

CAROLINA YURI IGUCHI

**CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A APLICAÇÃO
DE ESTERCO NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM
DOS RESÍDUOS DE PODA E CAPINA .**

“Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de Formatura do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP, Campus de Rio Claro, como parte das exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho de Formatura no ano letivo de 2008.”

Orientador: Prof. Dr. Marcus Cesar Avezum Alves de Castro

Rio Claro – SP

2008

CAROLINA YURI IGUCHI

**CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A APLICAÇÃO
DE ESTERCO NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM
DOS RESÍDUOS DE PODA E CAPINA .**

“Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de Formatura do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP, Campus de Rio Claro, como parte das exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho de Formatura no ano letivo de 2008.”

Orientador: Prof. Dr. Marcus Cesar Avezum Alves de Castro

Rio Claro – SP

2008

604.6 Iguchi, Carolina Yuri
I24c Considerações gerais sobre a aplicação de esterco no
processo de compostagem dos resíduos de poda e capina/
Carolina Yuri Iguchi. - Rio Claro: [s.n.], 2008
50 f.: il., figs., gráfs., tabs., fots.

Trabalho de conclusão (Engenharia Ambiental) –
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e
Ciências Exatas

Orientador: Marcus Cesar Avezum Alves de Castro

1. Resíduos. 2. Compostagem. 3. Resíduos sólidos. 4.
Fertilizante orgânico. I. Título.

AGRADECIMENTOS

Ao meu querido pai, meu maior orientador, pelo grande caráter, pelos conselhos, pelo incentivo ao estudo, pelo amor e carinho e por me ensinar a ser quem sou.

À minha amada mãe, pela proteção materna, pelo grande amor e carinho, pelo espírito bondoso e gentil, por ser uma mulher forte e batalhadora.

À minha irmã Ti, pelo companheirismo, pelo carinho e pelos poucos meses que passamos juntas em Rio Claro.

À minha irmã Akemi, por ser uma segunda mãe, sempre preocupada, carinhosa e disposta a estender a mão.

Ao meu irmão Toiti, por sempre ser muito prestativo e gentil. Saudades.

À minha sobrinha linda Laila, pelas gargalhadas, brincadeiras e loucuras, pelo companheirismo, pela cumplicidade e principalmente pela alegria que trouxe à nossa família.

Ao Marcelo, por me ensinar a amar, por ser sempre uma pessoa maravilhosa, pelo carinho e pelas intermináveis gentilezas. Obrigada por trazer muito mais felicidade à minha vida.

Ao meu orientador Prof^o Marcus por ter me aceitado como sua orientanda, mesmo com inúmeras obrigações a cumprir. Obrigada.

Aos professores Samuel e Rodrigo, pelo grande apoio e pelas recomendações propostas para o trabalho. Obrigada por aceitarem o convite de fazer parte da banca.

À Thaís Gaspalinda, grande amiga. Companheira de todas as horas, de viagem, de compras, de torcer pelo São Paulo, de trabalho da faculdade, de nota baixa e reprovação de carta de motorista. Obrigada pelos bons momentos, pelo apoio, pelas risadas, pelas conversas, pelos desabafos e, sobretudo pela amizade.

À Naty, pela amizade sincera, pela bondade, por sempre estar disposta a ouvir e a estender as mãos. Obrigada por me ajudar a superar alguns momentos difíceis.

À Makota, pelos momentos mais divertidos, pelas loucuras, pelas conversas intermináveis e principalmente pela grande amizade.

À Jaque, pela grande amizade, pela sinceridade, por ser uma pessoa maravilhosa e por me deixar ser sua personal designer oficial de sobancelhas.

À Carolzinha, pelas novelas japonesas, por ter sido minha vizinha, pela convivência e pela amizade.

À Maika, pelo companheirismo e acima de tudo pela amizade verdadeira.

RESUMO

Inclui-se na categoria dos resíduos sólidos urbanos, os resíduos de poda e capina que são considerados matéria-prima nobre desprovida de contaminantes, podendo ser reaproveitados por meio do processo de compostagem. Dentro deste contexto, estudou-se a influência da utilização do inoculo esterco de cavalo no processo de compostagem dos resíduos de poda e capina (grama, capim e folha). Foram montadas quatro leiras de compostagem, sendo duas compostas por apenas resíduos de poda e capina e, as outras duas por resíduos de poda e capina e inoculo. O canteiro de compostagem foi operado por 45 dias com medição diária da temperatura da leira. Ao contrário das leiras com inoculo, as leiras sem inoculo não sofreram completa maturação ao final do experimento. Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que para a compostagem dos resíduos de poda e capina é fundamental o uso de inoculo para aceleração do processo, pois as leiras sem inoculo não atingiram temperaturas que caracterizassem o desenvolvimento do processo de compostagem.

ABSTRACT

In the category of the solid waste, are included the yard solid waste, this kind of solid waste are noble raw material and uncontaminated being recycled through the composting processing. Inside this context, it was studied the influence of horse manure in yard solid waste composting process, analyze the viability to compost the yard solid waste in UNESP Bela Vista. It was made four piles of composting, two of them are composed only by yard solid waste and the others are composed by horse manure and yard solid waste. The experiments were operated during 45 days. The evaluation of the process was made through temperature measurements of the piles daily during the test period. On the contrary of the piles with horse manure, the piles with no horse manure didn't undergo complete maturation in the end of the experiment. Through the results obtained concluded that it was important to use manure horse in yard solid waste composting process to accelerate this process, because the piles without horse manure didn't reach temperatures that characterize the composting process.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1: ESQUEMA DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM..... | 16 |
| FIGURA 2: ESTÁGIOS DA TEMPERATURA NA LEIRA DE COMPOSTAGEM..... | 20 |
| FIGURA 3: MODELO DE USINA STOLLMEIER COM TRITURAÇÃO DE RESÍDUOS | 23 |
| FIGURA 4: MODELO DE USINA DANO..... | 24 |
| FIGURA 5: LEIRAS DE COMPOSTAGEM..... | 30 |
| FIGURA 6: DIMENSÃO DAS PILHAS DE COMPOSTAGEM..... | 31 |
| FIGURA 7: VISTA AÉREA DO CAMPUS..... | 35 |
| FIGURA 8: TRONCOS E GALHOS..... | 37 |
| FIGURA 9: RESÍDUOS DE GRAMA: FOTOS 1 E 2 (IGCE), FOTOS 3 E 4 (IB..... | 37 |
| FIGURA 10: EVOLUÇÃO DA TEMPERATURA DA LEIRA 1 EM FUNÇÃO DO TEMPO | 39 |
| FIGURA 11: EVOLUÇÃO DA TEMPERATURA DA LEIRA 2 EM FUNÇÃO DO TEMPO | 39 |
| FIGURA 12: EVOLUÇÃO DA TEMPERATURA DA LEIRA 3 EM FUNÇÃO DO TEMPO | 40 |
| FIGURA 13: EVOLUÇÃO DA TEMPERATURA DA LEIRA 4 EM FUNÇÃO DO TEMPO | 40 |
| FIGURA 14: LEIRA 1: MATÉRIA-PRIMA NO INÍCIO DA COMPOSTAGEM (I) E COMPOSTO FINAL (II)..... | 41 |
| FIGURA 15: LEIRA 2: MATÉRIA-PRIMA NO INÍCIO DA COMPOSTAGEM (I) E COMPOSTO FINAL (II)..... | 41 |
| FIGURA 16: LEIRA 3: MATÉRIA-PRIMA NO INÍCIO DA COMPOSTAGEM (I) E COMPOSTO FINAL (II)..... | 41 |
| FIGURA 17: LEIRA 4: MATÉRIA-PRIMA NO INÍCIO DA COMPOSTAGEM (I) E COMPOSTO FINAL (II)..... | 42 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----------|
| TABELA 1: DIFERENÇAS ENTRE COMPOSTO MADURO E COMPOSTO CRU..... | 25 |
| TABELA 2: ESPECIFICAÇÕES DOS FERTILIZANTES ORGÂNICOS MISTOS E COMPOSTOS | 28 |
| TABELA 3: MATERIAL UTILIZADO PARA COMPOSIÇÃO | 31 |
| TABELA 4: CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DE UM BALDE DE 20 LITROS | 31 |
| TABELA 5: RESULTADOS DAS ANÁLISES LABORATORIAIS DOS FERTILIZANTES ORGÂNICOS COMPOSTOS OBTIDOS NAS LEIRAS 3 E 4. | 42 |

LISTA DE ABREVIACÕES

UNESP – Universidade Estadual Paulista

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira Registrada

IGCE – Instituto de Geociências e Ciências Exatas

IB – Instituto de Biociências

DEMAC – Departamento de Estatística, Matemática Aplicada e Computação.

CEAPLA – Centro de Análise e Planejamento Ambiental

RPC – Resíduos de Poda e Capina

C/N – Relação Carbono/ Nitrogênio

CTC – Capacidade de Troca Catiônica

NPK – Nitrogênio Fósforo Potássio

PH – Potencial Hidrogeniônico

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA..... | 10 |
| 2. OBJETIVO | 11 |
| 2.1. Objetivo Geral | 11 |
| 2.2. Objetivos Específicos..... | 11 |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 11 |
| 3.1 Resíduos Sólidos..... | 11 |
| 3.1.1. Definição | 11 |
| 3.1.2. Classificação | 12 |
| 3.1.2.1. Quanto aos Potenciais Riscos ao Meio Ambiente e à Saúde Pública | 12 |
| 3.1.2.2. Quanto à Origem..... | 13 |
| 3.1.2.3. Quanto ao Grau de Biodegradabilidade..... | 14 |
| 3.1.3. Resíduos de Poda e Capina (RPC) | 15 |
| 3.2. O Processo de Compostagem..... | 15 |
| 3.2.1. Definição | 15 |
| 3.2.2. Histórico | 16 |
| 3.2.3. Matéria - Prima..... | 17 |
| 3.2.4. Microrganismos Envolvidos no Processo | 18 |
| 3.2.5. Fatores Controladores do Processo..... | 18 |
| 3.2.5.1. Granulometria..... | 18 |
| 3.2.5.2. Teor de Umidade..... | 19 |
| 3.2.5.3. Temperatura..... | 19 |
| 3.2.5.4. Aeração | 20 |
| 3.2.5.5. Potencial Hidrogeniônico (pH)..... | 21 |
| 3.2.5.6. Relação C/N..... | 21 |
| 3.2.6. Classificação dos Processos de Compostagem..... | 22 |
| 3.2.7. Sistemas de Compostagem | 22 |
| 3.2.8. Substâncias Geradas Durante a Compostagem | 24 |
| 3.2.9. Composto Orgânico..... | 24 |
| 3.2.9.1. Principais Vantagens de se Utilizar o Composto Orgânico..... | 25 |
| 3.2.9.2. Legislação Brasileira Referente ao Composto Orgânico..... | 26 |
| 4. METODOLOGIA E ETAPAS DE TRABALHO..... | 29 |
| 4.1. Revisão Bibliográfica..... | 29 |
| 4.2. Diagnóstico da Geração dos Resíduos de Poda e Capina no Campus Bela Vista da UNESP Bela Vista de Rio Claro..... | 29 |
| 4.3. Planejamento da Parte Experimental..... | 30 |
| 4.3.1. Seleção da Matéria-Prima e Montagem dos Experimentos..... | 30 |
| 4.3.2. Sistemática de Operação das Leiras | 32 |
| 4.3.3. Parâmetros Analisados no Fertilizante Orgânico Composto..... | 34 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 34 |
| 5.1. Diagnóstico Geral dos Procedimentos e do Manejo Atual dos Resíduos de Poda e Capina no Campus | 34 |
| 5.1.1. Caracterização da Área de Estudo | 34 |
| 5.1.2. Planejamento do Serviço de Poda e Capina | 35 |
| 5.1.3. Destinação Final dos Resíduos de Poda e Capina | 36 |
| 5.2. Resultados Obtidos nas Leiras de Compostagem..... | 38 |
| 6. CONCLUSÕES..... | 43 |
| 7. RECOMENDAÇÕES..... | 43 |
| 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 44 |
| 9. ANEXO..... | 49 |

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Atualmente, as questões ambientais causam grande preocupação e interesse ao homem, pois a cada dia enfrenta-se problemas relacionados à poluição, geração excessiva de resíduos, aquecimento global, desmatamento, entre outros.

Com o decorrer do tempo a população aumentou, o homem criou a agricultura, uma vez que as antigas atividades tornaram-se insuficientes. Para facilitar o preparo do solo para o cultivo, o homem passou a utilizar o fogo, gerando desequilíbrio no ambiente natural.

Com a Revolução Industrial, este desequilíbrio ganhou proporções ainda maiores, pois bens de consumo foram produzidos em grandes escalas. Conseqüentemente, uma maior quantidade de resíduos passou a ser descartado indevidamente no solo, na atmosfera e nos recursos hídricos.

Atualmente, a coleta, o tratamento e a disposição final dos resíduos sólidos são considerados grandes problemas relacionados à degradação ambiental. Esta situação tende a se agravar ainda mais devido ao acelerado crescimento demográfico, ao desenvolvimento industrial, a urbanização e ao aumento da produção per capita de resíduos sólidos.

Assim, é cada vez mais essencial, a necessidade de reduzir, reciclar, ou reaproveitar os resíduos gerados pelo homem, com o objetivo de recuperar matéria e energia, no intuito de preservar os recursos naturais e evitar a degradação do meio ambiente.

Os resíduos de poda e capina são produzidos em grande quantidade, os galhos e troncos das árvores por ser volumosos, normalmente são dispostos indevidamente em terrenos baldios. A compostagem é uma alternativa viável para reaproveitar os resíduos e de muitas formas, contribui positivamente com o meio ambiente, reciclando os resíduos orgânicos e devolvendo-os ao solo aumentando sua fertilidade.

A Universidade Estadual Paulista, campus de Rio Claro (Bela Vista) possui uma extensa área verde de aproximadamente 300.000 m², composta por grama Batatais, capim *Brachiaria* e vegetação arbórea, produzindo grande volume de resíduos de poda e capina. No campus, as aparas de grama, capim, troncos e galhos não recebem nenhum tipo de tratamento para reaproveitamento, são dispostos em diversos locais do campus.

Dentro deste contexto, o trabalho visa estudar a compostagem como forma de reciclagem dos resíduos de poda e capina do campus UNESP Bela Vista, devolvendo-o ao meio na forma de fertilizante orgânico composto.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo Geral

O trabalho tem como objetivo geral estudar a influência do inóculo esterco no processo de compostagem dos resíduos de poda e capina, visando verificar a possibilidade de realizar a compostagem dos resíduos gerados no campus Bela Vista.

2.2. Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral são propostos os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar o desenvolvimento do processo de compostagem para os resíduos de poda e capina, para diferentes composições;
- Avaliar a influência da aplicação de esterco no processo de compostagem;
- Diagnóstico das características gerais dos resíduos de poda e capina gerados no campus Bela Vista, da Universidade estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, visando avaliar as possibilidades de ser utilizado em processo de compostagem.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Resíduos Sólidos

3.1.1. Definição

O conceito de resíduos sólidos é definido pela norma ABNT NBR 10004:2004 da seguinte forma:

[...] Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (pág 1)

De outra forma, Lei Estadual nº 12.300, de 16 de março de 2006, que estabelece a Política Estadual dos Resíduos Sólidos, define resíduos sólidos como sendo materiais decorrentes de atividades humanas em sociedade, e que apresentam nos estados sólidos ou semi-sólido, como líquidos não passíveis de tratamento como efluentes.

3.1.2. Classificação

Dentre os diversos critérios de classificação os resíduos sólidos, os mais comuns são quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente, quanto à sua origem e quanto ao grau de degradabilidade.

3.1.2.1. Quanto aos Potenciais Riscos ao Meio Ambiente e à Saúde Pública

Conforme a ABNT NBR 10004:2004 os resíduos sólidos são classificados da seguinte maneira:

a) Resíduos Classe I (Perigosos)

São aqueles que apresentam risco ao meio ambiente e/ou risco à saúde pública quando gerenciados de maneira inadequada e exigem tratamento e disposição especiais. Possuem uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. Ex.: baterias e produtos químicos.

b) Resíduos Classe II (Não Perigosos)

- Resíduos Classe II A (Não Inertes)

Apresentam propriedades como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Como por exemplo, matéria orgânica e papel.

- Resíduos Classe II B(Inertes)

Não tem constituinte algum solubilizado em concentração superior ao padrão de potabilidade de água. Ex: rochas, tijolos, vidros e certos plásticos e borrachas que não são decompostos prontamente.

3.1.2.2. Quanto à Origem

De acordo com a Lei Estadual nº 12.300 que estabelece a Política Estadual dos Resíduos Sólidos, de 16 de março de 2006, os resíduos sólidos se enquadram nas seguintes categorias:

Resíduos urbanos: também conhecidos como resíduo doméstico, são aqueles gerados nas residências, no comércio ou em outras atividades desenvolvidas nas cidades. Incluem-se neles os resíduos dos logradouros públicos, como ruas e praças, denominado resíduo de varrição ou público. Nestes resíduos encontram-se: papel, papelão, vidro, latas, plásticos, trapos, folhas, galhos e terra, restos de alimentos, madeira e todos os outros detritos apresentados à coleta nas portas das casas pelos habitantes das cidades ou lançados nas ruas.

Resíduos industriais: provenientes de atividades de pesquisa e de transformação de matérias-primas e substâncias orgânicas ou inorgânicas em novos produtos, por processos específicos, bem como os provenientes das atividades de mineração e extração, de montagem e manipulação de produtos acabados e aqueles gerados em áreas de utilidade, apoio, depósito e de administração das indústrias e similares, inclusive resíduos provenientes de Estações de Tratamento de Água - ETAs e Estações de Tratamento de Esgoto – ETEs. O resíduo industrial é bastante variado, podendo ser representado por cinzas, lodos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papel, madeira, fibras, borracha, metal, escórias, vidros e cerâmicas. Nesta categoria, inclui-se a grande maioria do lixo considerado tóxico.

Resíduos de serviço de saúde: constituem os resíduos sépticos, ou seja, que contêm ou potencialmente podem conter germes patogênicos. São produzidos em serviços de saúde,

tais como: hospitais, clínicas, laboratórios, farmácias, clínicas veterinárias, postos de saúde etc. São agulhas, seringas, gazes, bandagens, algodões, órgãos e tecidos removidos, meios de culturas e animais usados em testes, sangue coagulado, luvas descartáveis, remédios com prazos de validade vencidos, instrumentos de resina sintética, filmes fotográficos de raios X , entre outros.

Os resíduos assépticos destes locais, constituídos por papéis, restos da preparação de alimentos, resíduos de limpezas em geral, e outros materiais que não entram em contato direto com pacientes ou com os resíduos sépticos anteriormente descritos, são considerados como domiciliares.

Resíduos de atividades rurais: resíduos sólidos das atividades agrícolas e da pecuária, como embalagens de adubos, defensivos agrícolas, ração, restos de colheita, esterco e embalagens de inseticidas e herbicidas.

Resíduos da construção civil: são provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras, compensados, forros e argamassas, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações e fiação elétrica, comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

Resíduos provenientes de portos, aeroportos, terminais rodoviários, ferroviários, postos de fronteiras e estruturas similares: são resíduos de qualquer natureza provenientes de embarcação, aeronave ou meios de transportes terrestres, incluindo os produzidos nas atividades de operação e manutenção, os associados às cargas e aqueles gerados nas instalações físicas ou áreas desses locais.

3.1.2.3. Quanto ao Grau de Biodegradabilidade

De acordo com Schalch & Leite (1995), os resíduos podem ser classificados quanto ao grau de biodegradabilidade:

- Facilmente degradáveis: putrescíveis, restos de alimentos, cascas de hortifrutigranjeiros;
- Moderadamente degradáveis: papel, papelão e outros produtos celulósicos;
- Dificilmente degradáveis: couro, borracha e madeira;
- Não-degradáveis: vidro, metal, plásticos, pedras, terra e outros.

3.1.3. Resíduos de Poda e Capina (RPC)

Os resíduos de poda e capina são provenientes das atividades de poda, jardinagem, de capina e de limpeza de áreas verdes. De acordo com a NBR 10004, esses resíduos são classificados como classe II A – não inertes, devido às suas características de biodegradabilidade.

Normalmente, dos constituintes dos resíduos de poda e capina consegue-se aproveitar os troncos, na forma de lenha, e as folhas e gramas para a produção de compostos orgânicos por meio da compostagem.

Para Fernandes (1999), os resíduos de poda e capina são considerados matéria prima nobre e sem contaminação, podendo ser utilizados na produção de composto de boa qualidade.

3.2. O Processo de Compostagem

3.2.1. Definição

A compostagem é a decomposição aeróbia da matéria orgânica pela ação de organismos biológicos, em condições físicas e químicas adequadas. Segundo Pereira Neto (1995), a compostagem é um processo biológico controlado de tratamento e estabilização de resíduos orgânicos para produção do húmus, desenvolvida em duas fases: degradação ativa e maturação. Segundo Kiehl (1998), o composto é resultado de um processo controlado de decomposição bioquímica de matérias orgânicas, transformadas em um produto mais estável e aproveitável como fertilizante.

Ainda conforme Pereira Neto (1999), a compostagem é um dos processos biológicos de tratamento mais antigos de que o homem tem conhecimento.

Um esquema simplificado das entradas e saídas do processo de compostagem é mostrado na figura 1:

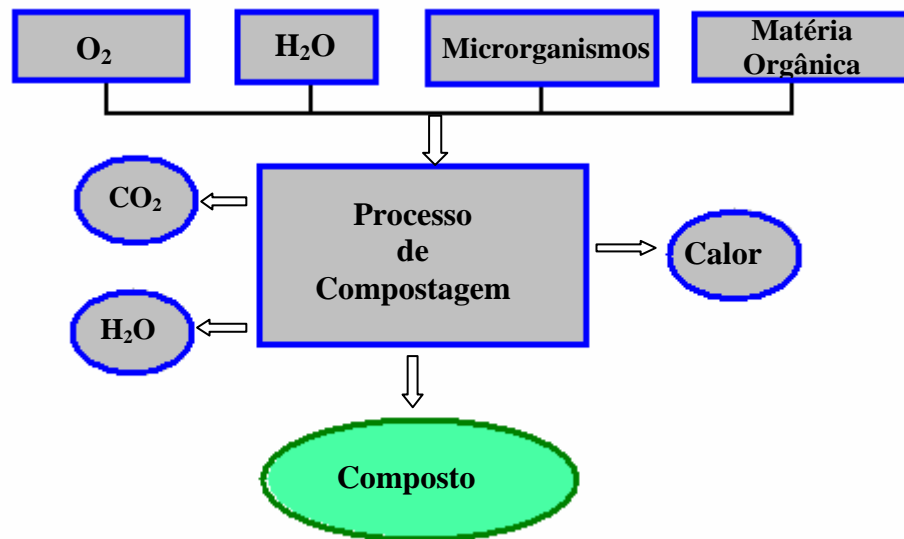


Figura 1: Esquema do processo de compostagem

3.2.2. Histórico

Segundo Rodrigues (1996), a matéria orgânica tem sido considerada, há milênios, como principal fator de fertilidade do solo. O seu processo de acumulação em leiras visando sua decomposição para posterior uso em solo agrícola é utilizado há séculos por agricultores das mais diferentes culturas.

Os registros de processos de compostagem em pilhas remontam na China, a mais de 4000 anos, e, existem várias referências bíblicas sobre as práticas de correção do solo. Estas práticas foram detalhadamente descritas cerca de 1000 anos atrás, para o período dos 3000 anos precedentes, num manuscrito de Abu Zacharia Iahia de Sevilha, o qual foi, posteriormente, traduzido do árabe para o espanhol por ordem do rei Carlos V e publicado em 1802 como *El Libro de Agricultura*. Pela sua própria experiência, Abu Zacharia insistia que os dejetos animais não deviam ser aplicados frescos e isolados ao solo, mas sim, após misturas com 5 a 10 vezes mais de resíduos vegetais e com resíduos das camas dos animais, para aproveitar as urinas (ALLISON, 1973; STENTIFORD, 1986; LOPEZ-REAL, 1990).

Na Europa, o uso de composto de resíduos orgânicos para melhorar a fertilidade do solo data do Império Romano e era muito popular entre agricultores da Idade Média. Entre os antigos romanos, vários escritores deixaram documentos que mencionavam as classificações dos solos, descrevendo os meios para obter melhores colheitas, misturando as camadas aráveis, cinza de madeiras e esterco de animais (LEPSCH, 1993).

Albert Howard tentou sem êxito efetuar a compostagem com resíduos de uma só natureza, como de restos da cultura do algodão, da cana do açúcar, da ervilha ou de infestantes de trevo, e concluiu que tinha de misturar os resíduos. O trabalho de Albert Howard, em Indore, na Índia, foi responsável pelo renascimento da compostagem como um método de reciclagem de resíduos na Europa (RODRIGUES, 1996).

No Brasil, as primeiras experiências com a produção do composto datam de 1888 pela iniciativa do primeiro diretor do Instituto Agrônomo de Campinas que incentivou os agricultores na época a produzirem um fertilizante natural com materiais oriundos das próprias propriedades. Esse incentivo também foi seguido pelos demais diretores até que, a partir de 1950, a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” iniciou os estudos sobre o processo (KIEHL, 1985).

Desde a década de 1960, a compostagem tem sido considerada um processo atrativo para estabilizar a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos. O interesse na compostagem resultava na esperança de vender o produto acabado, como corretivo orgânico do solo, com algum lucro. Todavia, na década de 1970 e 1980, a compostagem, nos países desenvolvidos, perdeu a sua popularidade como método de gestão dos resíduos urbanos, principalmente porque a qualidade dos resíduos se tornou cada vez mais inadequada para o processo de compostagem e, também, devido à inexistência de mercado para o produto acabado. Desde a década de 1990, a pressão exercida para a utilização de métodos com menor impacto ambiental conduz a um novo interesse no processo de compostagem, particularmente em relação à reciclagem dos resíduos e dos efluentes urbanos e industriais.

3.2.3. Matéria - Prima

A escolha do produto a ser compostado é essencial para a qualidade do composto, devendo a matéria - prima estar livre de materiais inorgânicos como metais e vidro. É importante que a massa a ser compostada seja formada de diversos materiais orgânicos, garantindo o equilíbrio nutricional e a flora microbológica diversificada. A seguir estão listados alguns tipos de matérias-primas:

- Resíduos agrícolas: esterco e camas de animais; restos de culturas, frutas e vegetais; e resíduos de processamento.
- Resíduos de jardinagem: aparas de grama; folhas; erva-daninha; poda de árvores e arbustos.

- Lodo de esgoto (biosólidos): resíduos sólidos orgânicos derivados de estação de tratamento de águas residuárias de origem doméstica, comercial ou industrial.
- Outros: restos de comidas

3.2.4. Microrganismos Envolvidos no Processo

Os microrganismos envolvidos no processo de compostagem dependem de um ambiente favorável para decompor a matéria orgânica, necessitando de temperatura, umidade e oxigenação adequadas.

De acordo com Pereira Neto (1996), os resíduos animais e vegetais não são igualmente atacados, seus vários constituintes são decompostos em vários estágios, com diferentes intensidades, por populações distintas de microrganismos que vão se alterando e predominando no meio (controlado) em função das características do substrato.

Logo após a formação da pilha, começa a proliferação dos microrganismos. Inicialmente, na fase mesófila, predominam bactérias e fungos mesófilos produtores de ácidos; com a elevação da temperatura, aproximando-se da fase termófila, a população predominante será de actinomicetes, bactérias e fungos termófilos. O aumento da temperatura nesta fase é influenciado pela maior disponibilidade de oxigênio, promovida pelo revolvimento da pilha inicial. Passada a fase termófila, o composto vai perdendo calor e retorna à fase mesófila, porém, com outra composição química e aspecto mais escurecido. A segunda fase mesófila é mais longa e é acompanhada pela diminuição da relação C/N abaixo de 20. Finalmente, na a fase criófila, em que a temperatura diminui, podendo ser encontrados protozoários, nematóides, formigas, miriápodes, vermes e insetos. (RODRIGUES, 2004)

3.2.5. Fatores Controladores do Processo

3.2.5.1. *Granulometria*

A granulometria é um fator importante no processo de compostagem, pois o tamanho das partículas favorece a homogeneidade da massa, melhora a porosidade e aumenta a capacidade de aeração.

Segundo Kiehl (1985), quanto menor for o tamanho das partículas, maior será a superfície que poderá ser atacada e digerida pelos microrganismos, fazendo com que os materiais sejam mais facilmente degradados. Entretanto, uma granulometria muito fina pode levar à compactação das leiras e conseqüentemente causará anaerobiose. O tamanho das partículas de resíduos a serem compostados deve situar-se entre 1 e 10 cm.

3.2.5.2. Teor de Umidade

A degradação da matéria orgânica depende da umidade para garantir a atividade microbiológica.

Altos teores de umidade (maiores que 65 %) fazem com que a água ocupe espaços vazios da massa, impedindo a livre passagem do oxigênio, causando condições de anaerobiose. Baixos teores (menores que 40%) limitam a atividade microbiológica, diminuindo a taxa de estabilização (PEREIRA NETO, 1998).

Segundo Kiehl (1998) e Pereira Neto (1989), o valor ao redor de 55% de umidade é considerado ótimo para o processo de compostagem.

3.2.5.3. Temperatura

A compostagem caracteriza-se por ser um processo exotérmico de decomposição dos resíduos orgânicos, que gera calor e aumenta a temperatura da leira, devido à atividade microbiana.

Na compostagem, a temperatura é o fator indicativo do equilíbrio biológico, o que reflete a eficiência do processo. A pilha de compostagem deve registrar temperaturas de 40 a 60 °C, dentro do segundo ao quarto dia, como indicador de condições satisfatórias de equilíbrio no seu ecossistema (PEREIRA NETO, 1989).

Com o aumento da atividade microbiana e conseqüente aumento de temperatura, inicia-se a fase mesófila, com atuação de microrganismos mesófilos que utilizam os componentes solúveis e rapidamente degradáveis da matéria orgânica. Com esse aumento, a temperatura se eleva e os organismos mesófilos tornam-se menos competitivos, sendo substituídos pelos termófilos, atingindo assim, a fase termófila. No final da degradação da

matéria orgânica, quando a temperatura se iguala à do ambiente, a fase é criófila (RODRIGUES, 2004). A fase mesófila está entre 20 e 40°C e a fase termófila entre 40 e 60°C.

Para Poincelot (1974), a fase mais importante do processo de compostagem seria a fase termófila, na qual a temperatura chegaria até 70°C, neste estágio os microrganismos teriam a maior atividade de compostagem.

O ideal é não deixar que a temperatura ultrapasse 65°C. Temperaturas elevadas prejudicam a atividade biológica, interferindo no processo de compostagem e conseqüentemente na qualidade do composto. Os estágios da temperatura no processo de compostagem estão representados na figura 2:

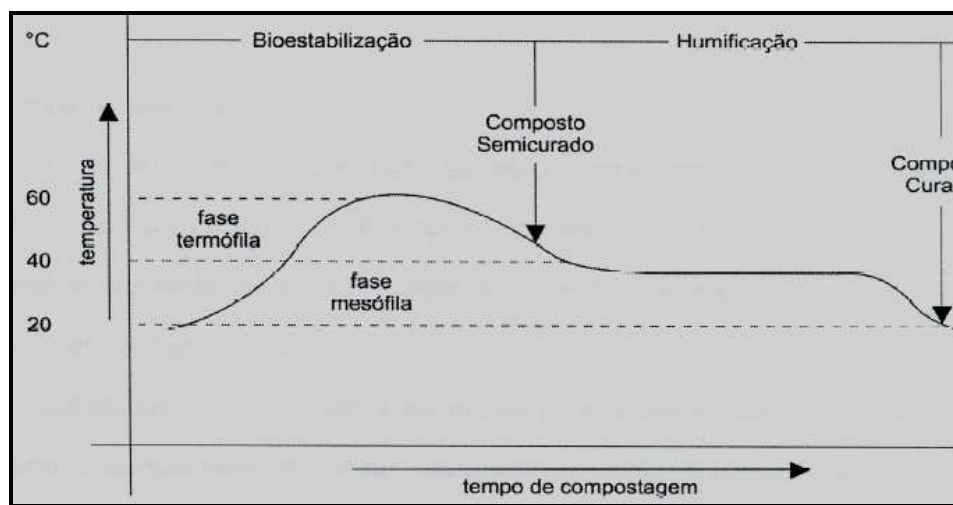


Figura 2: Estágios da temperatura na leira de compostagem

Fonte: D'Almeida e Vilhena (2000)

3.2.5.4. Aeração

A aeração fornece oxigênio para a pilha de compostagem, garante a respiração dos microrganismos, a oxidação das várias substâncias orgânicas presentes na massa de compostagem.

Segundo Corbitt (1990), o ideal seria que a massa de compostagem tivesse de 5 a 15 % de oxigênio, valores inferiores a 5 %, levariam a uma condição de anaerobiose, e valores superiores a 15 %, poderia ocasionar uma perda de calor, com menor decomposição da massa de compostagem.

Segundo Kiehl (1985), os revolvimentos devem ser feitos nas seguintes hipóteses: quando a temperatura estiver muito elevada (acima de 70°C), quando a umidade estiver acima

de 55 ou 60%, quando há presença de moscas e maus odores, ou em intervalos pré-estabelecidos. O revolvimento do composto no pátio, ao mesmo tempo em que introduz ar novo e rico em oxigênio, libera o ar contido na leira, saturado de gás carbônico gerado pela respiração dos organismos

3.2.5.5. *Potencial Hidrogeniônico (pH)*

Na fase inicial do processo de compostagem o pH do composto é ácido, variando em torno de 4,5 a 6,0. Com a decomposição do material o pH aumenta, passando para uma faixa alcalina, em torno de 7 a 8, no final do processo. O pH é considerado um parâmetro para o desenvolvimento satisfatório do processo de compostagem.

3.2.5.6. *Relação C/N*

A diversificação de nutrientes e sua concentração aumentam a eficiência do processo de compostagem. Os materiais ricos em carbono fornecem a energia necessária ao crescimento dos microrganismos, enquanto os nitrogenados são fundamentais para a síntese de proteínas e reprodução dos microrganismos (KIEHL, 1998).

A relação C/N, é um dos parâmetros mais importantes no controle do processo de compostagem e na determinação do grau de maturação, servindo como indicador de fases.

No início da compostagem, a relação C/N é da ordem de 30:1 e no final de 10:1. Isto significa que, no início, os microrganismos absorvem os elementos carbono e nitrogênio em uma proporção de trinta partes de C para cada parte de N. O carbono é utilizado como fonte de energia, sendo que dez partes de carbono assimilado são convertidas da forma mineral para orgânica e incorporadas ao protoplasma celular do organismo e vinte eliminadas na atmosfera como gás carbônico (LIMA, 1991).

Segundo Corbitt (1990), a relação ideal seria entre 25 e 30/1, e para Pereira Neto (1989), esta relação estaria entre 30 e 40/1.

Segundo Kiehl (1998), quanto maior a relação C/N no início da compostagem, maior será o tempo necessário para se atingir a humificação da matéria orgânica.

De acordo com PEREIRA NETO (1987), os compostos orgânicos maturados apresentam uma relação C/N em torno de 15/1. Golueke (1972) considera que uma relação

C/N abaixo de 20 é um indicativo de uma maturação aceitável, sendo que uma relação em torno de 15/1 é preferível.

3.2.6. Classificação dos Processos de Compostagem

As classificações dos processos de compostagem baseiam-se fundamentalmente, nos seguintes aspectos:

1) Quanto ao suprimento de oxigênio

- Aeróbio: presença de O₂, temperatura de decomposição elevada, desprendimento de CO₂ e vapor d'água.
- Anaeróbio: ausência de O₂, temperatura de decomposição baixa, desprendimento de H₂S e CH₄ e outros gases.
- Misto: combinação dos dois processos

2) Quanto à temperatura

- Criófila: temperatura normal ambiente
- Mesofílica: 30 – 40 °C
- Termofílica: 40 – 70 °C

3) Quanto ao processo

- Aberto: céu aberto, pátio de maturação
- Fechado: digestores, bioestabilizadores, biorreatores (possui melhor controle das fases)

3.2.7. Sistemas de Compostagem

Os sistemas variam desde sistemas particularmente artesanais até sistemas complexos, nos quais os fatores interferentes são monitorados e controlados com relativa precisão. Os sistemas de compostagem, segundo Fernandes (2000), agrupam-se em três categorias:

a) Sistemas de leiras revolvidas (*Windrow*): A mistura de resíduos é disposta em leiras, sendo a aeração fornecida pelo revolvimento dos materiais e pela convecção do ar na massa do composto.

b) Sistema de leiras estáticas aeradas (*Static pile*): A mistura é colocada sobre tubulação perfurada que injeta ou aspira o ar na massa do composto. Neste caso não há revolvimento mecânico das leiras.

c) **Sistemas fechados ou reatores biológicos (*In-vessel*):** Os materiais são colocados dentro de sistemas fechados, que permitem o controle de todos os parâmetros do processo de compostagem.

Kiehl (1985) classificou os sistemas de compostagem quanto ao tempo. Neste caso os processos são lentos ou acelerados. Consideram-se lentos, aqueles nos quais a matéria prima é disposta em montes nos pátios de compostagem, após separação dos materiais inertes, como é o caso dos resíduos domiciliares, recebendo revolvimentos periódicos para aeração e para ativar a fermentação. Os processos acelerados são os que proporcionam tratamentos especiais à matéria-prima, melhorando as condições para fermentação, principalmente a aeração e o aquecimento. A compostagem em pátio, com injeção de ar nas pilhas de composto ou exaustão de seus gases, é um exemplo de processo acelerado.

Existem diferentes modelos de usinas implantadas no Brasil, que diferem, principalmente, quanto ao grau de mecanização e capacidade de processamento. Os principais sistemas são: Dano, Triga, Sanecom, Maqbrit, Yok, Simplificado, CETESB, Beccari, Stollmeier e Fairfielk-Hardy (GROSSI ,1993; GALVÃO JUNIOR, 1994)

O modelo Dano, Triga e Fairfield – Hardy são dotados de sistemas de insuflamento de ar em unidades fechadas, denominadas bioestabilizador (Dano), higienizador (Triga) e tanque de concreto circular (Fairfield - Hardy) (GROSSI ,1993; GALVÃO JUNIOR, 1994).

A seguir, nas figuras 3, 4, estão representados alguns sistemas aplicados no processo de compostagem.

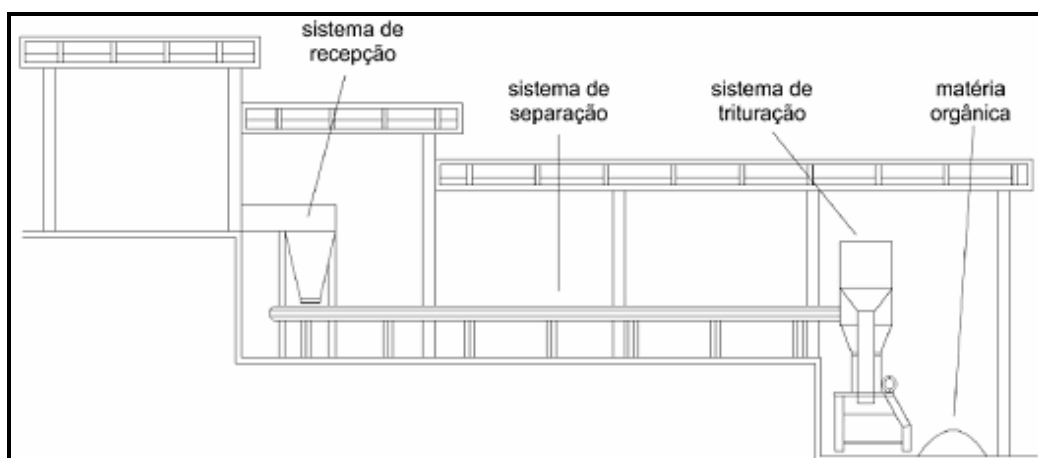


Figura 3: Modelo de usina Stollmeier com trituração de resíduos

Fonte: Barreira, 2005

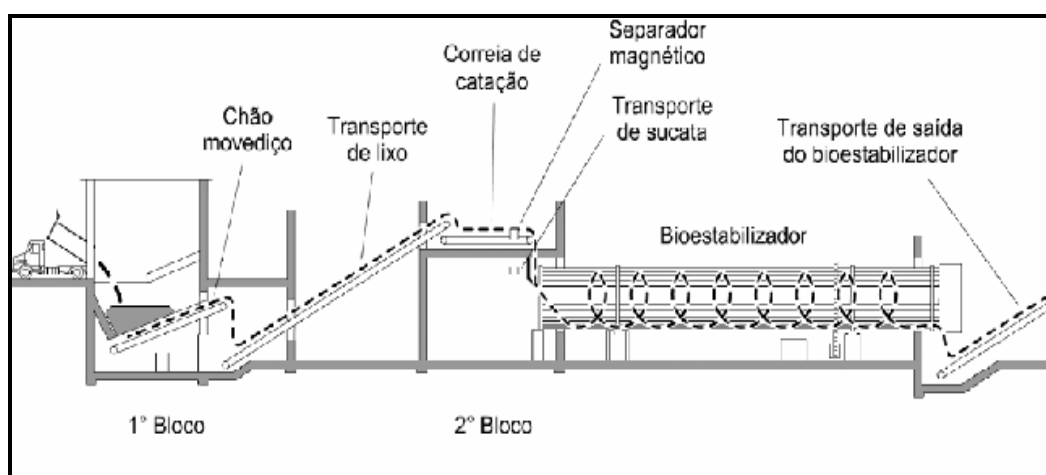


Figura 4: Modelo de usina Dano

Fonte: Barreira, 2005

3.2.8. Substâncias Geradas Durante a Compostagem

No processo de compostagem, os açúcares, os amidos e as proteínas solúveis são primeiramente decompostos, seguindo-se de algumas proteínas. Celulose, certas hemiceluloses, óleos, gorduras, resinas e outros constituintes das plantas são decompostos mais demoradamente. As ligninas, certas graxas e taninos são os materiais considerados mais resistentes à decomposição.

Enquanto houver decomposição aeróbia, o carbono será liberado como gás carbônico, entretanto, se o processo tornar-se anaeróbio, serão eliminados, além do CO₂, metano, álcool e ácidos orgânicos. As proteínas, por decomposição, são primeiramente hidrolisadas por enzimas proteolíticas produzidas pelos microrganismos, gerando polipeptídios, aminoácidos e outros derivados nitrogenados; o nitrogênio orgânico é convertido à forma amoniacal. Ao final do processo obtém-se um material com propriedades físicas, químicas e físico-químicas diferentes da matéria-prima original (PEREIRA NETO, 1996).

3.2.9. Composto Orgânico

Durante o processo de compostagem há um gradual escurecimento ou melanização dos materiais. O produto final, depois de um período suficientemente longo de maturação é

marrom escuro, ou freqüentemente preto (JIMÉNEZ E PEREZ GARCIA, 1989). O composto final apresenta cor e cheiro similares ao da terra.

A maturação, negligenciada em muitos processos, constitui-se uma etapa indispensável da compostagem. Não haverá a formação do composto sem que ocorra a fase de maturação do processo (PEREIRA NETO, 1996).

A utilização de composto cru poderá ocasionar vários efeitos nocivos ao plantio, conforme Tabela 1. Entre as conseqüências de se utilizar compostos imaturos no cultivo de plantas estão a interferência na germinação das sementes e a possível toxicidade causada pelo excesso de amônio (KIEHL, 1998).

Tabela 1: Diferenças entre composto maduro e composto cru

| Composto Maduro | Composto Cru |
|-------------------------------------|--|
| Nitrogênio como íon nitrato | Nitrogênio como íon amônio |
| Enxofre como íon sulfato | Enxofre ainda em partes como íon sulfídrico |
| Baixa demanda de oxigênio | Alta demanda de oxigênio |
| Sem perigo de putrefação | Perigo de putrefação |
| Mineralização é cerca de 50% | Altas concentrações de substâncias orgânicas não mineralizadas |
| Alta capacidade de retenção de água | Baixa capacidade de retenção de água |

Fonte: OBENG e WRIGHT (1987)

3.2.9.1. Principais Vantagens de se Utilizar o Composto Orgânico

Segundo Pereira Neto (1996), as principais vantagens de se utilizar o composto orgânico nas atividades agrícolas, são:

- Exerce um efeito tampão no solo pela sua elevada área de superfície e capacidade de troca (CTC);
- Atua como fonte de cátions (cálcio, potássio, magnésio) e de micronutrientes, além de ânions (fosfato, sulfatos);

- Exerce efeitos diretos no crescimento das plantas, aumentando a absorção de calor no solo durante o dia;
- Aumenta a permeabilidade à absorção de nutrientes, a atividade enzimática e a fotossíntese dos vegetais;
- Atua como elemento de fixação (complexação e quelação) de elementos metálicos (nutrientes e metais pesados) e de formação de complexos húmus – argilo – minerais;
- Atua na retenção, agindo como reservatório de nitrogênio, fósforo e enxofre, que fazem parte de sua constituição química;
- Favorece as condições físicas dos solos, como aglutinação e estabilidade dos agregados;
- Aumenta a capacidade de retenção de água e de permeabilidade;
- Reduz os efeitos da erosão e suas conseqüências;
- Exerce ação protetora e atua como fonte de nutrientes para os microrganismos do solo;
- Exerce efeito controlador sobre muitas doenças e pragas de plantas.

Eggerth (1996) define seis principais segmentos de mercado para o composto nos EUA:

- Agricultura: produção de alimentos, não alimentos e pastagens;
- Viveiros de plantas: planta em vasos, plantio de raízes aéreas, produção de sementes florestais;
- Paisagismo: propriedades industriais e comerciais, manutenção de solo;
- Residenciais: paisagismo de casas e jardinagem;
- Agências públicas: manutenção e paisagismo das estradas, parques, praças, áreas de recreação;
- Outros: projetos de reflorestamento e cobertura do solo.

3.2.9.2. Legislação Brasileira Referente ao Composto Orgânico

As características dos materiais comercializados como fertilizantes devem obedecer às especificações da legislação existente, que dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e comércio de fertilizantes e corretivos agrícolas e aprovam normas sobre especificações, garantias e tolerâncias.

O Decreto Nº 86.955, de 18 de fevereiro de 1982, dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes destinados à agricultura e do qual destacam-se a seguir os capítulos II e II.

No capítulo II, seção I, artigo 4º, consta que as pessoas físicas e jurídicas que produzam ou comercializam fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, devem registrar seus respectivos estabelecimentos no Ministério da Agricultura. Segundo a seção II, artigo 6º, os fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes também deverão se registrados. O capítulo III, estabelece que artigo 14, cabe ao órgão de fiscalização do Ministério da Agricultura a inspeção e a fiscalização dos produtos. Segundo o capítulo VII, artigo 60, todo estabelecimento produtor deverá ter como responsável um profissional capacitado que responda pela produção.

A Portaria 84, de 20 de março de 1982, dispõe sobre exigências, critérios e procedimentos a serem utilizados pela inspeção e fiscalização da produção e comércio fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes. No capítulo I os estabelecimentos produtores são classificados em quatro categorias:

Categoria I: produtor de fertilizante mineral

Categoria II: produtor de fertilizante orgânico

Categoria III: produtor de inoculante

Categoria IV: produtor de estimulante ou biofertilizante

A Instrução Normativa Nº 23 do Ministério da Agricultura, de 05 de agosto de 2005, define fertilizante orgânico como sendo um produto de natureza fundamentalmente orgânica, obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais, sendo:

Fertilizante orgânico simples: produto natural de origem vegetal ou animal, contendo um ou mais nutrientes de plantas;

Fertilizante orgânico misto: produto de natureza orgânica, resultante da mistura de dois ou mais fertilizantes orgânicos simples, contendo um ou mais nutrientes de plantas;

Fertilizante orgânico composto: produto obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, animal ou vegetal, isoladas ou misturadas, podendo ser enriquecido de nutrientes minerais, princípio ativo ou agente capaz de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas;

Lodo de esgoto: fertilizante orgânico composto, proveniente do sistema de tratamento de esgotos sanitários, que resulte em produto de utilização segura na agricultura, atendendo aos limites estabelecidos para contaminantes;

Vermicomposto: fertilizante orgânico composto, resultante da digestão da matéria orgânica proveniente de esterco, restos vegetais e outros resíduos orgânicos pelas minhocas;

Composto de lixo: fertilizante orgânico composto, obtido pela separação da parte orgânica dos resíduos sólidos domiciliares e sua compostagem, resultando em produto de utilização segura na agricultura e atendendo aos limites estabelecidos para contaminantes; e

Fertilizante Organomineral: produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos.

Ainda, classifica os fertilizantes levando em consideração as matérias primas utilizadas em sua produção:

Classe A: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima de origem vegetal, animal ou de processamentos da agroindústria, onde não seja utilizado no processo o sódio (Na^+), metais pesados, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos.

Classe B: utiliza como matéria prima resíduo proveniente de processamento da atividade industrial ou agroindústria, onde o sódio (Na^+), metais pesados, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos são usados no processo.

Classe C: utiliza como matéria prima qualquer quantidade de resíduo domiciliar, sendo que o composto final é seguro para o uso na agricultura.

Classe D: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria prima oriunda de tratamento de despejos sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura.

A Instrução Normativa N° 23 do Ministério da Agricultura, de 05 de agosto de 2005, especifica em seu anexo III os parâmetros ideais para os fertilizantes orgânicos mistos e compostos, os quais estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Especificações dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos

| Garantia | Misto / Composto | | | | Vermicomposto Classes A, B, C, D |
|-------------------------|------------------|----------|----------|----------|-------------------------------------|
| | Classe A | Classe B | Classe C | Classe D | |
| Umidade (máx.) | 50 | 50 | 50 | 70 | 50 |
| N total (mín.) | 1 | | | | |
| *Carbono orgânico (mín) | 15 | | | | 10 |

| | | | | |
|-----------------------|--------------------|-----|-----|-----|
| *CTC | Conforme declarado | | | |
| pH(mín.) | 6,0 | 6,5 | 6,0 | 6,0 |
| Relação C/N (máx.) | 18 | | | 12 |
| *Relação CTC/C (mín.) | 20 | | 30 | 20 |
| Soma NPK, NP, NK, PK | Conforme declarado | | | |

* (valores expressos em base seca, umidade determinada a 65 °C)

Fonte: Instrução Normativa Nº 23 do Ministério da Agricultura, de 05 de agosto de 2005

4. METODOLOGIA E ETAPAS DE TRABALHO

4.1. Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica foi realizada basicamente a partir de manuais, teses de mestrado, doutorado e trabalhos de conclusão de cursos, foram pesquisados assuntos relacionados ao aproveitamento de resíduos de poda e capina, mais especificamente, ao processo de compostagem. Os principais temas de busca em internet e biblioteca foram: resíduos de poda e capina, compostagem, sistemas de compostagem e composto orgânico. Foram levantados dados sobre os principais fatores que regem o processo, a características dos materiais a serem compostados, a proporção em que devem ser misturados, a montagem das leiras de compostagem e a rotina de operação.

A pesquisa bibliográfica foi realizada durante grande parte do período destinado ao trabalho de conclusão de curso, e foi fundamental para a percepção dos problemas relacionados à disposição inadequada dos resíduos sólidos e a grande necessidade de redução e reaproveitamento de tais resíduos.

4.2. Diagnóstico da Geração dos Resíduos de Poda e Capina no Campus Bela Vista da UNESP Bela Vista de Rio Claro

O diagnóstico da geração dos resíduos de poda e capina, iniciou-se por meio de conversa com os funcionários que atuam no setor, para a coleta de informações referentes ao número de funcionários, equipamentos e maquinários utilizados para realização dos serviços. Foram levantadas informações sobre o planejamento do serviço de poda e capina e a respeito

dos locais onde são dispostos os resíduos, por meio de entrevistas com os funcionários e observação em campo.

A metragem total da área verde do Instituto de Biociências (IB) foi cedida pela Seção Técnica de Contabilidade e a do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) pelo responsável pelo serviço de poda e capina.

4.3. Planejamento da Parte Experimental

4.3.1. Seleção da Matéria-Prima e Montagem dos Experimentos

Para a montagem das leiras de compostagem foram utilizados capim, grama, folha de árvore e esterco de cavalo , cujas relações C: N são 40:1, 20:1, 60:1 e 18:1 respectivamente, segundo tabela do site *Florida's Online Composting Center* .

Todas as leiras possuíam um formato triangular com dimensões aproximadas de 0,85 m de altura e 1,12 m de diâmetro, conforme Figuras 5 e 6.



Figura 5: Leiras de compostagem



Figura 6: Dimensão das pilhas de compostagem

Foi utilizado como medida um recipiente de 20 litros, cada leira é composta de dez a dezenove recipientes (200 a 380 litros) de matéria - prima. Um recipiente de 20 litros utilizado comporta 1,035 kg de capim, 1,306 kg de grama, 4,5 kg de esterco e 1,624 kg de folha, conforme Tabela 4. Desta forma, foram montadas quatro leiras de compostagem com diferentes composições, conforme Tabela 3, com o intuito de compará-las quanto ao tempo de degradação. Foram utilizados em duas leiras o inóculo esterco de cavalo.

Não foram utilizados troncos e galhos nos experimentos, pois não havia um triturador disponível.

Tabela 3: Material utilizado para composição

| | Grama | Capim | Folha | Esterco |
|---------|-------|-------|-------|---------|
| Leira 1 | X | X | X | |
| Leira 2 | X | X | | |
| Leira 3 | X | X | | X |
| Leira 4 | X | X | X | X |

Tabela 4: Capacidade de armazenamento de um balde de 20 litros

| | Grama | Capim | Esterco | Folha |
|-----------------|-------|-------|---------|-------|
| Capacidade (Kg) | 1,306 | 1,035 | 5,025 | 1,564 |

A proporção de cada material das leiras ficou da seguinte forma:

- **Leira 1** (Grama, Capim e Folha)

Foram utilizados 280 litros ou 17,716 kg de matéria prima:

- Quatro recipientes de capim (C/N = 40/1): $4 \times 1,035 = 4,14$ kg ou 23,37 % do peso total
- Oito recipientes de grama (C/N = 20/1): $8 \times 1,306 = 10,448$ kg ou 58,97 % do peso total
- Dois recipientes de folhas (C/N = 60/1): $2 \times 1,564 = 3,128$ kg ou 17,7 % do peso total

Cálculo em massa da relação C/N:

$$C/N = (40 \times 0,2337) + (20 \times 0,5897) + (60 \times 0,177) = 31,7/1$$

- **Leira 2** (Grama e Capim)

Foram utilizados 200 litros ou 11,434 kg de matéria prima:

- Quatro recipientes de grama (C/N = 20:1): $4 \times 1,306 = 5,224$ kg ou 45,7 % do peso total
- Seis recipientes de capim (C/N = 40:1): $6 \times 1,035 = 6,21$ kg ou 54,3 % do peso total

Cálculo em massa da relação C/N:

$$C/N = (40 \times 0,543) + (20 \times 0,457) = 30,86/1$$

- **Leira 3** (Grama, Capim e Esterco de Cavalo)

Foram utilizados 240 litros ou 21,48 de matéria prima:

- Quatro recipientes de grama (C/ N = 20:1): $4 \times 1,306 = 5,22$ ou 24,3 % do peso total
- Seis recipientes de capim (C/N = 40:1): $6 \times 1,035 = 6,21$ ou 28,9 % do peso total
- Dois recipientes de esterco (C/N = 18:1): $2 \times 5,025 = 10,05$ ou 46,8 % do peso total

Cálculo em massa da relação C/N:

$$C/N = (40 \times 0,289) + (20 \times 0,243) + (18 \times 0,468) = 24,8/1$$

- **Leira 4** (Capim, Grama, Folha e Esterco)

Foram utilizados 380 litros ou 38,298 kg de matéria prima.

- Oito recipientes de capim (C/N = 40:1): $8 \times 1,035 = 8,28$ ou 21,6 % do peso total
- Quatro recipientes de grama (C/N = 20:1): $4 \times 1,306 = 5,22$ ou 13,6 % do peso total
- Três recipientes de folha (C/N = 60:1): $3 \times 1,564 = 4,692$ ou 12,25 % do peso total
- Quatro baldes de esterco (C/N = 18:1): $4 \times 5,025 = 20,1$ ou 52,25 % do peso total

Cálculo em massa da relação C/N:

$$C/N = (40 \times 0,216) + (20 \times 0,136) + (60 \times 0,1225) + (18 \times 0,5225) = 28,2/1$$

4.3.2. Sistemática de Operação das Leiras

O período de operação das leiras de compostagem foi de 45 dias, do dia 26 de setembro ao dia 9 de novembro. O sistema de compostagem utilizado foi o sistema de leiras revolvidas, ou seja, o oxigênio é fornecido pelo revolvimento manual das leiras.

A temperatura, sendo um dos principais indicadores da evolução do processo de compostagem foi utilizada como parâmetro de controle. Para realizar as medições utilizou-se um termômetro de mercúrio com final de escala de 120°C. Todos os dias durante o período em que foi realizado o experimento, no período da tarde, foram conferidas e anotadas as temperaturas ambiente e das pilhas, tendo-se inserido o termômetro na parte central das pilhas a uma profundidade de 20 cm da superfície lateral.

Durante os dias de chuvas, as leiras foram cobertas com plástico colocado a uma altura aproximada de 30 centímetros acima da superfície das leiras.

Na montagem dos experimentos, foi adicionado um volume de aproximadamente 20 litros de água em todas as leiras, para criar condições iniciais favoráveis ao início das atividades microbiológicas.

O fornecimento de oxigênio para as leiras de compostagem foi obtido por meio do ciclo de reviramento. Na fase mesófila, as leiras foram revolvidas a cada três dias, em cada revolvimento foram adicionados 10 litros de água, volume suficiente de água para manter a umidade desejável (teste da esponja). Nas leiras 1 e 2, a fase mesófila ocorreu na 1ª semana até o fim da 4ª semana e nas leiras 3 e 4, a fase mesófila foi da 3ª semana até o fim da 4ª semana.

Segundo Silva (2005), na fase termófila deve-se evitar o revolvimento das leiras, portanto não foi efetuado revolvimento durante a fase termófila das leiras 3 e 4, as leiras 1 e 2 não atingiram esta fase. Na fase termófila, ou seja, nas duas primeiras semanas do experimento das leiras 3 e 4, foram adicionados um volume de água igual ao adicionado na fase mesófila (10 litros), mas em um menor intervalo de tempo, a cada dois dias, pois as temperaturas no interior das leiras eram superiores a 40 °C e conseqüentemente ocorria uma maior evaporação de água.

Na fase em que as temperaturas das pilhas igualaram-se à temperatura ambiente, da 5ª semana até o final do experimento, o período de revolvimento e umedecimento de todas as leiras passou para seis dias. Percebeu-se que o composto mantinha certa umidade natural, portanto foi necessária uma menor quantidade de água para manter tal umidade, cerca de cinco litros de água por leira.

4.3.3. Parâmetros Analisados no Fertilizante Orgânico Composto

Os compostos foram enviados ao laboratório para análise mais detalhada da qualidade dos compostos obtidos. Em função da origem segura da matéria prima (resíduos de poda e capina e inoculo esterco de cavalo), sem risco da presença de contaminantes, não foram realizadas análises referentes a metais pesados. Além da umidade e do pH, foi analisado a relação C/N, parâmetro considerado importante para a determinação do grau de maturação do composto.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Diagnóstico Geral dos Procedimentos e do Manejo Atual dos Resíduos de Poda e Capina no Campus

5.1.1. Caracterização da Área de Estudo

Os serviços de poda e capina do campus são divididos em duas sub-áreas: o IB, com 86,33 % da área verde total do campus, sendo que 109.801,4 m² correspondem à área composta por grama Batatais e plantas ornamentais, 151.228,1 m² à área composta por capim do tipo *Brachiaria* e 328.334,1 m² área de capim com vegetação arbórea. O IGCE, com 13,67% da área verde total do campus, sendo que 46.8 m² são áreas com capim *Brachiaria* e 46.4 m² áreas com grama Batatais e plantas ornamentais, considerando apenas o campus Bela Vista e incluindo a Moradia. A disposição da área verde do campus pode ser vista na Figura 7, a seguir:



Figura 7: Vista aérea do campus

5.1.2. Planejamento do Serviço de Poda e Capina

O serviço de poda e capina do campus Bela Vista é realizado pelos funcionários do Instituto de Biociências (IB) e Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE), sendo que cada funcionário realiza o serviço de poda e capina na área do Instituto em que presta serviço.

O IB conta com nove funcionários para a realização do serviço de poda e capina e diversos maquinários: dois micro-tratores, três roçadeiras, uma moto-serra, um soprador, quatro cortadores de grama e uma máquina para poda de cerca viva. Dispõe também de ferramentas como rastelos, enxadas, pás e carrinho de mão.

O IGCE possui sete funcionários prestadores do serviço de poda e capina, dispõe de três cortadores de grama manual, três roçadeiras, um micro-tractor, um soprador, além de equipamentos manuais. Os dois Institutos dividem o uso de um trator. Nos meses de setembro até abril, em que as ocorrências de chuva são as maiores do ano, o corte da grama Batatais e do capim *Brachiaria* é realizado uma vez por mês e o tempo de serviço gira em torno de 25 dias em ambos os Institutos. No IGCE, o corte da grama e do capim obedece a seguinte ordem: Praça Christofolletti, Matemática, Moradia, Geologia e Didáticos, Centro de Análise e

Planejamento Ambiental (CEAPLA) e por último o Departamento de Estatística, Matemática Aplicada e Computação (DEMAC). No IB, a ordem do corte ocorre aleatoriamente. Nos meses de junho a setembro, período mais seco, os serviços de corte da grama e do capim não são realizados, pois a grama e o capim crescem lentamente.

As podas de árvores não são muito frequentes no campus Bela Vista, ocorrendo apenas quando os galhos representam algum tipo de perigo aos usuários ou estão próximos aos fios de alta tensão.

5.1.3. Destinação Final dos Resíduos de Poda e Capina

No IGCE, os resíduos de gramas, folhas secas e galhos menores são depositados debaixo de árvores que se localizam no canteiro ao lado da Avenida 24. Os galhos maiores e troncos de árvores são enviados a uma área afastada do campus, localizada a aproximadamente 300 metros atrás do Departamento de Estatística, Matemática Aplicada e Computação (DEMAC).

No IB, os resíduos de grama possuem diversos destinos, são depositados próximo ao Restaurante Universitário, em um buraco localizado ao lado do campo de futebol do IB e em uma área próximo às salas de aula da Educação Física. As folhas secas são colocadas debaixo das árvores e os troncos e galhos maiores vão para o mesmo local onde são destinados os resíduos gerados pelo IGCE.

Tanto no IB quanto no IGCE, os resíduos de capim são cortados e mantidos na área, sem remoção.

Nas Figuras 8 e 9, observa-se a disposição final dos resíduos de poda e capina do campus.



Figura 8: Troncos e Galhos



Figura 9: Resíduos de grama: Fotos 1 e 2 (IGCE), Fotos 3 e 4 (IB)

5.2. Resultados Obtidos nas Leiras de Compostagem

Um dia após a montagem do experimento, as temperaturas das leiras que estavam aproximadamente iguais à temperatura ambiente passaram a subir, indicando o início do processo de compostagem.

Os gráficos mostrados nas Figuras 10, 11, 12 e 13 retratam as variações das temperaturas de leitura das pilhas, avaliadas durante o período de 45 dias do processo de compostagem. Entre o 3º e 6º dia, todas as leiras atingiram as temperaturas mais elevadas durante todo o processo de compostagem, indicando uma maior atividade microbiana neste período.

As temperaturas das leiras que possuíam o inóculo esterco de cavalo em sua composição elevaram-se de maneira mais rápida. A leira 3 atingiu 43°C no terceiro dia e no quinto dia uma temperatura máxima de 51°C. No segundo dia a leira 4 alcançou uma temperatura de 44°C e no sexto dia 56 °C. A leira 4 atingiu temperaturas maiores do que a leira 3 pois continha uma quantidade maior de esterco, ou seja, maior concentração inicial de microrganismos. Somente as leiras 3 e 4 atingiram a fase termófila, às demais leiras obtiveram temperaturas que não ultrapassaram os 40°C, pois não possuíam quantidades iniciais suficientes de microrganismos (inóculo).

Segundo Pereira Neto (1989), a pilha de compostagem deve registrar temperaturas de 40 a 60 °C, dentro do segundo ao quarto dia, como indicador de condições satisfatórias de equilíbrio do seu ecossistema. Levando em consideração o relato de Pereira Neto (1989), somente as leiras 3 e 4 atingiram tais temperaturas. Na segunda semana, apenas as leiras 3 e 4 apresentaram colorações mais escuras das misturas, indicando o início do processo de maturação.

No final da 1ª semana do processo, as temperaturas das leiras diminuíram significativamente, indicando a redução da atividade microbiológica. No entanto, após a 1ª semana e até aproximadamente a 3ª semana, as temperaturas das leiras apresentaram variações, elas aumentaram e diminuíram constantemente, devido ao revolvimento que além de eliminar o CO₂ contido no interior das leiras e introduzir ar atmosférico rico em O₂, proporcionou homogeneização das leiras, uniformizando a umidade e distribuindo a comunidade de microrganismos.

A partir do início da 5ª semana, as temperaturas das leiras permaneceram relativamente estáveis e aproximadamente iguais à temperatura ambiente, ocorrendo a humificação ou estabilização final do material.

Nos gráficos de temperatura, conforme Figuras 10, 11, 12 e 13, é possível verificar que após a fase de maior atividade microbológica das leiras, a temperatura ambiente interferia diretamente na temperatura do interior das leiras, notou-se que na medida em que a temperatura ambiente aumentava as temperaturas das leiras também aumentavam e quando ocorria uma queda da temperatura ambiente, as temperaturas das leiras também sofriam um decréscimo.

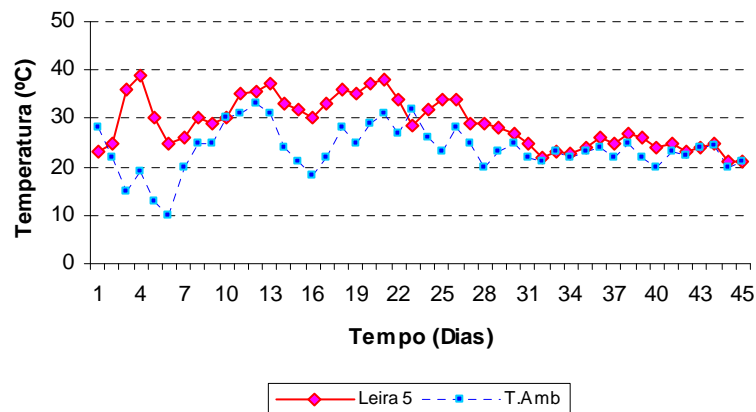


Figura 10: Evolução da temperatura da leira 1 em função do tempo

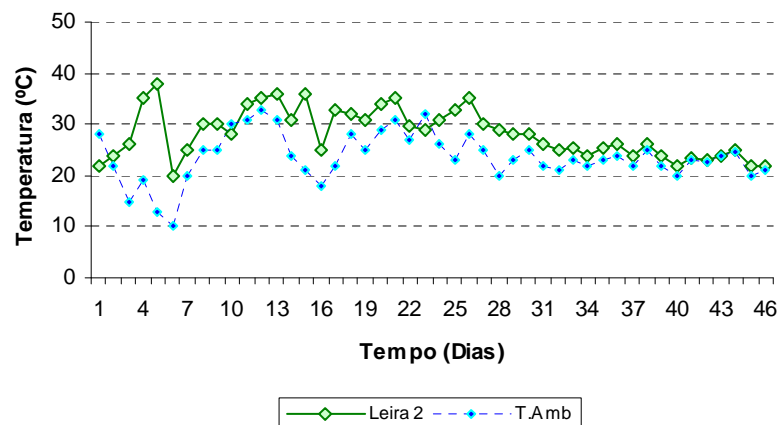


Figura 11: Evolução da temperatura da leira 2 em função do tempo

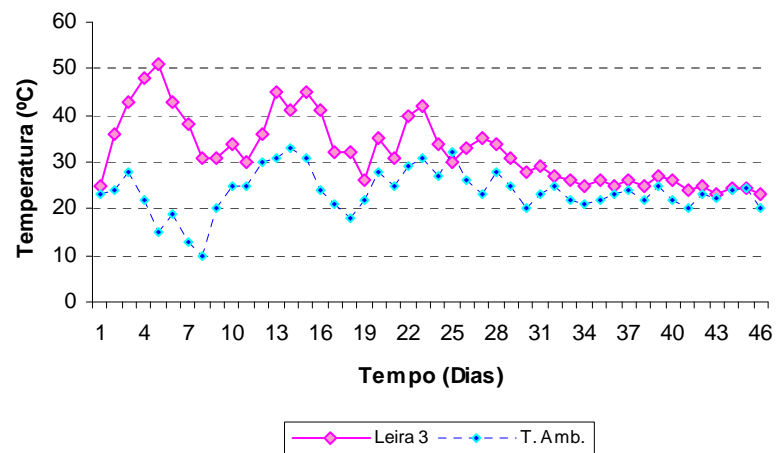


Figura 12: Evolução da temperatura da leira 3 em função do tempo

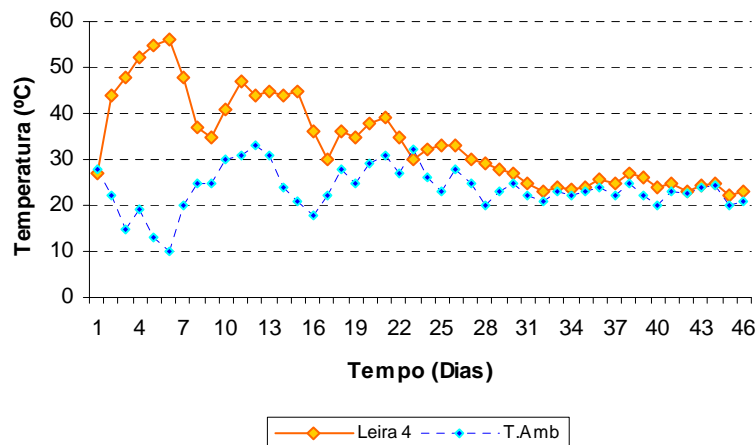


Figura 13: Evolução da temperatura da leira 4 em função do tempo

Após um período de 45 dias de duração dos experimentos de compostagem, foi verificado que as pilhas 3 e 4, que continham o inóculo esterco de cavalo em sua composição, resultaram em fertilizantes orgânicos compostos com aspectos visuais satisfatórios. Por outro lado, as pilhas 1 e 2 que não continham o inóculo, não atingiram um grau de maturação desejável ao final do experimento, conforme Figuras 14, 15, 16 e 17.



Figura 14: Leira 1: Matéria-prima no início da compostagem (I) e composto final (II)

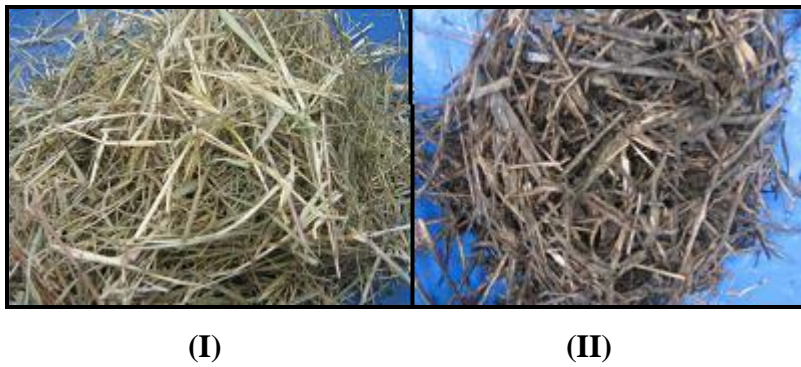


Figura 15: Leira 2: Matéria-prima no início da compostagem (I) e composto final (II)



Figura 16: Leira 3: Matéria-prima no início da compostagem (I) e composto final (II)



Figura 17: Leira 4: Matéria-prima no início da compostagem (I) e composto final (II)

Por demonstrarem os melhores resultados durante o processo de compostagem e por produzirem compostos visualmente considerados satisfatórios, amostras das leiras 3 e 4 foram enviadas para um laboratório na região de Campinas para análise de umidade, pH e relação C/N.

O laudo das análises das duas amostras está apresentado no Anexo e conforme Tabela 5, foram comparados aos resultados das análises com as especificações e tolerâncias da Instrução Normativa Nº 23. Vale lembrar que os compostos gerados nos experimentos de compostagem são denominados fertilizantes orgânicos compostos e classificados segundo a Instrução Normativa como Classe C.

Tabela 5: Resultados das análises laboratoriais dos fertilizantes orgânicos compostos obtidos nas leiras 3 e 4.

| | Instrução Normativa Nº 23 | | Amostra Leira 3 | Amostra Leira 4 |
|--------------------|---------------------------|-------------|-----------------|-----------------|
| | Especificações | Tolerâncias | | |
| pH | 6,5 (mín) | - | 6,7 | 6,6 |
| Umidade | 50% (máx) | 57,5% | 52,38 | 52,1 |
| Relação C/N | 18/1 (máx) | 20,7/1 | 35/1 | 19/1 |

Concluiu-se que a leira 4 produziu um fertilizante orgânico de boa qualidade, respeitando as tolerâncias permitidas pela Instrução Normativa Nº 23. No entanto, a leira 3 gerou um fertilizante orgânico composto com alta relação C/N (35/1), provavelmente porque na montagem da leira foi utilizada matéria-prima rica em carbono (capim) em excesso, observa-se que a relação C/N da leira 4 no início do processo era 24,8/1, em teoria, e no final do processo após da realização das análises de laboratório, a relação obtida foi de 35/1. Tal

fato pode estar associado a falhas no processo de montagem da leira 4, especificamente na proporção utilizada.

6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados pode-se concluir:

✓ O processo de compostagem dos resíduos de poda e capina sem a adição de inoculo (esterco) praticamente não ocorreu, no período de 45 dias.

✓ A adição de esterco nas leiras de compostagem mostrou-se muito eficiente para acelerar o processo de compostagem dos resíduos de poda e capina, atingindo temperaturas em torno de 50 °C em períodos de 6 dias.

✓ Os resíduos de poda e capina gerados no campus Bela Vista da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” constituem-se em uma boa matéria-prima para compostagem. Atualmente, estes resíduos são dispostos em locais como canteiros e bota-fora, sem o acompanhamento do processo de degradação.

7. RECOMENDAÇÕES

✓ Os troncos e galhos das árvores do campus Bela Vista também podem servir de matéria-prima para o processo de compostagem, desde que sejam triturados em fragmentos de aproximadamente 1 cm.

✓ Recomenda-se repetir os ensaios para se ter reprodutibilidade estatística.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004 - Resíduos Sólidos - Classificação**. São Paulo. 63p.

ALLISON, F.E. **Soil organic matter and its role in crop production**. London: Elsevier Scientific Publishing Co, 1973.

ARAÚJO, V.S. **Gestão de resíduos especiais nas universidades. Estudo de caso da Universidade Federal de São Carlos, campus de São Carlos**. 2002. 173 f. Tese (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.

BARREIRA, L.P. **Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção**. 2005. 204 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Universidade São Paulo Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 2005.

BOMBILIO, D.C. **Compostagem de esterco suíno em cinco teores de umidade e três sistemas de aeração**. 2005. 61 f. Tese (Mestrado em Ciência do Solo) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lajes, 2005.

BRASIL. **Decreto Nº 86.955, de 18 de fevereiro de 1982**. Disponível em: < http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/PDF/decr_86955_82.pdf >. Acesso em: 16 ago. 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Portaria Nº 84, de 29 de março de 1982**. Disponível em: < http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/PDF/port_ma84_82.pdf >. Acesso em: 24 ago.2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Instrução Normativa Nº 23, de 31 de agosto de 2005**. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br> >. Acesso em: 25 set. 2008.

CORBITT, R,A, **Standard Handbock of Enironmental Engineering**. New York: McGraw e Hill, 1990.

CRUZ, A.C; PEROTA, M.L.L; MENDES, M.T. **Elaboração de Referência (NBR 6023/2002)**. 2. ed. Rio de Janeiro: Intrciência, 2002.

D'ALMEIDA, M.L.O.; VILHENA, A. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 2 ed. São Paulo: IPT/CEMPRE,2000.

EGGERTH, L.L. **Composting marketing trends in the United States. Science of Composting Part 2**. 1. ed. England: Chapman & Hall, 1996.

FERNANDES, F.; SILVA, S.M.P. **Manual prático para compostagem de biossólidos**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 84p.

FERNANDES, F. **Estabilização e Higienização de Biossólidos**. Jaguariúna : EMBRAPA Meio ambiente, 2000. 312p.

FIALHO, L.L. **Caracterização da matéria orgânica em processo de compostagem por métodos convencionais e espectroscópicos**. 2007. 170 f. Tese (Doutorado em Ciências – Química Analítica) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo,São Carlos, 2007.

FLORIDA'S ONLINE COMPOSTING CENTER. Disponível em : < <http://www.compostinfo.com/> > . Acessado em: 12 fev. 2008.

GALVÃO JÚNIOR, A.C. **Aspectos Operacionais Relacionados com usinas de Reciclagem e Compostagem de resíduos Sólidos Domiciliares no Brasil**. 1994. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1994.

GOLUEKE, C.G. **Composting**. Emmaus, PA: Rodale Press, 1972.

GROSSI, M.G.L. **Avaliação da qualidade dos produtos obtidos de usinas de compostagem brasileiras de lixo doméstico através de determinação de metais pesados e**

substâncias orgânicas tóxicas. 1993. Tese (Doutorado) Instituto de Química da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

JIMENEZ, E.I; PEREZ, V.G. **Evaluation of city refuse compost maturity: A review.** *Biological Wastes*, v.27, 1989. p. 115 – 142.

KIEHL, E.J. **Manual de Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto.** 3ª ed. Piracicaba: Degaspari, 1998. 171 p.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos.** Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 161p.

LEPSCH, I.F. **Solos – formação e conservação.** 5. ed. São Paulo: Editora Melhoramentos, 1993.

LIMA, L.M.A. **Tratamento de Resíduos Sólidos.** Caxias do Sul: Ed. Do Autor. 1991. 240p.

LOPEZ – REAL, J.M. **Agroindustrial waste composting and its agricultural significance.** Proceedings of the Fertilizer Society. 1990. 293p.

MALHEIROS, S.M.P. **Avaliação do processo de compostagem utilizando resíduos agroindustriais.** 1996. 246 f. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp, Campinas, 1996.

MIWA, A.C.P; ATHAYDE, A.H; HIRASAWA, J.M; SOARES, L.V; GARBOSSA, L.H.P; AGUIAR, O.G. **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos de varrição, poda e capina do campus da Universidade de São Paulo, São Carlos (SP).** 2003. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

MONTEIRO, J.H.P. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos.** Rio de Janeiro: IBAM, 2001.200 f.

OBENG, L.A; WRIGHT, F.W. **The co- composting of domestic solid and human wastes.** W Bank Techn Paper. 1987. 102p.

PEREIRA NETO, J.T. **On the Treatment of Municipal Refuse Sewage Sludge Using Aerated Static Pile Composting – A Low Technology Approach.** Tese de Doutorado – Universidade Leeds, Leeds. 1987.

PEREIRA NETO, J.T. **Conceitos modernos de compostagem.** Revista Engenharia Sanitária e Ambiental da ABES. n.2, Rio de Janeiro, p. 104 – 109. 1989.

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de Compostagem: Processo de baixo custo.** Belo Horizonte: UFV/SLU/UNICEF, 1996.

PEREIRA, NETO, J.T.; LELIS, M.P.N. **Importância da umidade na compostagem: uma contribuição ao estado da arte.** In: XX Congresso da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária. Rio de Janeiro, 1999. 8p.

POINCELOT, R.P. **A Scientific examination of the principles and practice of composting.** Compost Sci, 1974.

RODRIGUES, M.S. **Composted societal organic wastes for sustainable wheat (*Triticum aestivum*) production.** 1996. (PHD thesis) – Wye College University of London, London, 1996.

RODRIGUES, M.S. **Resíduos orgânicos como matéria – prima para compostagem.** In: Simpósio sobre Compostagem – “ Ciência e Tecnologia”, 2004. Botucatu. Universidade Estadual Paulista, 2004. p. 1 - 27. 2004.

SANCHEZ, D.V. **Diagnóstico da geração de resíduos sólidos orgânicos no restaurante universitário da Universidade Estadual – Campus de Rio Claro e proposta de equipamento para tratamento dos resíduos por meio do processo de compostagem.** 2007. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.

SÃO PAULO (Estado). **Lei Estadual N° 12.300, de 16 de março de 2006.** Disponível em: < http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/leis/2006_Lei_Est_12300.pdf >. Acesso em: 16 ago.2008.

SCHALCH, V.; LEITE, W.C.A.; AGUIAR, E.M. **Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. In: Anais do World – wide Symposium Pollution in Large Cities – Science and Technology for Planning Environmental Quality. Venice/Padova, 1995.

SILVA, F. C.; CHITOLINA, J.C.; BALESTEIRO, S. D. **Processos de Produção de Compostos de Lixo e a sua Qualidade como Fertilizante Orgânico**. HOLOS Environment, v. 5, p. no. 3, 2005.


STENTIFORD, E.I. **Recent Development in Composting**. In: M. Bertoldi, editor. Compost Production, Quality and Use, 1986.

Rio Claro, 06 de novembro de 2008.

Carolina Yuri Iguchi

9. ANEXO

A amostra da leira 4 foi enviada como amostra nº 01 e recebeu a identificação 44720 no próprio laboratório, a amostra da leira 3 foi enviada como amostra nº 02 e identificação 44721.

| | | | | | |
|--|--|---|---|--|---|
|  | Laudo de Análise: MATERIAL: RT. ORGANICO SOLIDO | | | | |
| | Remetente CAROLINA YURI IGUCHI | Proprietário: CAROLINA YURI IGUCHI | | | |
| R. JOSE BENEDITO MOREIRA 45-V. LAVINIA 08.737-040 MOGI DAS CRUZES SP FONE: (11)4727-3135/8725-3460 | | | | | |
| | | Laudo Expedido em: 28/10/2008 | | | |
| AMOSTRA(S) | | | | | |
| Identificações: UNITHAL» | 44720 | 44721 | | | |
| Remetente» | 01 | 02 | | | |
| Cultura e/ou Material.» | | | | | |
| DETERMINAÇÃO | | | | | |
| Nitrogênio.....N....%» | 1,45 | 0,85 | | | |
| Fósforo.....P.(P2O5).» | | | | | |
| ..Total.....Pt....%» | AÑS | AÑS | | | |
| ..Citr.+Agua.Pa/c....%» | AÑS | AÑS | | | |
| ..Ac. Cítrico..Pc....%» | AÑS | AÑS | | | |
| ..Agua.....Pa....%» | AÑS | AÑS | | | |
| Potássio....(K2O)....%» | AÑS | AÑS | | | |
| Cálcio.....Ca....%» | AÑS | AÑS | | | |
| Magnésio.....Mg....%» | AÑS | AÑS | | | |
| Enxofre.....S....%» | AÑS | AÑS | | | |
| Ferro.....Fe....%» | AÑS | AÑS | | | |
| Manganês.....Mn..ppm» | AÑS | AÑS | | | |
| Cobre.....Cu..ppm» | AÑS | AÑS | | | |
| Zinco.....Zn..ppm» | AÑS | AÑS | | | |
| Boro.....B..ppm» | AÑS | AÑS | | | |
| Sódio.....Na....%» | AÑS | AÑS | | | |
| Cobalto.....Co..ppm» | AÑS | AÑS | | | |
| Molibdênio....Mo..ppm» | AÑS | AÑS | | | |
| Alumínio.....Al....%» | AÑS | AÑS | | | |
| Cloro.....Cl....%» | AÑS | AÑS | | | |
| Níquel.....Ni....%» | AÑS | AÑS | | | |
| Carbono Orgânico....%» | AÑS | AÑS | | | |
| Matéria Orgânica....%» | 49,30 | 51,67 | | | |
| Cinzas.....%» | 50,70 | 48,33 | | | |
| Umidade.....%» | 52,10 | 52,38 | | | |
| pH.....» | 6,6 | 6,7 | | | |
| Relação C/N.....» | 19/1 | 35/1 | | | |
| Densid.Aparente..g/cm3» | AÑS | AÑS | | | |
| Capacid.de Retençã.» | | | | | |
| de Agua....(CRA)....%» | AÑS | AÑS | | | |
| Cond.Elétrica...µS/cm» | AÑS | AÑS | | | |
| CTC.....mmol/kg» | AÑS | AÑS | | | |
| Rel.CTC/C Org.....» | AÑS | AÑS | | | |
| GRANULOMETRIA | | | | | |
| Retido Pen. 4,8 mm...%» | AÑS | AÑS | | | |
| Passa Pen. 2,8 mm...%» | AÑS | AÑS | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;"> mmol = mmol/dm3 1 mmol = 10 x mg/100 ml ALD = Abaixo Limite Detecção AÑS = Análise Não Solicitada NI = Não Informado(s) </td> <td style="width: 33%;"> OBS: RESULTADOS EM BASE PESO/ PESO E MATÉRIA SECA. RESULTADO DE pH EM CaCl2 0,01 M. </td> <td style="width: 33%;"> ENGENHEIROS RESPONSÁVEIS AGR: Antônio Carlos Marques CREA 129.499/7-SP QUIM: Luis Roberto Póssolo CREA 138.690/0-SP </td> </tr> </table> | | | mmol = mmol/dm3 1 mmol = 10 x mg/100 ml ALD = Abaixo Limite Detecção AÑS = Análise Não Solicitada NI = Não Informado(s) | OBS: RESULTADOS EM BASE PESO/ PESO E MATÉRIA SECA. RESULTADO DE pH EM CaCl2 0,01 M. | ENGENHEIROS RESPONSÁVEIS AGR: Antônio Carlos Marques CREA 129.499/7-SP QUIM: Luis Roberto Póssolo CREA 138.690/0-SP |
| mmol = mmol/dm3 1 mmol = 10 x mg/100 ml ALD = Abaixo Limite Detecção AÑS = Análise Não Solicitada NI = Não Informado(s) | OBS: RESULTADOS EM BASE PESO/ PESO E MATÉRIA SECA. RESULTADO DE pH EM CaCl2 0,01 M. | ENGENHEIROS RESPONSÁVEIS AGR: Antônio Carlos Marques CREA 129.499/7-SP QUIM: Luis Roberto Póssolo CREA 138.690/0-SP | | | |
| <small>Análise(s) realizada(s) com base em amostra(s) de material, acima identificada(s), entregue(s) em nossos laboratórios</small> | | | | | |
| <small>MATRIZ: R. SANTO ANTONIO CLARET 161-J.CHAPADÃO CAMPINAS-SP CEP:13070-145 EMAIL:unithal@unithal.com.br FONE:(0xx19) 3242-6477</small> | | | | | |