textura deste composto é um pouco diferente. Cabe salientar que após terem sido peneirados, para retirar o excesso de serragem, os compostos, sem exceção, apresentaram-se muito semelhantes.

No início do experimento foram colocados em cada minicomposteira 35,5 kg de resíduo orgânico triturado e 6kg de serragem, totalizando 41,5 kg de composto cru, em cada minicomposteira. Após setenta e três dias o composto maturado de cada uma das minicomposteiras foi pesado, resultando na minicomposteira I, 7,68kg; na minicomposteira II, 7,92kg; na minicomposteira III, 7,14kg e na minicomposteira IV, 6,98kg. Com este resultado pode-se afirmar que entre o composto cru e o composto maturado, houve redução de, em média, 34kg, ou seja, uma redução de 82% na massa residual.

OBSERVAÇÕES VISUAIS NO PROCESSO DE MINICOMPOSTAGEM

Neste item serão discutidos os aspectos visuais dos compostos contidos nas quatro minicomposteiras. Como estes aspectos mostraram-se, de uma maneira geral, muito semelhantes em todas elas, não serão individualizados.

Houve pouco odor exalado pela massa dos resíduos em compostagem. No décimo terceiro dia do início do experimento, o resíduo começou a apresentar um leve cheiro de amônia, o qual permaneceu até por volta do trigésimo dia. A partir daí e até o final do experimento, o composto apresentou um cheiro muito bom de terra de mata.

A presença de fungos de cor esbranquiçada foi observada logo na primeira semana do experimento, permanecendo até por volta do vigésimo dia, quando então começaram a surgir ácaros, os quais permaneceram até o início da fase de maturação. O desaparecimento dos ácaros coincidiu com o período em que as minicomposteiras não estavam mais sendo regadas e sim expostas ao sol.

Durante a fase de maturação pôde-se observar novamente fungos esbranquiçados. Segundo Pereira Neto (1996), nesta fase os fungos e actinomicetos tornam-se o grupo dominante. O autor cita ainda que as colônias de actinomicetos são visíveis a olho nu através de sua cor esbranquiçada.

CONCLUSÕES

A serragem utilizada no sistema de minicompostagem do NRESOL mostrou que é possível produzir um composto com excelente grau de maturação utilizando apenas 35,5kg de resíduo orgânico e 6kg de serragem.

A fase 1, denominada de fase de degradação ativa, durou trinta e três dias. Na segunda fase ou fase de maturação, o composto permaneceu por mais quarenta dias, totalizando setenta e três dias de processo de compostagem.

Foi possível, neste tipo de sistema, obter temperaturas de até 65°C, e uma permanência na faixa termofílica de seis dias, período este importante para a eliminação de patogênicos.

O pH, inicialmente ácido, rapidamente tornou-se alcalino, estabilizando após dezessete dias, entre 8,0 e 8,5.

A umidade, apesar do comportamento bastante oscilatório, estabilizou próxima a 60%, indicando um nível satisfatório, pois segundo a literatura, a umidade ideal é em torno de 55%.

A relação C/N inicial foi de 30/1, o que, segundo a literatura, é extremamente favorável para uma rápida e eficiente compostagem. A relação C/N final do composto obtida foi em média 12/1, indicando desta forma que o composto estava maturado e já podia ser utilizado como fertilizante.

Para este tipo de experimento, com pouca quantidade de resíduo, estabeleceu-se uma frequência de revolvimentos baseada especialmente no comportamento das temperaturas que eram desenvolvidas. Assim, o revolvimento foi praticamente diário, na fase de degradação ativa, observando-se que o não revolvimento implicava na redução da temperatura.

O composto maturado apresentou, em relação ao composto cru, uma redução de 82%, resultando em média, em cada composteira 7,5kg.

O aspecto do composto maturado foi excelente, com cor e odor característicos de terra de mata.

REFERÊNCIAS

KIEHL, José Edmar. *Fertilizantes Orgânicos*. 1 ed. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres Ltda, 1985. 492p.

_____. *Manual de compostagem: Maturação e Qualidade do composto*. 3 ed. Piracicaba: edição do autor, 2002.171p.

LANARV, Laboratório Nacional de Referência Vegetal. *Análise de Corretivos, fertilizantes e Inoculantes*. Métodos Oficiais. 1988. 103p.

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

PEREIRA NETO, João Tinoco. *Manual de compostagem processo de baixo custo*. Belo Horizonte: UNICEF. 1996. 56p.

PHILIPPI JUNIOR, A. Agenda 21 e resíduos sólidos. In: RESID'99 – SEMINÁRIO SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS,1999,São Paulo. Anais.... São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1999. P. 15-26.

PIAZZA, Eliani Terezinha. *Estudo e desenvolvimento de um sistema acelerado de compostagem e de fácil operação para pequenos espaços*. 2004. 59f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais)- Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, Criciúma,2004.