

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ESTÁGIO OBRIGATÓRIO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**TRANSFERÊNCIA TECNOLÓGICA DO PROJETO DE COLETA
SELETIVA E COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS DA
UFSC PARA A UFGD.**

Victor Oziel Meier Elias

Florianópolis

Junho/2014

Victor Oziel Meier Elias

**TRANSFERÊNCIA TECNOLÓGICA DO PROJETO DE COLETA
SELETIVA E COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS DA
UFSC PARA A UFGD.**

Relatório de estágio apresentado em formato de TCC ao curso de Graduação em Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Professor Paul Richard Momsen Miller, PhD
Supervisor: Professora Angélica Margarete Guimarães, Dr^a.
Local de Estágio: Universidade Federal da Grande Dourados.

Florianópolis – SC

2014

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família pelo total apoio a minha formação como pessoa, estudante, acadêmico e pesquisador. A minha supervisora que acreditou no projeto desenvolvido na UFSC e me apoiou em todos os aspectos, inclusive cedendo sua casa para minha estadia, tornando possível a realização do estágio de conclusão de curso na UFGD. Agradeço a direção do RU que me liberou diversas refeições e permitiu a realização do trabalho e a toda equipe de funcionários do RU que colaboraram, assim como a direção e o pessoal do setor de transportes da UFGD que me prestaram auxílio fundamental na realização da coleta de Resíduos Orgânicos. Valeu pela amizade Anderson Rezende, coordenador do ITESS. Obrigado a todas as pessoas aleatórias que me deram inúmeras caronas para ir e voltar da Faculdade.

Agradeço ao meu professor, orientador, chefe e grande amigo Rick, pelos ensinamentos e orientações e principalmente por proporcionar a oportunidade de trabalhar e evoluir nesse ambiente de pura vida que é a compostagem da UFSC. A todos os colegas do pátio de compostagem, pela amizade e companheirismo. É muito gratificante ter feito parte desse projeto maravilhoso. Agradecimento em especial para meus colegas de compostagem e sala de aula, Fernando Meyer e Guilherme Brand pela parceria e ajuda mútua em detalhes que envolveram a elaboração do TCC. Em fim, agradeço a todos os colegas, professores e amigos que fiz nesses anos incríveis de faculdade.

RESUMO

RESUMO: A compostagem em leiras estáticas com aeração natural é um sistema empregado desde 1994 na UFSC, o qual visa à reciclagem integral de determinadas classes de resíduos orgânicos produzidos na Universidade. Esse modelo para tratamento de resíduos urbanos possibilita as empresas, restaurantes, escolas e universidades à adequação a Política Nacional de Resíduos Sólidos, além de fornecer benefícios ecológicos e econômicos para toda a sociedade. No presente trabalho foi elaborada uma leira estática experimental na UFGD no intuito de observar o desempenho do processo de compostagem e apresentar essa biotecnologia para as pessoas e gestores envolvidos com a questão de resíduos sólidos. O alcance e manutenção da fase termofílica nas leiras associado a benefícios sociais, ambientais e econômicos puderam comprovar a importância e eficiência do método em região caracterizada por clima de Cerrado.

Palavras-chave: Compostagem Termofílica; Resíduos Orgânicos; Educação Ambiental

ABSTRACT

COLLECTION SELECTIVE AND ORGANIC WASTE COMPOSTING UFSC PROJECT TRANSFERS TECHNOLOGY FOR UFGD.

ABSTRACT: Composting in static piles with natural aeration is a system used at UFSC since, which aims at the full recycling of certain organic waste produced in University. This model for the treatment of municipal waste enables companies, restaurants, schools and universities to fitness for the National Solid Waste Policy and provides ecological and economic benefits for society. In this study an experimental static windrow was drawn up UFGD in order to observe the performance of the composting process and present this biotechnology for people and managers involved with the issue of solid waste. The achievement and maintenance of thermophilic phase in windrows associated with social, environmental and economic benefits could prove the importance and efficiency of the method in a region characterized by Cerrado tropical climate.

Key words: Thermophilic Composting; Organic Waste; Environmental Education

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proporção do serviço de coleta seletiva de resíduos domiciliares de qualquer modalidade em municípios brasileiros.....	26
Figura 2. Gráfico representativo dos locais utilizados para destinação dos resíduos domiciliares e resíduos públicos no Brasil.	27
Figura 3. Adaptação de Buttenbender (2004), do esquema simplificado do processo de compostagem.	34
Figura 4. Adaptação do autor de representação das características dos resíduos orgânicos e influências diretas e indiretas no processo de compostagem.	36
Figura 5. Adaptação do autor de representação esquemática do processo de compostagem em leiras estáticas com aeração natural.....	45
Figura 6. Foto da década de 90 de coleta de resíduos orgânicos nas lanchonetes da UFSC.....	48
Figura 7. Leiras de compostagem do pátio da UFSC. Foto retirada de cima de um monte de composto. Ao fundo na parte central, uma pequena pilha de composto em maturação.	49
Figura 8. Bolsistas do curso de Agronomia da UFSC despejando resíduos na leira.	50
Figuras 9. a) Carrinho de transporte rústico, maravalha com dejetos dentro de galões e montes de palha ao fundo. b) bolsistas despejando cama de animais em leira recém inoculada.	51
Figura 10. Bolsistas do pátio no setor de lavação de bombonas.....	52
Figura 11. Gráfico da quantidade de resíduos orgânicos coletados e despejados na leira ao longo do período experimental; representados por restos de hortaliças e alimentos em azul e maravalha com dejetos de cobaias em vermelho.....	56
Figura 12. Gráfico de resíduos volumosos (palha verde e folhas), estimados em litros, utilizados na leira de compostagem.....	57
Figuras 13. a) Agricultoras vinculadas a projetos da ITESS próximas a leira de compostagem. b) Autor, diretora, professoras da Escola Vicente Palloti e aluna do curso de nutrição, interessadas no experimento.	58
Figura 14. Minicurso e palestra para alunas do Curso de Nutrição da UFGD.	59
Figura 15. Elaboração de uma leira de compostagem na Escola Estadual Vicente Palloti.	59
Figuras 16. a) Montagem da estrutura da leira com palha. b) Mini-curso de compostagem.....	59
Figuras 17. Apresentação do projeto de compostagem. b) Final da palestra com alunos e professores.	60
Figura 18. Adaptação do autor referente ao croqui representativo da área onde foi realizado o experimento. Autora: Angélica Magalhães.	60
Figuras 19. a) Estruturação da leira de compostagem com palhada e galhos. b) Resíduos do Restaurante Universitário, maravalha com dejetos e terra com frutos em decomposição.	61

Figuras 20. a) Material orgânico espalhado na leira. b) Maravalha, em pequena quantidade, espalhada sob o material orgânico.	61
Figura 21. Leira fechada com palha, no primeiro dia 10/02/2014, de execução da compostagem.	62
Figura 22. Foto da leira de compostagem tirada na data 07/03/2014.	62
Figuras 23. a) Leira com a camada de palha superficial removida. b) Mistura de resíduos após revolvimento manual interno da leira.	63
Figuras 24. c) Excedentes não aproveitados de pré-preparo despejados na leira. d) Leira novamente revolvida com ferramenta agrícola.	63
Figuras 25. e) Aplicação de uma camada de maravalha com dejetos. f) cobertura da leira com aparas de grama.	63
Figura 26. Média dos valores diários das temperaturas internas da leira (T_m) de compostagem em detrimento da temperatura ambiente (T_a) máxima e a temperatura ambiente mínima.	66
Figura 27. Gráfico que demonstra a ocorrência e o volume de precipitação pluviométrica no período experimental.	66
Figuras 28. Termômetro digital medindo 65°C e 72°C , respectivamente.	68
Figuras 29. a) Acréscimo de folhas, no segundo dia de experimento, para promover maior porosidade. b) utilização ocasional de folhas como alternativa para a pouca disponibilidade de serragem.	69
Figuras 30. a) Leira revirada e presença de vapor da água expelido, à esquerda. b) Leira com restos de pré-preparo, à direita.	71
Figuras 31. a) Leira coberta, 21/02. b) Leira parcialmente aberta no dia 24/03, à direita.	72
Figuras 32. a) Autor ao lado da leira de compostagem no dia 13/02. b) à direita, leira coberta no ultimo dia de coleta de dados, 24/03/2014.	73
Figura 33. Lateral da leira no final do período de aplicação de resíduos.	73
Figura 34. Diagrama de operações em um pátio de compostagem de resíduos orgânicos de coleta seletiva (separação na fonte) e emprego do método de leiras estáticas.	74
Figuras 35. Esquema de abertura de sulco de drenagem proposto por colega em pátio de compostagem localizado no Rio de Janeiro.	76
Figuras 36. a) Presença de cascalho em vala aberta no Pátio UFSC. b) Manta geotérmica e montes de areia. c) Caixa coletora do líquido percolado das leiras.	76

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. JUSTIFICATIVA.....	11
3. OBJETIVOS	13
3.1 Objetivo Geral	13
3.2 Objetivos Específicos.....	13
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
4.1 Matéria Orgânica, Húmus e Composto Orgânico.....	13
4.2 Atividade Biológica, Nutrição e Sanidade Vegetal.	16
4.3 Crescimento Populacional e Desafios Atuais.....	21
4.4 O Paradigma do Crescimento Econômico e a Consciência Ambiental	22
4.5 Desafios na Área de Resíduos Sólidos Urbanos.	24
4.6 Descentralização do Tratamento de Resíduos Orgânicos.....	28
4.7 Aproveitamento dos Resíduos através da Formação de Insumo Agrícola..	30
4.8 Compostagem Termofílica.	33
4.8.1 Temperatura	38
4.8.2 Oxigênio.....	40
4.8.3 Umidade	41
4.8.4 Relação Carbono/Nitrogênio e Granulometria	41
4.8.5 pH	42
4.9 Considerações sobre Métodos de Compostagem	43
4.9.1 Sistema de Leiras Estáticas com Aeração Natural.	45
5. MÉTODO DE COMPOSTAGEM DESENVOLVIDO NA UFSC.	46
5.1 Dinâmicas de Funcionamento, Coleta e Recebimento de Materiais no Pátio da UFSC	47
5.2 Montagem e Operações nas Leiras Estáticas com Aeração Natural.	49
6. METODOLOGIA.....	54
6.1 Atividades de Extensão.....	58
6.2 Local e Início da Leira Experimental na UFGD.	60
6.3 Sequência do Manejo Tradicional na Leira de Compostagem Experimental em Fotos.	62
6.4 Condições Climáticas de Dourados-MS nos Meses de Fevereiro e Março. 64	
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64

8. CONSIDERAÇÕES SOBRE IMPLANTANÇÃO DE PÁTIO DE COMPOSTAGEM NA UFGD.....	73
9. CONCLUSÕES	78
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
11. REFERÊNCIAS.....	80

1. INTRODUÇÃO

Devido à expansão e ao crescimento, industrial, populacional e econômico mundial que segue uma lógica de produção e consumo para movimentar a economia, a questão que envolve a não geração, redução, reutilização, reciclagem de resíduos e descarte de rejeitos, esta sendo cada vez mais debatida no intuito de encontrar mecanismos e alternativas de minimização de impactos ambientais e sociais.

Alternativa socialmente justa, ecologicamente correta, economicamente viável, culturalmente diversificada e amparada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, a técnica de compostagem tem como objetivo primário fornecer um local para tratamento adequado dos resíduos orgânicos e, por fim, formar um insumo agrícola extremamente rico na reestruturação e fertilidade dos solos. Este processo além de aliar os três pilares da sustentabilidade caracterizados pelo desenvolvimento social, econômico e ambiental, também permite a adequação de estabelecimentos comerciais e municípios à Lei n.º 12.305/2010 (BRASIL, 2010), que foi regulamentada pelo Decreto nº 7.404 (BRASIL, 2010).

Compostagem é um processo aeróbico de aproveitamento e transformação de resíduos através do fenômeno de decomposição biológica e estabilização de substratos orgânicos sob condições controladas que permitem o desenvolvimento de temperaturas termofílicas como resultado do calor produzido biologicamente, para produzir um produto final que é estável, livre de patógenos e sementes de plantas e pode ser aplicado de maneira benéfica ao solo (KIEHL, 1985; HAUG, 1993; EPSTEIN, 1997).

O Projeto de Coleta Seletiva e Compostagem de Resíduos Orgânicos desenvolvido na UFSC, o qual utiliza o sistema de leiras estáticas com aeração natural, pode servir de modelo para outras Universidades, principalmente pela semelhança de resíduos sólidos produzidos nas mesmas. Nas Universidades são geradas quantidades elevadas de determinados resíduos orgânicos que podem ser tratados localmente com economia e qualidade. Com ênfase na observação e respeito à ecologia do processo, através da devida disposição de materiais volumosos, fibrosos ou estruturantes com resíduos orgânicos densos, é possível criar um ambiente propício para a aceleração da atividade biológica e

maximização da reciclagem de maneira segura e eficiente, obtendo-se como produto final um importante insumo agrícola.

2. JUSTIFICATIVA

A preocupação com a questão que envolve os resíduos sólidos urbanos não é recente, sendo discutida há algumas décadas nas esferas nacionais e internacionais, devido à expansão da consciência coletiva com relação ao meio ambiente, condição social dos trabalhadores e principalmente como necessidade global. A complexidade das atuais demandas ambientais, sociais e econômicas induz a um novo posicionamento dos três níveis de governo, da sociedade civil e da iniciativa privada. A Política Nacional de Resíduos Sólidos estipulou metas importantes que contribuem para a eliminação dos lixões e institui instrumentos de planejamento nos níveis nacional, estadual, regional, metropolitano e municipal além de impor que particulares elaborem seus Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2014).

Da atividade humana resulta a geração de diversos materiais, a industrialização, expansão urbana, os padrões de consumo da sociedade moderna, entre outros fatores contribuem e intensificam o debate referente à geração e tratamento dos resíduos domiciliares, urbanos, agrícolas e industriais. Grande parte do lixo urbano é constituída por material orgânico, o qual sofre intensa e rápida decomposição em relação a outros materiais recicláveis. Todavia a disposição inadequada desses resíduos tem elevado potencial de gerar problemas de saúde pública e ambientais como, a contaminação de solos, águas superficiais e subterrâneas, proliferação e disseminação de vetores e doenças, contaminação visual e olfativa, o que acarreta em gastos públicos elevados, problemas sociais e de saúde pública e diminuição da qualidade de vida da população, principalmente da classe mais pobre.

Conforme dados do IBGE 2008, da quantidade total diária de resíduos domiciliares e públicos coletados no país, que representavam aproximadamente 260.000 toneladas/dia, apenas 1.635 toneladas eram tratadas pelo método de compostagem em detrimento de 45.000t, 40.000t e 168.000t que tem como destino lixões a céu aberto, aterro controlado e aterro sanitário respectivamente.

No Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil 2012, da Abrelpe, consta que 42% (23.767.224 t/ano) dos resíduos sólidos urbanos coletados nos municípios têm destinação inadequada. No Centro-Oeste, a geração de resíduos sólidos superou as 16 mil toneladas por dia (1,25 kg/dia por habitante) em 2012. Do volume gerado, 92,11% foi coletado, entretanto, menos de 30% dos resíduos coletados tiveram destino adequado sendo o menor percentual de adequação do País. Esses dados refletem a falta de comprometimento e investimento no planejamento e ações referentes ao tratamento adequado dos resíduos sólidos urbanos.

O Método UFSC de Compostagem, idealizado por acadêmicos de Agronomia, orientados pelo Professor Paul Richard Miller, surge como alternativa para atenuação da problemática dos resíduos orgânicos, pois se trata de um modelo de baixo custo de implantação e operacional, é eficiente na maximização da reciclagem orgânica e tem caráter pedagógico-científico, tecnológico, educacional e sustentável. O projeto é modelo de gestão de resíduos orgânicos para todo o país, pois reciclava praticamente 100% dos resíduos orgânicos produzidos na Universidade Federal de Santa Catarina, representando uma estratégia de extrema utilidade pública, com economia de recursos financeiros e atendimento ao público, seja através do fornecimento de adubo para projetos sociais, seja pela visita constante de diversos grupos de pessoas que podiam compreender a importância da reciclagem orgânica.

Os serviços de coleta e disposição dos resíduos produzidos nas Universidades, em sua grande maioria são terceirizados, o que encarece o orçamento mensal e pode tornar todo o processo de coleta e tratamento de resíduos oneroso e ineficiente. O tratamento dos resíduos orgânicos pode ser realizado localmente de maneira descentralizada. Os restos vegetais provenientes da manutenção do campus universitário, as maravalhas com dejetos de laboratórios e biotérios e os restos de pré-preparo e pós-consumo de alimentos oriundos de restaurantes e lanchonetes não devem ser encarados como um sério problema a ser mandado para bem longe, mas como constituintes importantes para a educação ambiental dos cidadãos e para obtenção de um produto final bioestabilizado, livre de patógenos e rico em substâncias húmicas. Dessa maneira a Universidade cumpre seu papel sócio-ambiental e serve de modelo para

escolas, restaurantes, supermercados e empresas, além de ampliar a visão dos acadêmicos, os quais serão sensibilizados, capacitados e conscientes na difusão de tecnologias que atendam a demandas reais da sociedade.

Portanto esse trabalho se propõe a transferir uma tecnologia descentralizada de tratamento seguro de resíduos orgânicos em conjunto com o exercício da educação ambiental, agregação de valor aos resíduos e produção sustentável de alimentos.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Apresentar o Método UFSC de Compostagem, como alternativa tecnológica para o tratamento de Resíduos Orgânicos gerados na Universidade Federal da Grande Dourados.

3.2 Objetivos Específicos

- Elaborar uma leira estática com aeração natural.
- Observar e avaliar o desempenho do processo.
- Monitoramento da temperatura no interior da leira de compostagem.
- Promover educação ambiental através de diálogos e minicursos de compostagem.
- Estimular a prática de compostagem no intuito de promover a reciclagem integral dos resíduos orgânicos produzidos na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Matéria Orgânica, Húmus e Composto Orgânico.

A matéria orgânica do solo é um termo amplo que engloba os resíduos vegetais em estágios variados de decomposição, a biomassa microbiana, as

raízes e a fração mais estável (húmus), as quais condicionam as características químicas, físicas e biológicas do solo. Celulose, lignina, proteínas, lipídios e outras substâncias são convertidas pela degradação microbiana ou por ressíntese em grupo amorfo de substâncias de coloração castanho-escura, genericamente conhecida como material húmico do solo. Os produtos formados associam-se em estruturas químicas complexas, atingindo maior estabilidade do que os materiais de origem, bem como apresentam estrutura e natureza particulares. Parte do material húmico ainda poderá sofrer degradação ou mineralização dando origem a moléculas simples, que podem ser utilizadas pela biota do solo e vegetais (SANTOS, 2008).

O húmus do solo é formado por moléculas recalcitrantes de origem vegetal e microbiana, combinadas através de reações de polimerização e ressíntese, com compostos fenólicos derivados da lignina. Esses núcleos químicos são condensados com a ajuda de elementos metálicos em arranjos moleculares complexos e de alta solubilidade química. Portanto, o húmus pode ser considerado um subproduto das transformações que os materiais orgânicos sofrem no solo. As substâncias húmicas e outros componentes da matéria orgânica do solo podem exercer efeitos fisiológicos diretos sobre as plantas, atuando como aceptores de elétrons e como fonte de vitaminas, substâncias reguladoras e agentes microbianos (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Embora recalcitrantes, as substâncias húmicas podem servir de fonte de energia para alguns microrganismos especializados. Atuam também como agentes quelantes que reduzem a toxicidade de metais e poluentes, modificam membranas retardando a plasmólise de células microbianas e indiretamente melhoram o ambiente físico-químico do habitat, favorecendo a sobrevivência e atividade microbiana. As substâncias húmicas aumentam a respiração, o teor de clorofila e a fotossíntese, além da síntese de ácidos nucleicos e proteínas nos vegetais. O húmus tem elevado “poder tampão” químico e biológico. Essas substâncias favorecem vários processos macro e microbiológicos que ocorrem na formação, interações e transformações físicas químicas e biológicas do solo. Devido à riqueza, complexidade e importância desse material é possível dizer que é um dos principais pilares da sustentabilidade dos ecossistemas terrestres (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). O composto orgânico não deve ser denominado

de húmus para não haver confusão de definições, no entanto este possui características similares ao húmus sendo rico em substâncias húmicas e também favorece a biodiversidade e o equilíbrio físico, químico e biológico do solo (MILLER, 1993; INÁCIO & MILLER, 2009).

Evidências da contribuição da matéria orgânica do solo e dos microrganismos, especialmente dos filamentos, são encontrados no fato de que, tanto a formação quanto a estabilidade dos agregados, mostram correlações altas e positivas com o teor de matéria orgânica do solo e comprimento de hifas e raízes (MILLER, 1993). A matéria orgânica é um componente fundamental da capacidade produtiva dos solos, por causa dos seus efeitos sobre a disponibilidade de nutrientes, a capacidade de troca de cátions, a complexação de elementos tóxicos e micronutrientes, a agregação, a infiltração e a retenção de água, a aeração, e favorecimento da diversidade e atividade biológica (BAYER & MIELNICZUK, 2008).

A adição de matéria orgânica no solo, quando melhora a sua bioestrutura é uma medida de melhorar a saúde vegetal, não somente porque melhora a estrutura grumosa, mas por contribuir, também, à diversificação da microvida e fauna terrícola. A matéria orgânica contribui para a sanidade vegetal, por diversificar a vida do solo, produzir substâncias fungistáticas como fenóis e permitir a produção de antibióticos por bactérias. Quanto mais intensa for a decomposição do material vegetal morto, tanto maior será seu efeito agregante sobre o solo. Portanto, quanto maior a decomposição dos restos vegetais e quanto mais ativa a formação de substâncias intermediárias de decomposição, tanto maior o efeito benéfico sobre a estrutura do solo. A diferença fundamental entre húmus e restos orgânicos é que húmus já constitui um produto intermediário de decomposição, enquanto nos restos vegetais estes ainda devem ser produzidos (PRIMAVESI, 2002).

Os resíduos orgânicos urbanos não podem ser aplicados ao solo de maneira indiscriminada e sem tratamento prévio, além de aspectos sanitários deve se levar em conta os fenômenos de imobilização/mineralização, já bem conhecidos por quem realiza adubação verde. Algumas substâncias são liberadas ao solo em detrimento de outras que são consumidas pelos microrganismos. A imobilização atende a demanda nutricional da microbiota, já a mineralização

tende a transformar macromoléculas em forma inorgânicas que podem ser absorvidas e assimiladas pelos vegetais.

O composto orgânico quando em estágio mais avançado de decomposição, ou em maior grau de maturação, apresenta relação C/N mais baixa, tendo capacidade de liberar boa quantidade de substâncias minerais para as plantas, ao passo que quando o composto orgânico ainda está em fases iniciais de maturação, a relação C/N é mais elevada, e se aplicado ao solo pode favorecer a imobilização microbiana o que acarreta em competição por nutrientes entre as plantas e os microorganismos. Portanto quando o composto é aplicado em estágio intermediário de decomposição é recomendado que haja um período de repouso da área de cultivo, para promover maior bioestruturação do solo e posteriormente, quando o composto já estiver num grau adequado de mineralização, poderá ser aproveitado diretamente para adubação dos vegetais. Não existem datas e tempos precisos, pois o composto é constituído de substâncias e arranjos moleculares variáveis, sendo que a experiência do agrônomo é muito importante na tomada de decisões.

É importante ressaltar que apesar da decomposição ocorrer de forma natural no meio ambiente, a técnica de compostagem diminui muito o período de decomposição dos resíduos. Quando os resíduos orgânicos são depositados de maneira arbitrária no solo não existe o equilíbrio de umidade, granulometria, e relação C/N dos materiais, o que torna a decomposição lenta e não viabiliza sistemas de produção agropecuários. É por essas características em conjunto com outros fatores envolvidos, que a compostagem favorece a formação de substâncias húmicas complexas e extremamente desejáveis no manejo ecológico dos solos.

4.2 Atividade Biológica, Nutrição e Sanidade Vegetal.

De modo geral, os microrganismos heterotróficos ou saprófagos agem, em última instância, sobre corpos mortos de vegetais e animais. Esse tipo de decomposição, certamente, é o resultado pelo qual bactérias e fungos obtêm seu alimento. A decomposição, portanto, ocorre por intermédio das transformações de energia dentro de organismos e entre eles, e é uma função absolutamente vital.

Nas células bacterianas e dos micélios do fungo existem enzimas necessárias para determinação de reações químicas específicas. Essas enzimas são secretadas dentro da matéria morta. Alguns dos produtos da decomposição são absorvidos pelo organismo como alimento, ao passo que outros permanecem no ambiente ou são excretados das células. Detritos, substâncias húmicas e outros materiais orgânicos em decomposição são importantes para a fertilidade, pois esses materiais fornecem uma textura de solo favorável para o crescimento dos vegetais. Vários compostos presentes no solo afetam muito a disponibilidade biológica dos minerais absorvidos pelas plantas (ODUM & BARRET, 2007).

A capacidade heterotrófica, ou decompositora do solo, torna esse ambiente um grande biorreator ou bioincinerador que regula processos globais essenciais à manutenção da vida, através da contínua transformação dos compostos e elementos que constituem os ciclos biogeoquímicos. Solos bem estruturados, com agregados estáveis e poros com tamanhos diversos, são requeridos para boa atividade microbiana, retenção de água e penetração das raízes, resultando em boa qualidade do solo. O processo de agregação do solo é bastante complexo e envolve ação de fatores abióticos e bióticos. Os organismos presentes do solo exercem uma ação física na adesão entre partículas, atuando como ligantes físicos e produzindo agentes colantes, agregantes ou cimentantes, como polissacarídeos de alta viscosidade e substâncias húmicas, que se acumulam como resultado da ação enzimática e metabólica de microrganismos (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Solos ricos em matéria orgânica e raízes vegetais apresentam maior número de organismos saprófagos, coprófagos e detritívoros o que cria um ambiente propício para existência de bactérias, fungos, amebas e nematóides, os quais predigerem o alimento no solo liberando metabólitos e enzimas que transformam não somente a matéria orgânica, mas também aumentam o potencial enzimático do solo. O manejo dos microrganismos do solo se faz, criando um ambiente que lhes é favorável. Controla-se a microflora do solo diversificando-a, podendo assim evitar pragas e doenças vegetais. O aparecimento de determinados microrganismos, como fixadores de nitrogênio, agregadores do solo ou mobilizadores de nutrientes é favorecido pela manutenção de pH satisfatório à sua atividade e fornecimento de nutrientes e

minerais que lhe são indispensáveis. O número e diversidade de espécies são influenciados pela quantidade de alimento disponível. (PRIMAVESI, 2002).

É importante a natureza dos materiais que fornecem carbono, nutrientes e energia, assim como a dinâmica dos fatores físicos-químicos que afetam o metabolismo celular e a disponibilidade de substrato. Um solo não pode ser considerado como fértil pela mera observação da quantidade total de elementos ou macronutrientes como carbono, nitrogênio e potássio, deve ser levada em consideração a qualidade da matéria orgânica presente no solo, assim como o arranjo e as formas moleculares que os elementos químicos se encontram no solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

As plantas crescem melhor quando se utiliza adubos orgânicos em relação ao uso exclusivo de formulações sintéticas, pela ocorrência de maior taxa de fixação biológica de nitrogênio pelas bactérias, assim como favorece a associação micorrízica entre fungos e raízes vegetais, o que favorece maior exploração em profundidade e absorção de nutrientes do solo pelas plantas. Isso também se explica pelo fato de que os fixadores produzem triptofano e ácido-indol-acético, de que necessitam para o processo de fixação, mas que são poderosos hormônios de crescimento para as plantas. De modo geral uma nodulação efetiva depende da quantidade de cálcio e fósforo, bem como do transporte de carboidratos à raiz, fatores que são influenciados pela adição de matéria orgânica ao solo (PRIMAVESI, 2002).

Com a perda da matéria orgânica decresce a capacidade de troca de cátions, sendo que a fração húmica da matéria orgânica apresenta CTC em torno de 400-800 cmolc kg^{-1} . A capacidade de solo tropical em trocar cátions (CTC), isto é, de manter cálcio, potássio, magnésio e sódio disponíveis a planta, depende em parte do teor de matéria orgânica. Quanto menor for a CTC do solo, tanto mais perigosa uma desproporção de nutrientes. A toxicidade do íon alumínio e de outros micronutrientes não é absoluta, mas sim relativa e depende do seu equilíbrio com os demais cátions presentes no solo. A matéria orgânica é um poderoso amortecedor de erros de manejo, pois aumenta o poder tampão do solo e disponibiliza os nutrientes gradativamente mesmo quando aplicado em grandes quantidades, o que diminui os perigos de desequilíbrios nutricionais dos vegetais que podem ser causados por uma adubação química arbitrária ou através de uma

adubação orgânica excessiva com dejetos não tratados. (BAYER & MIELNICZUK, 2008; PRIMAVESI, 2002).

Sabe-se ao certo que o fósforo é de fácil disponibilidade em solos grumosos, bem agregados, e é quase ausente em solos compactados. Solos compactados, com pouca umidade, com incidência direta dos raios solares, baixa variedade de cultivos e pouca biodiversidade dificultam as relações que formam o equilíbrio de populações da micro, meso e macrofauna, o que pode gerar predomínio de poucas espécies de populações mais adaptadas as condições mais adversas causando desequilíbrios populacionais que por fim, resultam no favorecimento da ocorrência de pragas e doenças (PRIMAVESI, 2002).

Trichoderma spp. são fungos de solo que estão entre os agentes de controle biológico mais estudados e comercialmente vendidos como biopesticidas, biofertilizantes e inoculantes de solo. Foram encontradas no composto orgânico do pátio da UFSC, espécies de *Trichoderma* spp. Os isolados de *Trichoderma* spp., do composto de um e dois anos de período de maturação em contato com o solo, em análises laboratoriais apresentaram comportamento diferente do isolado comercial, quando avaliados individualmente ou frente a patógenos. Os isolados do composto apresentam elevado potencial para o controle biológico utilizando como um provável mecanismo, a competição por espaço e nutrientes (BRITO et. al., 2010).

Microrganismos do gênero *Streptomyces*, devido a sua capacidade de produzir várias enzimas extracelulares têm importância nos processos de compostagem e biotecnológicos. Também são conhecidas por produzirem um grande número de antibióticos, assim como, antifúngicos, antivirais e antitumorais. Destes destacam-se os antibióticos e enzimas utilizados na medicina. Bactérias do gênero *Streptomyces* spp. são de grande importância nos processos de compostagem, pois possuem a capacidade de degradar lignocelulose, lignina e celulose, compostos conhecidos como sendo de difícil degradação. Portanto esses microrganismos extremamente benéficos podem se encontrar em elevadas quantidades no processo de compostagem. Segundo diversos estudos, isolados dessas espécies são produtores de compostos capazes de inibir o crescimento de bactérias, fungos e leveduras indesejáveis, assim como os compostos bioativos

benéficos podem ser purificados e produzidos em larga escala para uso farmacêutico e na área agrícola (POSENATO et. al., 2008).

A adubação orgânica favorece e complementa a eficiência da adubação química por favorecer o poder tampão, a dinâmica de troca de cátions, a complexação de íons metálicos; e assim permitir um maior equilíbrio de proporções entre os macro e micronutrientes ou entre ânions e cátions existentes na solução do solo. Com o favorecimento da maior atividade biológica no solo a tendência é que haja melhor distribuição de nutrientes ao longo do perfil do solo e assim, melhor distribuição das raízes e assimilação de nutrientes pelos vegetais.

A sanidade vegetal está relacionada à sanidade do solo e os plantadores de soja e algodão do Mato Grosso do Sul sabem que em terra inexplorada, biodiversa e rica em matéria orgânica a cultura apresenta excelente desempenho, já em terra desgastada e após alguns anos de cultivo de plantas anuais com baixa diversificação, às culturas da soja e do algodão constituem um verdadeiro ambulatório de pragas e doenças que prevalecem por que o meio ambiente do solo lhes é favorável. Portanto não se deve simplesmente combater as pragas e doenças atacando os patógenos, mas alterar as condições do meio para que os mesmos sejam controlados através da restituição das populações de antagonistas e promoção do equilíbrio cultural e biológico do meio.

A agricultura praticada na propriedade rural deve ser baseada numa visão integrada e em longo prazo. Devido à importância da produtividade agrícola, não é recomendado possuir uma visão radical contra o uso da tecnologia e de insumos químicos, pois ambos são importantes na produção de alimentos, principalmente em latifúndios. A adubação orgânica melhora a estrutura do solo, mas exige elevadas quantidades para manutenção da produtividade atual nas lavouras de alto rendimento, enquanto que a adubação química surge como alternativa, pois fornece os nutrientes prontamente assimiláveis para as plantas. Portanto, esses dois métodos de fertilização devem ser valorizados num contexto de produção agropecuária e podem ser utilizados em conjunto. As plantas beneficiadas pela matéria orgânica em expansão radicular e associação micorrízica, estarão propícias a absorver de maneira mais eficiente e equilibrada os íons provenientes da solução do solo.

Durante a compostagem, ocorre a decomposição com perda de carbono, hidrogênio e oxigênio sendo que grande parte do nitrogênio permanece no composto, portanto a relação C/N do produto fica mais baixa, o que torna o produto final dotado de elevada carga de substâncias minerais assimiláveis pelos vegetais, representadas por macronutrientes; N, P, K, S, Ca e Mg e micronutrientes.

Em suma, a umidade, porosidade, capacidade de retenção de água, teor de nutrientes, fixação de nitrogênio do ar e as relações ecológicas entre populações são fatores inter-relacionados que irão afetar todo equilíbrio da vida no solo e conseqüentemente a nutrição e o desenvolvimento vegetal. Portanto é necessário seguir uma lógica de nutrir a vida existente no solo para que este seja um adequado e equilibrado ambiente bioestrutural de elevada capacidade de fornecimento de nutrientes para o desenvolvimento vegetal.

4.3 Crescimento Populacional e Desafios Atuais.

Durante este século, entre as certezas que temos, pode-se dizer que a humanidade continuará a crescer em números; que algo terá de ser feito em relação à poluição de nossos sistemas de suporte à vida; que a humanidade terá de enfrentar uma importante transição no uso da energia, predominantemente de combustíveis fósseis para outras fontes renováveis, e, por fim, como não há previsões para controles de ajuste, que a humanidade irá ultrapassar sua capacidade de suporte ótima, fenômeno que já ocorre com muitos recursos, levando a ciclos de explosão e colapso. O desafio no futuro não será como evitar a ultrapassagem, mas, sim, como sobreviver a ela reduzindo as dimensões do crescimento, do consumo e desperdício de recursos e da poluição (ODUM & BARRET, 2007).

O extraordinário crescimento populacional em conjunto com a artificialização dos hábitos da humanidade, a luta de interesses e classes sociais, os padrões de consumo e inversão de valores, a busca incessante por capital e lucros entre outras características das sociedades modernas são fatores chave nos processos de ocupação urbana, expansão econômica e degradação ambiental. É cada vez menor a parcela da população mundial em contato com a

terra e do cultivo de alimentos com respeito à resiliência dos sistemas produtivos e do meio ambiente. Ao seguir uma lógica mecanicista, reducionista e ambiciosa, o homem explora os recursos terrestres inescrupulosamente tratando a terra somente como fonte de matérias primas para a obtenção e transformação de produtos destinados ao seu conforto imediato.

A humanidade mais que qualquer outra espécie, tenta modificar o ambiente físico para suprir suas necessidades imediatas e em muitos casos supérfluas. Os componentes bióticos necessários para nossa existência fisiológica estão sendo destruídos, e o equilíbrio global esta começando a ser perturbado e modificado resultando em mudanças climáticas imprevisíveis e escassez e contaminação de recursos. Por sermos heterótrofos, que prosperam mais perto do fim das complexas cadeias alimentares e de energia, dependemos do ambiente natural, por mais sofisticada que seja nossa tecnologia. As cidades podem ser vistas como “parasitas” na biosfera se considerarmos os recursos de sustento à vida, a saber, ar, água, combustível e alimento. Quanto maiores e mais avançadas tecnologicamente, mais as cidades exigem do entorno rural e maior o perigo de danificar o capital natural (ODUM & BARRET, 2007).

Os fatores limitantes na agricultura são somente os sintomas de um distúrbio mais sistêmico, inerente aos desequilíbrios dentro do agroecossistema. Os enfoques que percebem o problema da sustentabilidade somente como um desafio tecnológico da produção não conseguem chegar às razões fundamentais da ausência de real sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Novos agroecossistemas sustentáveis não podem ser implementados sem uma mudança nos determinantes socioeconômicos que governam o que é produzido, como é produzido e para quem é produzido. Para serem eficazes, as estratégias de desenvolvimento devem incorporar não somente dimensões tecnológicas, mas também questões sociais e econômicas para acabar de fato com a miséria no campo e nas cidades (ALTIERI, 2002).

4.4 O Paradigma do Crescimento Econômico e a Consciência Ambiental

O verdadeiro desafio que a sociedade enfrenta consiste numa real necessidade de mudança de referências e de valores nos quais se apóiam as

oportunidades de crescimento econômico. Existe a demanda urgente de reconstrução da relação entre sociedade e natureza, economia e ética. Trata-se de criar bens úteis e relevantes para os indivíduos, seguindo-se uma lógica de garantir e possibilitar que haja uma verdadeira liberdade de escolha para as pessoas em conjunto com o respeito à finitude dos recursos do planeta.

A discussão dos maiores problemas que a sociedade enfrenta atualmente, representados pela fome, desigualdades sociais, efeito estufa, poluição, acesso a educação, saneamento básico, entre outros, estão inter-relacionados com a forma que o sistema oferece as oportunidades de ocupação da população. Portanto, o crescimento econômico aliado ao acesso de maior parcela da população a bens de consumo e serviços não refletem no aumento da qualidade de vida e muito menos na preservação ambiental, pregando-se e difundido filosofias falsamente sustentáveis.

Atualmente a maioria das famílias tem televisão em casa e aparelhos celulares, ao passo que no próprio bairro ou na comunidade ao lado os serviços de saneamento básico são deficientes ou inexistentes. As metrópoles e muitas cidades litorâneas convivem com a elevação do poder aquisitivo dos cidadãos, ao mesmo tempo em que presencia a poluição dos mares e rios, assim como convive com o tráfego intenso e a insegurança urbana representada pelos mais variados tipos de violência a liberdade individual.

O segredo da nova economia está na emergência de um metabolismo social, capaz de garantir a permanência e a regeneração dos serviços que os ecossistemas prestam às sociedades humanas. A nova economia se apóia em um metabolismo industrial que reduz de forma substancial o uso de carbono na base material energética da sociedade e, ao mesmo tempo, oferece oportunidades para que as necessidades básicas dos seres humanos sejam preenchidas, dentro dos limites das possibilidades do ecossistema. Já o novo metabolismo social, apóia-se na revisão dos objetivos da própria economia. Ele é incompatível com a idéia dominante segundo a qual o propósito da economia é promover o crescimento incessante da produção (ABRAMOVAY, 2012).

Em suma, é necessário colocar a ética como fundamento central para o desenvolvimento econômico sustentável, em que as empresas e a mídia assumam suas responsabilidades quando produzem e divulgam produtos.

Estimular uma filosofia de produção e geração de empregos baseado meramente no balanço contábil sem o devido compromisso sócio-ambiental pode gerar problemas como: a obesidade de um lado, a pobreza do outro; a luxúria, o esbanjamento de recursos com elevado gasto energético por certas nações em detrimento do subdesenvolvimento de outras; e para finalizar, cria-se uma sensação de falsa liberdade pelos indivíduos, os quais muitas vezes são influenciados ou obrigados a exercerem atividades banais, que podem até garantir a renda da família, no entanto, não representam real utilidade para o desenvolvimento coletivo e, em muitos casos nem para si próprio, quando se considera a necessidade de uma nova visão econômica tanto a nível nacional como a nível global, tendo em vista que os recursos mal explorados ou desperdiçados no Ocidente afetam também o Oriente e vice-versa.

4.5 Desafios na Área de Resíduos Sólidos Urbanos.

Na medida em que as cidades vão crescendo em tamanho e população, aumentam-se também as dificuldades em manter o equilíbrio espacial, social e ambiental em seus territórios. O Brasil repete as tendências mundiais de crescimento, em 2008 foi contabilizada a produção de aproximadamente 67 milhões de toneladas de resíduos (IBGE, 2011), o que torna a ampliação do debate e ações urgentes em relação a esse tema.

Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2012, elaborado pela Abrelpe, 51,4% (29.072.794 t/ano) dos materiais coletados é constituído de materiais orgânicos; 13,5% são plásticos; 13,1% são papéis, papelão e Tetra Pak; 2,9% são metais; 2,4% dos resíduos são vidros; e 16,7% são outros materiais. Segundo diversas fontes, cerca de 50 a 60% dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil são constituídos de materiais orgânicos, o que oferece oportunidades importantes na geração de energia e produção de composto orgânico através da compostagem, em vez da solução geralmente aceita, que é a disposição em aterros sanitários.

Depois de alguns anos em discussão, foi sancionada em agosto de 2010, a Lei nº 12.305 que disserta sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), sendo regulamentado pelo Decreto nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010. Ao

longo do texto legal fica explícito o incentivo a prática de compostagem para a reciclagem de resíduos orgânicos. O prazo de adequamento a lei pelos municípios brasileiros é até agosto de 2014. Com a extermínio de lixões e restrições de materiais destinados a aterros sanitários, é lógico concluir que a prática de compostagem irá crescer muito no país como solução para tratamento dos resíduos orgânicos. A gestão de resíduos reflete uma demanda da sociedade, até mesmo pelos impactos provenientes da negligência dos governos e da própria população em relação a esse assunto.

Os resíduos sólidos se manejados adequadamente, adquirem valor comercial e podem ser utilizados em forma de novas matérias-primas ou novos insumos. A implantação de Planos de Gestão traz reflexos positivos no âmbito social, ambiental e econômico, pois não só tende a diminuir o consumo dos recursos naturais, como proporciona a abertura de novos mercados, gera trabalho, emprego e renda, conduz à inclusão social e diminui os impactos ambientais provocados pela disposição inadequada dos resíduos (BRASIL, 2014).

Conforme o Guia do Programa Cidades Sustentáveis (2013), merecem destaque na PNRS; os planos de resíduos sólidos, a coleta seletiva, os sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, o incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas e outras formas de associação de catadores de materiais recicláveis, o monitoramento e a fiscalização ambiental, a educação ambiental, e, por fim, os incentivos fiscais, financeiros e creditícios. Todas essas iniciativas têm como base as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública. A importância da expansão do desenvolvimento sustentável com o devido reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho, renda, e promotor de cidadania, e por fim o respeito às diversidades locais e regionais e o direito da sociedade à informação.

Quando a separação de resíduos orgânicos na fonte, a nível domiciliar, for deficiente, os municípios devem possuir centrais de triagens, onde ocorra separação dos resíduos destinados a reciclagem comum e a compostagem, assim como buscar soluções alternativas, como a compostagem descentralizada em escalas menores, em bairros e comunidades. Já a nível institucional, em que

os estabelecimentos são responsáveis por seus resíduos, a separação do material orgânico deve ocorrer na fonte para facilitar todo o processo de reciclagem.

Consta na PNRS que no âmbito da responsabilidade compartilhada, cabe aos titulares do serviço público de manejo de resíduos sólidos adotarem procedimentos para reaproveitamento dos resíduos reutilizáveis e recicláveis, destacando-se o estabelecimento de sistema de coleta seletiva e implantação de sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos. (BRASIL, 2010).



Figura 1. Proporção do serviço de coleta seletiva de resíduos domiciliares de qualquer modalidade em municípios brasileiros.

Fonte: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos. SNIS-RS, 2012.

Através da observação do gráfico acima, extraído do Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2012, elaborado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), conclui-se que há um longo caminho a ser percorrido no Brasil na busca de alternativas e soluções com o objetivo de ampliar a coleta seletiva e a reciclagem de materiais nos municípios brasileiros.

Estima-se que 80% da população brasileira habitam as cidades e as discrepâncias e obtenção de dados regionais que expressam à destinação e tratamento de resíduos são muito particulares. Existem cidades que dispõem de várias alternativas, como: coleta seletiva, centrais de triagens de materiais recicláveis, usinas e pátios de compostagem, aterros sanitários, incineradores, entre outros setores, enquanto que em outras regiões, não existe planejamento de coleta seletiva e ainda ocorre a existência de lixões a céu aberto, entre outras precariedades que geram constante contaminação ambiental. Nota-se ausência de planejamento muitas vezes justificado por ausência de capital, no entanto o que ocorre é falta de comprometimento dos gestores em estabelecer parcerias e

executar ações para tratar da problemática dos resíduos com a seriedade que merece esse assunto, além da disputa e do jogo de interesses entre grandes empresas que tratam da questão dos resíduos, apenas com uma visão estreita de garantia de lucros sem a devida responsabilidade ambiental.



Figura 2. Gráfico representativo dos locais utilizados para destinação dos resíduos domiciliares e resíduos públicos no Brasil.

Fonte: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos. SNIS-RS, 2012.

Segundo o SNIS (2012), 63% da massa total coletada no país são dispostos de forma adequada, 14% de forma controlada e 23% da massa ainda são dispostas de maneira inadequada.

É possível observar a necessidade crescente do adequado tratamento de resíduos orgânicos sendo que uma das metas da PNRS é a eliminação de lixões e diminuição da quantidade de materiais destinados aos aterros sanitários através do incentivo a prática da compostagem. Aterros sanitários são áreas extensas destinadas à disposição de grandes volumes de lixo que são despejados em solos impermeabilizados. O lixo é compactado e depois é coberto com uma fina camada de terra. São colocados respiros e drenos para saída dos gases e do chorume, observando princípios de engenharia sanitária. Todavia, a atividade anaeróbica é predominante nesse sistema de tratamento, diminuindo a eficiência de decomposição e acentuando a geração de gases do efeito estufa. Apesar de serem necessários, os aterros sanitários necessitam de áreas extensas e de alto investimento para implantação, sendo que muitos já estão lotados devido à grande quantidade de lixo produzida diariamente pela população. Inácio et al. (2010), verificaram que a emissão de gás metano é aproximadamente 10 vezes

menor quando o material orgânico é tratado através da compostagem em relação a aterros sanitários.

A concentração de metano dobrou durante o século passado, na maioria das vezes por conta da atividade dos humanos, como aterros sanitários e uso de combustíveis fósseis (ODUM & BARRET, 2007). O metano é um gás de efeito estufa que, se comparado molecularmente, absorve 25 vezes mais raios infravermelhos do que o CO₂. Portanto, o metano tem elevado potencial para contribuir com o aquecimento global. Estudos realizados por Santos et al. (2010), apontam para o alto grau poluidor dos aterros sanitários sobre as águas superficiais e subsuperficiais adjacentes ao aterro sanitário do município de Manaus.

A educação ambiental é essencial para tornar efetivos alguns dos objetivos dentre os quais se destaca a não geração, redução, reutilização, reciclagem e compostagem de resíduos e finalmente eliminação de rejeitos, em ordem de prioridade respectivamente. O horizonte da PNRS é de 20 anos, para que a execução do planejamento de gestão de resíduos entre em ação efetivamente através da coleta seletiva e compostagem do material orgânico domiciliar, são necessárias pequenas ações de conscientização que aproximem a teoria da prática. A descentralização das leiras de compostagem é uma maneira de aproximar e informar a população do valor do material orgânico para manutenção da qualidade de vida. Quando as pessoas entendem o valor que os resíduos orgânicos representam perante a vida do solo e a nutrição das plantas, através da oportunidade do acompanhamento do processo de compostagem em escolas, bairros e universidades, aquelas estarão muito mais propícias a separarem o lixo dentro de seus lares. Dessa maneira, a utopia da coleta seletiva e reciclagem realmente funcionarem de forma integral e satisfatória poderá se tornar realidade.

4.6 Descentralização do Tratamento de Resíduos Orgânicos.

Em geral nas cidades são geradas imensas quantidades de resíduos nos mais diversos bairros, instituições e empresas. O aumento do número de veículos, preço do combustível e tráfego intenso, assim como a preocupação ambiental e sustentabilidade envolvida em todo processo de coleta e tratamento

de resíduos são fatos que merecem ser destacados, e apontam para a idéia de que a solução não é transportar e acumular os resíduos orgânicos em poucas ou em uma única área e ainda muito afastada das fontes geradoras dos resíduos. Para contornar muitos problemas, principalmente de logística, e possibilitar de fato que as metas da PNRS se concretizem é imprescindível que haja uma descentralização dos locais de tratamento dos resíduos orgânicos através da compostagem.

Exemplos do sucesso da prática de compostagem em leiras estáticas com aeração natural podem ser observados na região de Florianópolis-SC, onde o “Método UFSC de Compostagem” é realizado em comunidades como no bairro Chico Mendes; em nível de associação e empresarial, como ocorre na região norte da ilha; em nível municipal envolvendo municípios catarinenses, a exemplo de Garopaba e Angelina. Os relatos, dados, números, inclusão social e incontáveis benefícios para a sociedade advindas dessa prática apontam para a necessidade de maior difusão e execução desse modelo nas mais diversas regiões brasileiras, de acordo com as realidades locais.

Com a separação dos orgânicos diretamente nas fontes geradoras e tratamento dos resíduos em áreas não muito afastadas dessas fontes, além de tornar o processo sustentável, torna viável o empreendedorismo empresarial e associativismo nessa área. O SESC situado na região de Florianópolis começou a fazer compostagem com os resíduos produzidos na Instituição, aos moldes do Método UFSC, com o objetivo principal de tratar os resíduos localmente, no entanto mais do que isso, o produto final permitiu adubar as áreas verdes do SESC, o cultivo de plantas ornamentais, arbóreas e alimentícias, a realização do plantio de mudas para consumo e comércio, o beneficiamento e a comercialização do composto orgânico, a formação um parque de visitação, além de tornar o ambiente mais agradável e promover educação ambiental. Portanto, os resíduos vistos e encarados dessa forma pelas empresas, deixam de ser um passivo problemático e se tornam um ativo econômico com a possibilidade de expansão de negócios em diversas áreas relacionadas às finalidades do adubo orgânico.

Quando o material orgânico é tratado através da técnica de compostagem de maneira descentralizada em pequena e média escala e de acordo com as leis

municipais de tratamento de efluentes, as partículas do solo conseguem absorver os excessos de nutrientes que são complexados principalmente nas frações de argila e matéria orgânica presentes no solo. O resultado é um produto bioestabilizado que irá restaurar a fertilidade dos solos e não haverá poluição e contaminação da água do lençol freático e qualquer outro tipo de problema ambiental, muito pelo contrário, essa biotecnologia representa uma solução ambiental.

4.7 Aproveitamento dos Resíduos através da Formação de Insumo Agrícola.

Quando sabemos que o lixo urbano da Grã-Bretanha beira a casa das 13 milhões de toneladas, e sabemos ainda, que metade desse material poderia ser utilizada para produzir húmus juntamente com o esterco e a urina das fazendas, não podemos deixar de imaginar as enormes possibilidades existentes para a melhoria e fertilidade de grandes áreas agrícolas. Uma vez, no entanto, que os agricultores e horticultores puderem compreender a importância agrícola desse material, os incineradores serão abandonados e a matéria orgânica dos nossos lixos urbanos encontrará seu caminho para as pilhas de compostagem (HOWARD, 1943). Com o avanço das técnicas de compostagem, atualmente os resíduos podem ser tratados de várias formas tanto no meio rural como urbano sem a necessidade da presença dos animais.

A reciclagem dos resíduos orgânicos através da compostagem é um fenômeno ou ciclo natural, em que os microrganismos atuam na degradação e transformação da biomassa em decomposição de maneira rápida e segura. O alimento é cultivado, depois é comercializado e consumido, sendo que nos restos não aproveitados pelos produtores e consumidores existem muitos nutrientes, os quais servem como "alimentos" para os microrganismos decompositores. Esses transformam a biomassa, que será disponibilizada novamente para os sucessivos cultivos, na forma de adubo orgânico. Enquanto houver vida, a matéria prima para ser utilizada na compostagem é infinita, cabe ao homem organizar o planejamento tanto no meio rural como urbano para que essa abundância de resíduos, tratadas atualmente como lixo, se concentre em lugares adequados para o devido tratamento e reaproveitamento seguro. A maneira como os resíduos são

encarados nas cidades é vergonhosa, o despejo inadequado acarreta em muitas doenças, cheiros desagradáveis e contaminação dos recursos naturais. Na natureza, o conceito de resíduo ou lixo não é muito adequado, pois nada se perde tudo se transforma.

O excesso de fósforo está poluindo o meio ambiente ao mesmo tempo em que ironicamente os recursos lavráveis deste nutriente essencial são limitados. Os programas de reciclagem são urgentemente necessários para diminuir a pressão de extração sobre as jazidas de fosfatos e aproveitar fontes alternativas desse macronutriente. Em média, cerca de 30-40% dos alimentos produzidos é estragado ou perdido sendo que existe a estimativa de desperdício de cerca de 1 milhão de toneladas de fósforo a cada dois anos. Produzir mais comida dentro ou perto de cidades poderia reduzir o desperdício e facilitar a reciclagem por compostagem e outras abordagens, assim como é possível compostar as fezes humanas para obter um adequado suprimento de fósforo, tendo em vista que esse nutriente é essencial para a produção agrícola. (ELSER & BENNET, 2011).

A Iniciativa Fósforo Sustentável patrocinou uma cúpula em fevereiro de 2011, que produziu a “The Phosphorus Phoenix Phosphorus Declaration”: um consenso de mais de 100 cientistas, engenheiros, arquitetos, designers, produtores, empresários, artistas e comunicadores sobre a urgência e as oportunidades associadas a alcançar a sustentabilidade de fósforo (ELSER & BENNET, 2011).

Com o maior uso de resíduos orgânicos nas lavouras, é possível diminuir, ao longo dos anos, a aplicação de adubos minerais e melhorar a qualidade do solo, já que os resíduos orgânicos atuam também como condicionadores do solo. Se eles forem adicionados ao solo em substituição aos adubos sintéticos, há uma redução no consumo de matérias-primas utilizadas na fabricação de fertilizantes minerais e uma menor poluição de diversos recursos naturais, o que pode representar uma melhoria da qualidade ambiental (SILVA, 2008).

Assumindo-se uma visão integrada, é possível fazer compostagem dos resíduos orgânicos produzidos em elevadíssimas quantidades nas cidades e posteriormente realizar o aproveitamento do produto final por pessoas mais necessitadas representados por indígenas, assentados, quilombolas, e comunidades tradicionais ou carentes, assim como forma de incentivo a

agricultura urbana e segurança alimentar nas escolas. Portanto a compostagem surge como alternativa tecnológica de caráter social e com potencial de beneficiar tanto a população urbana como a rural.

O composto orgânico representa um insumo de alto valor agrícola, principalmente para a agricultura familiar e soberania alimentar dos povos, tornando viável e rentável a produção orgânica diversificada de culturas anuais e espécies perenes. Segundo a FAO; 2014 é o Ano Internacional da Agricultura Familiar, com objetivo de aumentar a visibilidade desses atores sociais. Esses podem ser beneficiários do produto final da compostagem realizadas em municípios, pelo estabelecimento de convênios e parcerias com incentivo a produção orgânica, por exemplo.

Nesse contexto o composto orgânico pode ser encarado com um potencial superior ao dinheiro, pois confere maior dignidade ao produtor que terá maior chance de obter sucesso no cultivo de alimentos. Dessa maneira, atenuam-se os graves problemas do lixo urbano e ao mesmo tempo reconstitui a estrutura e fertilidade dos solos, o que representa boa parte do capital natural das nações. Apesar das reflexões do tema ser abordadas em níveis macro, essa é uma solução que pode começar a ser viabilizada em pequenas escalas, em nível de instituições e municípios possuindo caráter expansivo para escalas territoriais, em conjunto com programas como o PRONAF, por exemplo.

A coleta de resíduos orgânicos e compostagem, a nível público, possibilitam atender a demanda das pessoas mais necessitadas através do fornecimento de composto orgânico gratuito. Ao passo que a compostagem a nível empresarial, que trata os resíduos dos estabelecimentos geradores de consideráveis cargas de resíduos diários, pode ser um negócio rentável, além de promover a preservação ambiental. Portanto a expansão da reciclagem orgânica, utilizando-se dos mais diversos enfoques e métodos é extremamente urgente e benéfica para a sociedade.

Com ênfase na importância da matéria orgânica para o solo e a necessidade da reciclagem e do melhor aproveitamento dos resíduos orgânicos é possível constatar que a prática da compostagem tem inúmeras utilidades que são conseqüências da disposição correta e tratamento dos resíduos orgânicos que resultam na formação de adubo orgânico. Dessa maneira é possível encarar

a problemática da geração de elevadas quantidades de lixo urbano, dotado de uma visão de agregação de valor aos resíduos, transformando-os num produto final de extrema importância no que tange a produtividade e sanidade vegetal. A reposição da matéria orgânica dos solos, na forma de adubo orgânico é fundamental, visto que representa um dos grandes pilares da sustentabilidade na produção agrícola, segurança alimentar, manejo e conservação dos solos.

A aliança de profissionais das diversas áreas do conhecimento é de fundamental importância para elaboração de planos de gestão integrados as realidades físicas e econômicas regionais no intuito de encontrar as melhores soluções para a sociedade. O aproveitamento do material orgânico gerado nas cidades e nos campos, na forma de adubo, constitui o ataque direto a raiz de vários agravantes negativos a qualidade de vida.

Conclui-se que existe a necessidade de maior conscientização dos cidadãos perante esse assunto e alerta a população da existência de biotecnologias eficientes, guiada pelos microrganismos existentes no meio, onde o homem pode interferir criando condições propícias para que os decompositores realizem um dos processos que mantém a vida na terra da maneira mais eficaz e segura possível. Dessa forma boa parte do “lixo urbano” retorna ao solo em forma de insumo, contribuindo-se para que haja a ruptura do paradigma que envolve a questão dos resíduos, e que estes sejam vistos sob uma ótica de século XXI pela população, ou seja, que sejam devidamente compreendidos e valorizados.

4.8 Compostagem Termofílica.

A essência do processo de produção de “húmus” consiste por um lado, em prover os microrganismos com matéria prima necessária e, por outro, em assegurar suas condições adequadas de trabalho. Quanto mais envelhecido é o composto maior a estabilidade do material e maior o restabelecimento de uma comunidade microbiana semelhante a do solo (HOWARD, 2007).

A compostagem é um processo de decomposição controlada de resíduos orgânicos que resulta na produção de minerais e substâncias similares, em

composição, ao húmus do solo, por meio da atuação de microorganismos e de reações fisiológicas e interações microbiológicas (PAIGNÉ & GIRARDIN, 2004).

A ação de degradação biológica usa o O_2 disponível para transformar o carbono do substrato orgânico e assim obter energia, gerar calor e liberar CO_2 e água, podendo também emitir em menores taxas amônia e outros compostos voláteis. A compostagem permite a redução do volume e do peso do material original, algo importante considerando o tratamento de resíduos orgânicos. A perda de carbono, através do CO_2 , e a intensa perda de vapor são os principais responsáveis por reduções de 25 a 50% no volume e 40 a 80% no peso total após o intenso processo de decomposição (INÁCIO & MILLER, 2009).

Fernandes & Silva (1999), elaboraram um esquema simplificado de compostagem:

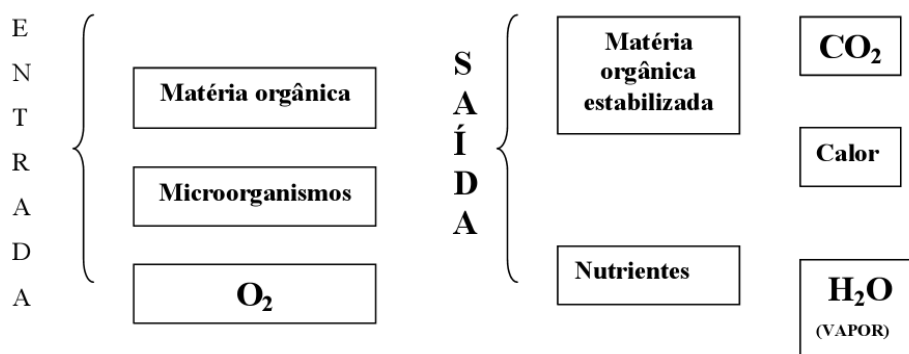


Figura 3. Adaptação de Buttenbender (2004), do esquema simplificado do processo de compostagem.

Como tecnologia de processo aeróbio, a compostagem tem sido usada com sucesso para o tratamento de resíduos orgânicos oriundos da agricultura, de processos industriais e de atividades urbanas. Alguns exemplos são a compostagem de restos de alimentos, de dejetos de suínos, aves e bovinos confinados, de tortas de filtro de cana-de-açúcar e de lodos de esgoto. A baixa necessidade de capital investido, o custo baixo de operação e manutenção, a disponibilidade de mão de obra e área são características que tornam a compostagem em leiras estáticas uma tecnologia com alto potencial de replicabilidade e sustentabilidade para as condições brasileiras. (INÁCIO & MILLER, 2009; INÁCIO et. al., 2010).

A compostagem diferencia-se da simples decomposição da matéria orgânica que ocorre na natureza por ser um processo com predominância da

ação de microrganismos termófilos que atuam em temperaturas em torno de 60 °C. O processo pode ser dividido em três etapas que consiste em uma fase inicial de expansão das colônias de microrganismos mesófilos e elevação da temperatura até atingir aproximadamente 45 °C. Quando as temperaturas atingem e se mantêm entre 45 e 70 °C se caracteriza a segunda etapa ou fase termofílica, de intenso consumo de oxigênio e decomposição. A última fase é a de maturação, caracterizada pela redução da atividade biológica, perda da capacidade de auto-aquecimento da leira e maior colonização do substrato por fungos e bactérias mesófilos. O processo de degradação continua de maneira mais lenta e o composto, a partir de determinado grau de estabilidade, pode ser aplicado ao solo para incremento de matéria orgânica, melhoria físico-química dos componentes do solo e liberação gradual de nutrientes (KIEHL, 1985; EPSTEIN, 1997; INÁCIO & MILLER, 2009).

A fonte de energia e carbono para os microrganismos é o material orgânico. Substâncias mais suscetíveis a biodegradação constituem a fonte primária de energia e carbono disponíveis. As demais substâncias como lignina, celulose e hemicelulose, são fontes de carbono ao longo de todo o processo e são constituídos por carbono não prontamente disponível. Açúcares e outros carboidratos tendem a ser completamente biodegradados na compostagem enquanto lipídios, celulose e hemicelulose poder ser reduzidas em 60 e 75% num período de 60 dias de compostagem. A decomposição das substâncias orgânicas é dependente da atividade microbiana que por sua vez precisa encontrar condições favoráveis na massa de compostagem de disponibilidade de oxigênio, temperatura e umidade (EPSTEIN, 1997; INÁCIO & MILLER, 2009).

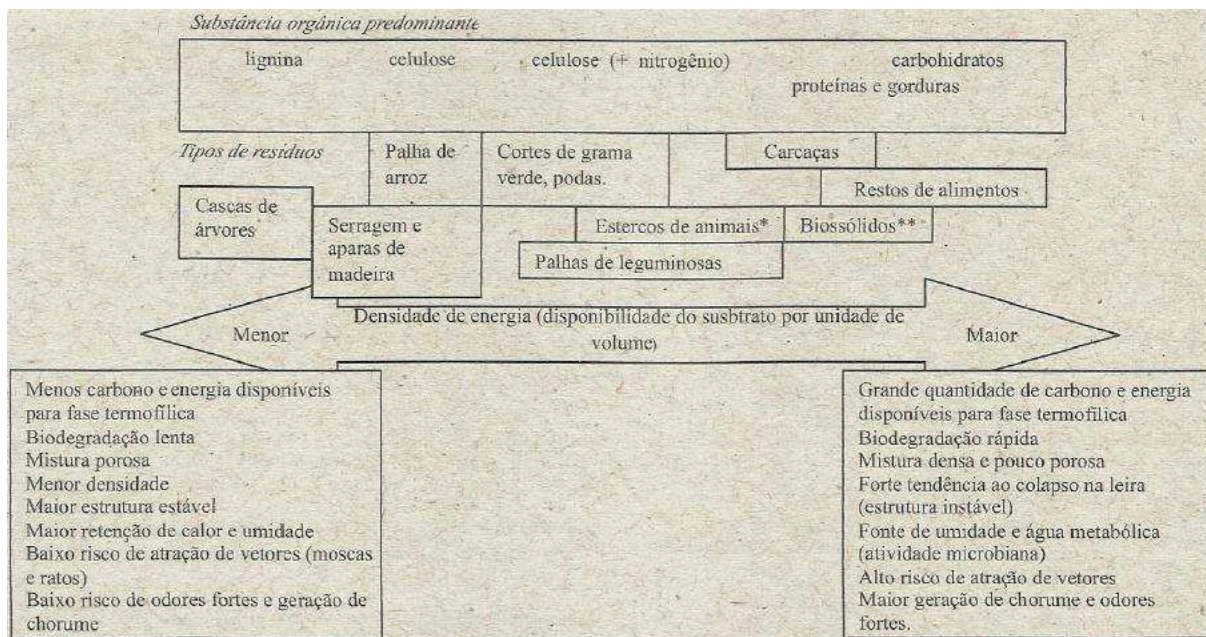


Figura 4. Adaptação do autor de representação das características dos resíduos orgânicos e influências diretas e indiretas no processo de compostagem.
Fonte: Inácio e Miller, 2009.

As bactérias formam o grupo mais ativo no processo inicial, em que são aproveitados materiais mais facilmente decomponíveis como aminoácidos, proteínas e açúcares simples, assim como são os microrganismos mais atuantes durante toda a fase termofílica. Os actinomicetos são importantes na degradação de substratos orgânicos relativamente complexos. Os fungos, em sua grande maioria mesofílicos, são quimiorganotróficos que crescem melhor na fase mais avançada do processo quando a umidade na leira é menor, sendo que possuem facilidade para a degradação de substratos com elevada relação C/N. (RYNK, 1992; INÁCIO & MILLER, 2009).

É um processo de ecologia complexa por envolver grupos variados de microorganismos em sucessão, os quais transformam o substrato em decomposição e que afetam e são afetados pelos fatores físicos e bioquímicos envolvidos durante o processo, ou seja, o ambiente microbiano da compostagem não é afetado somente pela heterogeneidade e diversidade da população, mas também pela interação entre os microrganismos, liberação de enzimas e produção de metabólitos microbianos, aspectos químicos da matéria prima, temperatura, água, aeração, etc (EPSTEIN, 1997; INÁCIO & MILLER, 2009).

A Environmental Protection Agency (EPA) dos Estados Unidos (EUA) relata a respeito dos benefícios da compostagem:

- Promove maiores rendimentos das culturas agrícolas.
- Facilita o reflorestamento e restauração de zonas degradadas, contaminadas e a recuperação de solos marginais e compactados.
- Bom custo/benefício para biorremediação de solos contaminados com resíduos perigosos.
- Remover sólidos, óleo, graxa e metais pesados de escoamento de águas pluviais.
- Aumenta a vida útil do aterro municipal, desviando materiais orgânicos dos mesmos.
- Evita emissão do gás metano e formação de chorume nos aterros sanitários.
- Redução da massa total dos resíduos orgânicos através da remoção de água e sólidos voláteis.
- Fornece economia em torno de 50% em relação a outras tecnologias de remediação referente à poluição do solo, água e ar.
- Reduz a necessidade de irrigação, fertilizantes e pesticidas.
- Serve como uma mercadoria negociável.

Além dessas características existem benefícios ao solo mais específicos em relação a produção agropecuária decorrentes do uso de composto orgânico, tais como: fonte de matéria orgânica e nutrientes, elevação da CTC, aumento da estabilidade do pH, melhoria do aproveitamento dos fertilizantes químicos, incremento de microbiota no solo e supressão de fitopatógenos (INÁCIO & MILLER, 2009). No composto há grande proporção de substâncias húmicas, divididas por características de solubilidade em: húmica, ácidos húmicos e ácidos fúlvicos. As frações de húmus que são formadas naturalmente nos solos são constituídas basicamente de 30% de aminoácidos, 5 a 20% de carboidratos, 40 a 60% de compostos aromáticos derivados da lignina e em torno de 2% de lípidios, resinas e outros componentes (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; SANTOS, 2008).

A máxima atividade microbiana normalmente coincide com a maior atividade dos complexos enzimáticos no material compostado, sendo mais

comum a presença de enzimas do grupo celulase, hemicelulase, protease, lipase, fosfatase e arilsulfatases, cujos picos de concentração manifestam aos 30-60 dias após o início da decomposição (MILLER, 1993). À medida que avança o processo de compostagem, as substâncias orgânicas são mineralizadas disponibilizando nutrientes em formas que podem ser absorvidas pelas plantas. Os materiais compostados assumem características que se assemelham aos materiais húmicos encontrados no solo, sendo que depois de estabilizado, encontra-se um produto rico em minerais, com menor ou nula carga de agentes patogênicos; ausência de sementes de ervas daninhas e cheiros desagradáveis, e composição mais definida do que os materiais que lhe deram origem (KIEHL, 1985).

Diversos fatores influenciam a sucessão de grupos de microrganismos e são afetados por essa dinâmica durante o processo de compostagem, entre os quais se destacam: conteúdo de oxigênio, conteúdo de água, relação C/N do substrato, pH, potencial de oxi-redução, transformações e pequenas perdas de nitrogênio, distribuição dos macro e microporos, estrutura ou densidade aparente, e tamanho das partículas do substrato. A variação desses fatores é influenciada: pela montagem da leira, grau de mistura, posição das camadas e características físicas dos substratos, como capacidade de absorção e retenção de água, além da condutividade térmica e relação C/N. O formato das leiras influi no fluxo de ar, vapor d'água e retenção de calor, o que afeta plenamente a ecologia dos microrganismos atuantes ao longo do processo (INÁCIO & MILLER, 2009).

Os fatores ecológicos de influência direta observados na compostagem podem ser resumidos em temperatura, concentração de O₂, umidade, relação C/N, granulometria dos resíduos e pH.

4.8.1 Temperatura

A temperatura é um indicativo do bom andamento do processo, ela atua como conseqüência e também é determinante da atividade microbiana por ser um forte fator seletivo sobre os microrganismos e influir no fluxo de ar e perda de umidade. Temperaturas termofílicas são extremamente desejáveis no tratamento de resíduos através da compostagem por destruírem patógenos e larvas de moscas (MILLER & INÁCIO, 2009). Temperaturas acima de 60°C, ou picos de

temperatura elevados já são suficientes para assegurar a eliminação de qualquer tipo de patógenos ao homem e aos vegetais, assim como sementes de plantas indesejáveis (KIEHL, 1985). Portanto, a temperatura é um parâmetro de causa e consequência da atividade biológica sendo que é um dos principais fatores a ser observado para tirar conclusões da eficiência do processo. Como tudo esta inter-relacionado, se algum outro parâmetro não se encontrar em concentrações adequadas, como oxigênio e umidade, terão influência direta na temperatura no interior da leira.

O monitoramento da temperatura permite a verificação da atividade biológica do processo de compostagem, identificando-se quando a leira esta em adequado processo termófilo ($>50^{\circ}\text{C}$). A pouca elevação da temperatura ($<50^{\circ}\text{C}$) reflete, em geral, numa baixa atividade biológica, restringida em muitos casos pela falta de aeração (O_2), ou outros fatores ecológicos como; alta ($>80\%$) ou baixa umidade ($<40\%$), falta de nutrientes e carbono disponíveis, e/ou baixa inoculação inicial. A manutenção da temperatura acima de 55°C assegura a eliminação de patógenos ao homem como ovos de helmintos, coliformes fecais, salmonela, entre outros; esses limites se encontram nas normas brasileiras para lodo de esgoto e podem ser usadas como referência (INÁCIO, 2010).

As temperaturas termofilicas podem ser atingidas rapidamente de 24 a 72 horas, nessa fase os componentes fitotóxicos, as sementes de plantas são eliminadas, assim como possíveis patógenos dentre os quais: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, e *Clostridium botulinum* (COOPERBAND, 2002).

A temperatura ambiente em clima subtropical, aparentemente não tem grande influência na temperatura do interior da leira de compostagem, que em média, encontra-se próximo dos 60°C , sendo esta normalmente atingida até o quinto dia após a montagem da composteira. A disposição dos resíduos, manutenção dos teores de umidade ideais, intensa inoculação na fase inicial com composto quente, reviramento manual simples da massa de composto e outros detalhes garantem temperaturas elevadas, o que esta relacionada com atividade biológica intensa e constatação da eficiência de todo o processo, o qual tem como objetivo primordial a maximização da reciclagem orgânica com segurança sanitária (BETARELLO, 2007).

4.8.2 Oxigênio

A compostagem termofílica é um processo predominantemente aeróbio, sendo que o fator mais importante do processo é a oxigenação que pode ser fornecida via aeração forçada ou passiva. Nas leiras estáticas, a concentração de O_2 depende da intensidade do seu consumo pelos microrganismos e da reposição via aeração passiva, que sofre influência da porosidade da leira, do conteúdo de água nos micro e macroporos e, do calor interno que aumenta o fluxo de ar (MILLER, 1993).

O bom manejo da composteira é imprescindível para reduzir as zonas de anaerobiose, pois os microrganismos envolvidos são outros, as reações moleculares, metabólicas e formação de gases também, a eficiência energética é inferior assim como a geração de odores desagradáveis é acentuada quando comparada aos processos aeróbicos.

A presença do oxigênio é tão importante que este é um fator determinante na variação dos métodos de compostagem, os quais sofrem variações tecnológicas e metodológicas, justamente para garantir o suprimento de oxigênio, como no sistema de aeração forçada e no sistema de revolvimento semanal das pilhas de compostagem. O consumo de oxigênio pelos microrganismos intensifica os fenômenos de oxi-redução.

A decomposição natural de resíduos orgânicos pode ser realizada com ou sem a presença de oxigênio. No sistema anaeróbio, ou seja, sem oxigênio, as temperaturas são baixas, ocorre formação de gases com fortes odores como metano, ácido sulfídrico, ácidos orgânicos, mercaptanos e produtos intermediários sendo que a matéria orgânica não atinge a completa estabilização (KIEHL, 1985). Nos solos, condições aeróbicas e anaeróbicas podem coexistir com certa proximidade e a matriz do composto pode exibir a mesma variação em microsítios por razões similares sendo que a maior taxa de emissão de CH_4 e N_2O se deve a pobreza na qualidade operacional do processo (MILLER, 1993; THOMPSON et al., 2004).

4.8.3 Umidade

O balanço do teor de umidade também é fundamental na garantia de satisfatória atividade microbiológica. O ideal é manter entre 40 e 65% a umidade no interior da leira, pois o excesso de água compete pelo espaço com o oxigênio e dificulta a difusão do mesmo, todavia quando a umidade é muito baixa a atividade microbiológica diminui drasticamente, pois o teor d'água é indispensável para um bom desempenho metabólico dos grupos microbianos (INÁCIO & MILLER, 2009; TEIXEIRA, 2012).

Durante a compostagem a umidade dentro da leira muda com a evaporação e precipitação, mas também com a formação de água metabólica. Na prática a umidade é mantida pela disposição adequada dos materiais orgânicos na leira de compostagem e observação das condições climáticas, principalmente de temperatura, pluviosidade e umidade relativa do ar. A água disponível para as bactérias é representada pelo potencial matricial da leira que representa a força com que a água fica retida nas partículas. Quanto mais negativo for o valor do potencial matricial representado pela grandeza kPa, mais firmemente a água esta retida nas partículas dificultando principalmente a atividade bacteriana. (INÁCIO & MILLER, 2009).

A baixa atividade microbiana, caracterizada por baixas temperaturas, associado à elevada umidade da composteira pode acarretar no aumento da emissão de líquidos percolados. A supressão desse eventual problema é contornada, suprindo-se as necessidades dos microrganismos através do adequado balanço dos fatores envolvidos no processo. Portanto quando as temperaturas estão elevadas é sinal de que os microrganismos estão utilizando a energia e umidade contidas no substrato de maneira intensa, o que aumenta as taxas de liberação de CO₂ e vapor d'água, reduzindo-se drasticamente a eventual emissão de líquidos percolados.

4.8.4 Relação Carbono/Nitrogênio e Granulometria

A relação Carbono/Nitrogênio (C/N) de um determinado resíduo orgânico tem influencia direta sobre atividade microbiana e sobre os grupos que vão predominar em sua decomposição resultando em maior ou menor tempo de

completa decomposição e humificação. Quanto maior a relação C/N maior o tempo de decomposição do material. Os microrganismos usam de 25 a 30 partes de C para cada parte de N assimilada. Portanto a mistura de resíduos com diferentes características e composições: como a serragem com dejetos que possui relação C/N em torno de 50/1 a 150/1 a qual varia conforme a proporção de serragem/dejetos, com resíduos de alimentos de relação C/N em torno de 16/1 é ideal para assegurar o equilíbrio dos fatores ecológicos do processo e favorecer a atividade biológica e conseqüentemente a degradação dos substratos. Os teores de carbono e nitrogênios quando elevados ou adicionados, através do despejo dos resíduos orgânicos, resultam na manutenção de temperaturas elevadas (INÁCIO & MILLER, 2009).

Da mesma forma que a relação C/N, a granulometria, ou, tamanho de partículas dos resíduos usados na mistura, defini a extensão de superfície disponível para a ação dos microrganismos e também influencia a aeração da leira de compostagem, via manutenção da porosidade. Do ponto de vista microbiológico, quanto menor a granulometria do material mais rápida será a decomposição pelos microrganismos que terão maior superfície de ação no substrato. É importante ressaltar que a trituração de resíduos é recomendada para materiais fibrosos com alta relação C/N não sendo recomendado para resíduos de alimentos que apresentam baixa relação C/N e elevada quantidade de água, justamente devido ao adensamento da massa de resíduos e diminuição da porosidade, o que pode acarretar em colapso da fase termofílica por deficiência de oxigênio.

Quando houver persistência de materiais com alta relação C/N no produto final, uma forma de beneficiar o produto é através do peneiramento, eliminando-se as partículas mais grosseiras que eventualmente permanecerem no composto e assim, formar um material de alto valor agregado, excelente para ser utilizado como substrato para mudas vegetais.

4.8.5 pH

O pH do meio tem influência em qualquer atividade microbiana. Diferentes espécies de microrganismos se adaptam, dominam, ou tem atividade ótima em

diferentes faixas de pH, apesar de que a grande maioria prefere faixas de pH entre 4,5 a 7,5. Alguns autores como Epstein, 1997, indicam a faixa entre 6,5 a 9,6 como a mais satisfatória para um processo termofílico. Essa faixa de pH não é dificilmente atingida quando se misturam diferentes tipos de resíduos em plena fase termofílica. Todavia, Inácio e Miller (2009), afirmam que se deve ter atenção para formar misturas que resultem num pH médio entre 5,0 a 7,0 para aumento da diversidade de atuação dos microrganismos decompositores. Nesses níveis de pH também são garantidos teores suficientes de cálcio, baixos teores de alumínio tóxico e condições que o propiciam a transformação de N orgânico a N-amônia o qual é transformado em N-amônio. Se o pH se elevar em torno de 8,0 pode ocorrer maior perda de N pela volatilização da amônia (SILVA, 2008).

No início da decomposição da matéria orgânica o meio se torna ácido pela liberação de ácidos orgânicos, mas em seguida, há formação de ácidos húmicos, humatos alcalinos e intensa liberação de CO₂ da leira para a atmosfera, o que contribui de maneira significativa para a alcalinização da leira e que resulta num produto final com pH levemente básico.

4.9 Considerações sobre Métodos de Compostagem

Existem diferentes métodos de compostagem, que se diferenciam: pelo porte, pela tecnologia, pelos custos, pela mão de obra, pela área, pelo tipo de aeração, pelo grau de revolvimento, e se é realizado em pilhas, leiras ou em reatores (EPSTEIN, 1997). Os principais sistemas são os de leiras revolvidas, leiras estáticas aeradas, leiras estáticas com aeração natural e sistemas fechados que utilizam reatores biológicos.

O método onde é praticado o revolvimento periódico das leiras com máquinas e implementos é o mais difundido no Brasil, no entanto, esse método necessita de áreas maiores comparado a outros métodos e apresenta considerável custo operacional, gasto de combustível e água, assim como pode apresentar muitos problemas em relação à proliferação de insetos, animais e geração de odores desagradáveis, principalmente em clima quente e úmido como em muitos territórios brasileiros. É mais indicado para compostagem de resíduos vegetais fibrosos sendo normal a ocorrência do colapso da fase termofílica e

maior emissão de percolados e cheiros fortes ao serem compostados resíduos densos, como restos de comida e estercos.

Nas leiras estáticas aeradas, a mistura é colocada sobre uma tubulação perfurada que injeta ou aspira o ar na massa do composto, necessitando-se de maior investimento e tecnologia em relação às aeradas naturalmente, além de exigir atenção redobrada com a estrutura de tubos e no manejo geral, pois muitas vezes a aeração forçada pode remover umidade em excesso e conseqüentemente diminuir a temperatura das leiras.

Em sistemas fechados, os materiais são colocados dentro de biorreatores que realizam revolvimento mecânico e aeração forçada e permitem controle mais preciso de parâmetros. Portanto é um sistema que exige maior investimento e tecnologia, mas pode ser atrativo, principalmente em países de clima temperado, por aumentar a velocidade e a quantidade de resíduos tratados, pois necessita de áreas menores e sofre menor interferência das variações climáticas. Após o período no bioreator, os resíduos já em fase intermediária de decomposição, são colocados ao ar livre junto com material estruturante para completar a bioestabilização.

Após o tratamento prévio dos resíduos através da compostagem, também é possível realizar a vermicompostagem, para promover o enriquecimento e aumentar a taxa de mineralização do produto final, processo no qual se utilizam minhocas especializadas na degradação dos substratos orgânicos.

Como o Brasil possui vasta extensão territorial, onde cada região possui particularidades físicas, climáticas, biológicas, sociais e culturais é necessário desenvolver projetos locais para que haja o tratamento adequado dos resíduos orgânicos em regiões próximas as fontes geradoras. O planejamento de logística, tecnológicos, operacionais e análise das particularidades econômicas e sociais a nível local, surgem como necessidade para encontrar as soluções mais adequadas para cada região. Contudo, geralmente o método em leiras estáticas com aeração natural é extremamente compatível e recomendado para a maior parte do Brasil, respeitando-se as características microrregionais referentes à quantidade de resíduos, relevo, solo, logística de transporte, urbanização, clima, economia, etc.

Dessa maneira é estipulada uma estratégia de manejo, considerando-se os fatores que interferem no fluxo de ar: dimensão, confecção, estruturação, montagem da leira, características e disposição dos resíduos; excluindo-se a necessidade de intervenções para ajuste de parâmetros ao longo do processo, como ocorre em outros métodos. Nesse modelo são criadas condições ideais para a manutenção do fluxo de calor na leira de compostagem, onde se mantém naturalmente os parâmetros adequados ao longo de todo o processo, o que permite ótimo desempenho de decomposição microbiológica, excluindo-se a necessidade de interferência operacional para corrigir deficiências.

Esse método de compostagem valoriza características que influenciam indiretamente a atividade microbiana, as quais podem ser resumidas em: porosidade da massa de resíduos, montagem e estruturação da leira, características dos materiais de retenção de umidade e calor. Portanto, a garantia do fluxo de ar na leira de compostagem, através de uma mistura com adequada porosidade é considerado mais importante do que a relação C/N ou o pH dos resíduos.

Portanto, passa-se do nível de observações de parâmetros (umidade, oxigênio e temperatura) para o nível dos fenômenos que influenciam a leira de compostagem. Nas leiras estáticas com aeração natural, os operadores devem basicamente, ter experiência e sensibilidade sensorial, e observar as temperaturas no seu interior através de termômetros, pois reduções abruptas, a valores abaixo de 55° C são sintomas de interrupção do processo termofílico (INÁCIO & MILLER, 2009).

5. MÉTODO DE COMPOSTAGEM DESENVOLVIDO NA UFSC.

O projeto iniciado na UFSC em 1994, por professores e alunos de Agronomia, intitulado Coleta Seletiva e Compostagem de Resíduos Orgânicos serviu como base e espelho para diversos outros projetos já implantados em Santa Catarina, principalmente na região de Florianópolis, cidade que é referência nacional em termos de reciclagem, a qual deve muito ao know-how desenvolvido na Universidade Federal de Santa Catarina.

O presente trabalho tem como metodologia o manejo empregado no pátio de compostagem da UFSC, caracterizado pelo Sistema em Leiras Estáticas com Aeração Natural. A característica mais marcante desse método, é o respeito à ecologia do processo. Quando a interferência do homem é menor, além da economia de energia e mão-de-obra, é possível criar um ambiente interno na leira que consegue se adaptar aos fatores abióticos e preserva as relações bióticas entre os microrganismos que mantêm a intensa atividade biológica do processo, o que favorece a conservação de altas temperaturas e menor ou nenhuma necessidade de molhamento artificial das leiras. Portanto esse método preconiza a criação de um ambiente propício para o elevado desempenho dos microrganismos decompositores, com pouca utilização de combustíveis e recursos tecnológicos, sendo eficiente para leiras caseiras, de escolas e restaurantes, e também para pátios com capacidade de receber algumas toneladas de resíduos, mas sempre considerando a disponibilidade de área e mão-de-obra assim como o volume e características dos resíduos recebidos diariamente.

O Método de Compostagem em Leiras Estáticas com Aeração Passiva, desenvolvido na UFSC, não se limita ao emprego nas Universidades, podendo servir de modelo de gestão descentralizada de resíduos tanto no meio rural como urbano. Os resíduos industriais não perigosos, agrícolas e urbanos existentes nas diferentes regiões podem ser utilizados com pequenas adaptações na disposição dos materiais. Como o foco do projeto é a reciclagem e não existe uma receita propriamente dita, é possível utilizar diferentes resíduos de acordo com a disponibilidade destes nas diferentes regiões. Contudo, a regra mais importante a ser respeitada é à disposição de materiais volumosos fibrosos com materiais ricos em umidade e facilmente decomponíveis, através da elaboração estrutural adequada das leiras para facilitar a dinâmica de gases e atenuação de fenômenos indesejáveis.

5.1 Dinâmicas de Funcionamento, Coleta e Recebimento de Materiais no Pátio da UFSC

Atuante na Universidade Federal de Santa Catarina de 1994 a 2014, o projeto de Coleta Seletiva e Compostagem de Resíduos Orgânicos tem como

objetivo principal a destinação adequada de todos os resíduos orgânicos gerados na Instituição. O projeto reciclava diariamente cerca de cinco toneladas de resíduos orgânicos.

As sobras e restos de alimentos das lanchonetes, moradia estudantil e Restaurante Universitário eram diariamente coletados pelos bolsistas do projeto, já os resíduos de comida do Hospital Universitário, principalmente do refeitório, eram entregues por funcionários do próprio hospital. Todos esses resíduos orgânicos recebidos pelo projeto eram acondicionados em galões ou recipientes, denominados de “bombonas” com capacidade de 50 litros e devidamente tampadas, o que evita o mal cheiro, proliferação de insetos e larvas de moscas assim como o ataque de pombas, urubus, cachorros e ratos. As bombonas possuem alças laterais que auxiliam no transporte e são essenciais para o trabalho coletivo dos bolsistas na hora de despejar todo esse material orgânico nas leiras de compostagem.



Figura 6. Foto da década de 90 de coleta de resíduos orgânicos nas lanchonetes da UFSC.

As maravalhas utilizadas para criação de animais no biotério da Universidade eram depositadas pelos funcionários em galões de 100L. A serragem usada ou maravalha com dejetos, utilizadas nos laboratórios do Departamento de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia (MIP), eram provenientes da limpeza das gaiolas de roedores sendo abrigadas em sacos pretos manualmente fechados. Todo esse material orgânico era coletado com veículos próprios ou “carrinhos” do pátio de compostagem.

As aparas de grama (palhada) e folhas provenientes da manutenção do Campus Universitário eram coletadas diariamente, por funcionários da Instituição, e entregues diretamente no pátio de compostagem. Os veículos utilizados para essa finalidade eram tobatas e pequenos carros movidos a energia solar, ambos providos de carretinha.



Figura 7. Leiras de compostagem do pátio da UFSC. Foto retirada de cima de um monte de composto. Ao fundo na parte central, uma pequena pilha de composto em maturação.

5.2 Montagem e Operações nas Leiras Estáticas com Aeração Natural.

Inicialmente é elaborada a “parede” estrutural da leira com aparas de grama ou palhada seca, formando-se uma estrutura retangular de aproximadamente 30-40 cm de largura e altura variável. No meio dessa estrutura perpendicular ao solo, colocam-se galhos para favorecer a aeração natural, juntamente com folhas e serragem para formar uma camada porosa e permeável onde é despejada a primeira carga de resíduos orgânicos, a qual é formada por material denso e com elevados teores de umidade. É importante ressaltar as características diferenciadas de todos os ingredientes que formam uma leira de compostagem bem feita. Essa disposição de materiais fibrosos, permeáveis e estruturantes com os resíduos mais pesados, que sofrem decomposição acelerada, é a chave de todo o processo. Restos de hortaliças, cascas de frutas, borras de café, pães, bolos e papéis são facilmente compostados, já restos de pós-consumo e sobras de panela com feijão, arroz, macarrão, carnes entre outros resíduos que apresentam elevados teores de água podem gerar problemas de oxigenação e formar zonas de anaerobiose. Portanto é possível constatar e ressaltar a importância de manter a aplicação de altas cargas de materiais

estruturantes, e revolvimento com garfo agrícola da mistura, anteriormente a aplicação de nova carga de resíduos orgânicos.



Figura 8. Bolsistas do curso de Agronomia da UFSC despejando resíduos na leira.

O aumento do peso específico da mistura inicial tende a dificultar o fluxo de ar da leira de compostagem, resultando na diminuição da concentração de O_2 que é necessário a atividade microbiana aeróbica. Para minimizar este problema, a utilização de materiais estruturantes reduz o peso específico e em geral aumenta a relação C/N. Podas de árvores trituradas, casca de arroz, cama de animais, entre outros são resíduos que podem ser utilizados com esta função, pois diminuem a densidade da leira, e conseqüentemente aumentam sua porosidade, sendo muito importantes para a manutenção da aeração passiva. A quantidade dos diferentes resíduos acrescentados as leiras, podem ser aproximadamente de proporções iguais em volume, ou seja, 1/3 de resíduos de pré preparo e pós-consumo, 1/3 de cama de animais e 1/3 de palha vegetal (EPSTEIN, 1997; INÁCIO & MILLER, 2009).



Figuras 9. a) Carrinho de transporte rústico, maravalha com dejetos dentro de galões e montes de palha ao fundo. b) bolsistas despejando cama de animais em leira recém inoculada.

Após o despejo dos restos de alimentos, na fase inicial ou nas primeiras cargas de resíduos aplicados a leira, é recomendado colocar sob o material orgânico fresco, composto em fase de maturação. Esse composto se encontra quente e colonizado por microorganismos termófilos e decompositores em geral, ou seja, com essa ação são inoculados de maneira não seletiva, microorganismos benéficos para o processo de aceleração da atividade biológica. Com a aceleração da atividade biológica promovida pelo inoculante biológico se alcança altas temperaturas no interior da leira de maneira mais rápida e eficaz, permitindo-se atingir a fase termofílica em apenas 24 horas. Ainda serve de barreira contra ataque de animais e oviposição de moscas, na fase inicial do processo que é a mais delicada.

Realizada mais essa etapa, adicionam-se mais uma camada de maravalha com dejetos, esse material estruturante tem alta capacidade de absorção de água e baixa condutividade térmica, o que favorece a conservação de altas temperaturas dentro da leira, impedindo que a umidade e o calor sejam perdidos em forma de vapor d'água de forma intensa, devido às altas temperaturas atingidas. Na última camada de material estruturante, e finalizando a montagem da leira de compostagem, acrescenta-se uma camada de "palhada" cobrindo toda a leira, essa camada é essencial, pois elimina a percepção de odores desagradáveis pelas pessoas, bem como evita a proliferação de moscas e larvas, também confere proteção contra perdas intensas de água da leira por evaporação. Dessa maneira os animais e vetores não são mais atraídos para a leira e pátio de compostagem.

A lavagem das bombonas é realizada com mangueira e esfregão ou com máquina com jato de pressão, conforme são despejados os resíduos na leira. O esquema de rodízio de bombonas com os estabelecimentos é realizado seguindo uma lógica de coleta de bombonas cheias e fornecimento de bombonas limpas; no pátio de compostagem ocorre simultaneamente o despejo dos resíduos, cobertura da(s) leira(s) e a lavagem de bombonas.



Figura 10. Bolsistas do pátio no setor de lavação de bombonas.

A quantidade de resíduos que formam as diferentes camadas depende principalmente da oferta e disponibilidade desses resíduos, considerando-se que o principal objetivo é a reciclagem do material orgânico. O composto orgânico final é consequência, mas não deixa de ser um adubo de alta qualidade para uso agrícola. O conhecimento técnico-científico do organizador ou chefe do pátio de compostagem é essencial para o planejamento e operação das atividades, para balancear a quantidade de resíduos aplicados e também evitar que falem materiais e recursos essenciais.

Por exemplo, quando a disponibilidade de palha vegetal ou maravalhas é deficiente, é necessário ter conhecimentos físico-químicos e biológicos que ocorrem na leira, para tomar as decisões mais coerentes baseado numa visão multifatorial, considerando os recursos disponíveis, a ciência envolvida no processo e já pensando no dia seguinte de atividades no pátio de compostagem. Para se fazer um composto orgânico padronizado, existe receitas, entretanto num pátio de compostagem que visa à reciclagem, existem algumas premissas fundamentais a serem seguidas para garantir esse objetivo, baseado no manejo racional e coerente das leiras sem a preocupação com a padronização do produto final. Todavia, com a experiência adquirida é sempre possível obter um insumo de alta qualidade, sendo que a capacidade de gerenciamento e improvisação, principalmente em períodos de escassez de recursos vegetais fibrosos como no

inverno, são qualidades fundamentais dos bons funcionários de um pátio de compostagem.

O método UFSC de Compostagem se caracteriza pelo esquema de rodízio de aplicação semanal em leiras estáticas retangulares, onde são depositadas 1 a 2 cargas de resíduos semanalmente em cada leira de maneira sucessiva, mantendo-se dessa forma a fase termofílica em todas as leiras, o que evita principalmente a proliferação de larvas de moscas e promove aumento da capacidade de recebimento de materiais orgânicos em pátios de compostagem. Esse esquema em leiras estáticas necessita de áreas bem menores, em relação aos pátios com revolvimento constante das pilhas em decomposição, além de permitir o tratamento eficaz diante de picos de recebimentos de resíduos.

Em suma, quando as leiras estão formadas e em atividade, o manejo basicamente consiste em: anteriormente ao despejo de nova carga de resíduos; remove-se a palha da superfície da leira com garfos agrícolas para se estruturar novamente a parede e, quando necessário, acrescenta-se mais aparas de grama nas laterais para aumentar a capacidade de recebimento de resíduos. Revira-se, com garfo agrícola, toda a massa em decomposição no interior da leira, para promover maior porosidade e aeração. Para finalizar, se coloca uma boa quantidade de maravalha com dejetos e posteriormente se cobre a leira com palha vegetal.

A utilização de máquinas se faz necessária ao final de cada ano para revirar as leiras e amontoar o composto orgânico, o qual irá continuar num processo de maturação, já podendo atender a demanda de composto orgânico e ser benéficamente aplicado ao solo, ou ser utilizado como substrato para produção de mudas.

Em 2004, um autor que observou o Sistema em Leiras Estáticas com Aeração Natural, realizado no município de Angelina-SC, foi Buttenbender, e assim o definiu:

“...do ponto de vista operacional, o sistema de compostagem termofílica em leiras estáticas caracterizou-se como um processo flexível, de baixo custo, que utiliza equipamentos simples, sanitariamente adequados, e principalmente por requerer mão de obra reduzida, eliminando o revolvimento

periódico da massa do composto. A configuração da leira, associada ao sistema de aeração, permitem a permanência de altas temperaturas termofílicas durante o período de 120 dias. O elevado período de exposição dos agentes patogênicos a altas temperaturas gerou um composto orgânico isento de coliformes fecais nas quatro amostras analisadas. Ficou constatado, ainda, o controle dos principais aspectos ambientais prejudiciais, como os vetores, os odores e o excesso de percolados.”

6. METODOLOGIA

A cidade de Dourados está localizada no sul do Estado de Mato Grosso do Sul na região Centro-Oeste. A cidade tem vasta extensão territorial, são 4.086,387 km², sendo a agricultura a principal locomotiva da economia. Situada numa Altitude Média de 430 metros, encontra-se na Latitude de 22°13'18"S e Longitude 54° 48' 23" e, segundo o Censo IBGE/2012, possui uma população de 200.729 habitantes. Na literatura, a região de Dourados é classificada como do tipo Cfa, Cwa e Aw de Köppen. Pesquisadores da Embrapa Agropecuária Oeste verificaram que o clima da região é de fato do tipo Cwa, clima mesotérmico úmido, caracterizado por verões quentes e invernos secos.

A demanda e necessidade da integral reciclagem dos resíduos produzidos na UFGD foi o principal motivo para a realização da compostagem na Universidade. Este trabalho foi idealizado e incentivado pela minha supervisora de estágio, a qual me convidou para realizar o experimento, como modelo de gestão para auxiliar no Plano de Gerenciamento de Resíduos Orgânicos da UFGD. Com o experimento também houve a possibilidade de apresentar a compostagem como mais uma tecnologia social solidária para acadêmicos e pessoas vinculadas a projeto da Incubadora de Tecnologias Sociais Solidárias.

O experimento foi realizado ao lado da Incubadora de Tecnologias Sociais Solidárias (ITESS/UFGD) situada na Universidade Federal de Grande Dourados, a qual está localizada em frente ao Aeroporto da cidade, no bairro Cerrito. Em área adjacente ao espaço cedido para fazer a leira de compostagem há uma

horta didática, onde são cultivadas plantas de espécies forrageiras, medicinais, olerícolas, aromáticas e grãos. O público atendido na ITESS é formado principalmente por estudantes, agricultores familiares, indígenas e famílias de assentamentos rurais. Com o experimento de compostagem foi possível maximizar a reciclagem de resíduos orgânicos, no intuito de adubar a horta didática de maneira segura, eficiente e econômica, além da possibilidade da transferência de tecnologia e promoção de educação ambiental aliado a segurança alimentar.

A leira foi elaborada seguindo as características do Método UFSC de Compostagem. Os materiais utilizados foram os mesmos, palhada, folhas, galhos, maravalha com dejetos e restos de alimentos do Restaurante Universitário. Pelo fato de não haver compostagem na Universidade, o inoculante biológico utilizado na primeira semana de atividades na composteira foram frutos em estado de decomposição acelerada misturados com terra, componentes retirados dos solos em frente à Incubadora, onde existem muitas árvores frutíferas, como mangueiras, jaqueiras, e abacateiros.

A palha vegetal é proveniente da manutenção do campus da Universidade e foi transportada através de micro-tratores (tobatas) por funcionários. A coleta dos materiais orgânicos, provenientes dos laboratórios da Faculdade de Ciências da Saúde (FCS) e do Restaurante Universitário (RU), foi realizada pelo autor diariamente com auxílio de veículos guiados por motoristas do Centro de Transportes da Universidade. No primeiro dia (10/02/2014), foi transportada uma balança digital do FCS para o RU para obter a massa de resíduos coletados diariamente. A estimativa em volume, da palhada e da maravalha com dejetos foi realizada através de um galão de 100 Litros. A quantidade de terra com frutos acrescentados, na tentativa de favorecer a colonização do substrato por microrganismos do meio, foi estimada através do enchimento de um pequeno recipiente com capacidade de 10 Litros. O manejo na leira de compostagem foi realizado com auxílio de enxada, apesar de o ideal ser a utilização de garfo agrícola. Todavia, foram utilizadas as ferramentas disponíveis no ITESS não havendo a necessidade de comprar nenhum equipamento em especial para realização do experimento.

- Peso Total de restos de pré-preparo e restos de pós-consumo = 420 kg
- Peso Total de frutos com terra = 25 kg
- Peso Total de maravalha com dejetos = 50-70 kg
- Volume Total de folhas = 1325 Litros
- Volume Total de aparas de grama = 5.300 Litros.

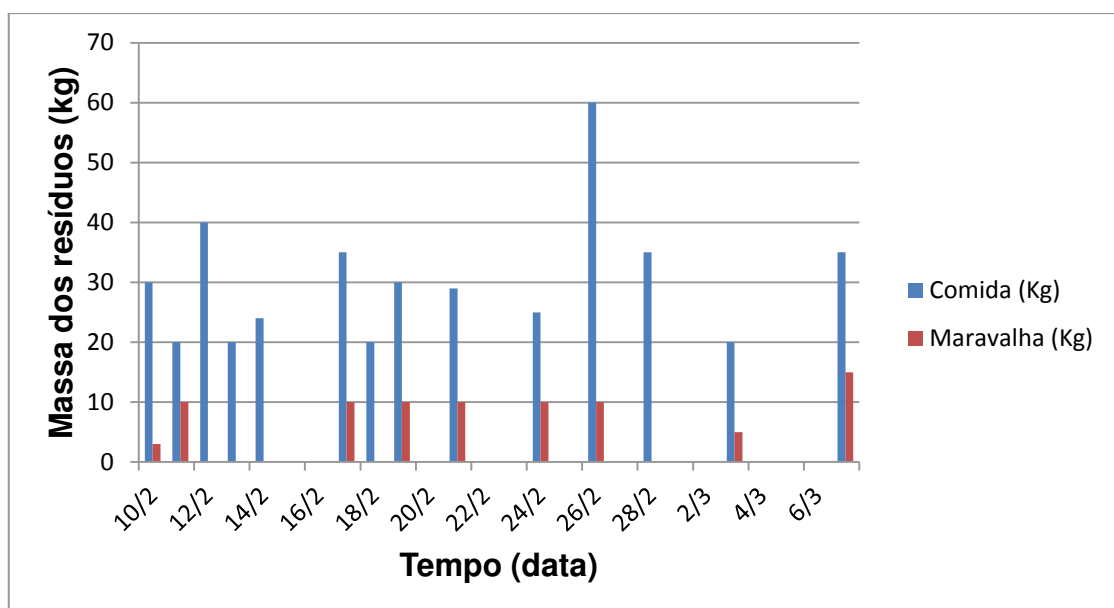


Figura 11. Gráfico da quantidade de resíduos orgânicos coletados e despejados na leira ao longo do período experimental; representados por restos de hortaliças e alimentos em azul e maravalha com dejetos de cobaias em vermelho.

Como não havia composto orgânico em fase de maturação para ser utilizado como inoculante biológico na primeira semana de aplicação de resíduos, optou-se por acrescentar cerca de 5 kg/dia (total 25 kg) de uma mistura de terra com frutos em decomposição, extraídos de solos na área em frente à ITESS. Durante três dias houve recolhimento manual de guardanapos sujos, retirados das lixeiras do RU. Esse material que é depositado junto com os copos plásticos nas lixeiras do Restaurante, mas pode ser jogado fora junto com os restos de pós-consumo, pois é um resíduo que é facilmente degradado e bioestabilizado nas leiras de compostagem.

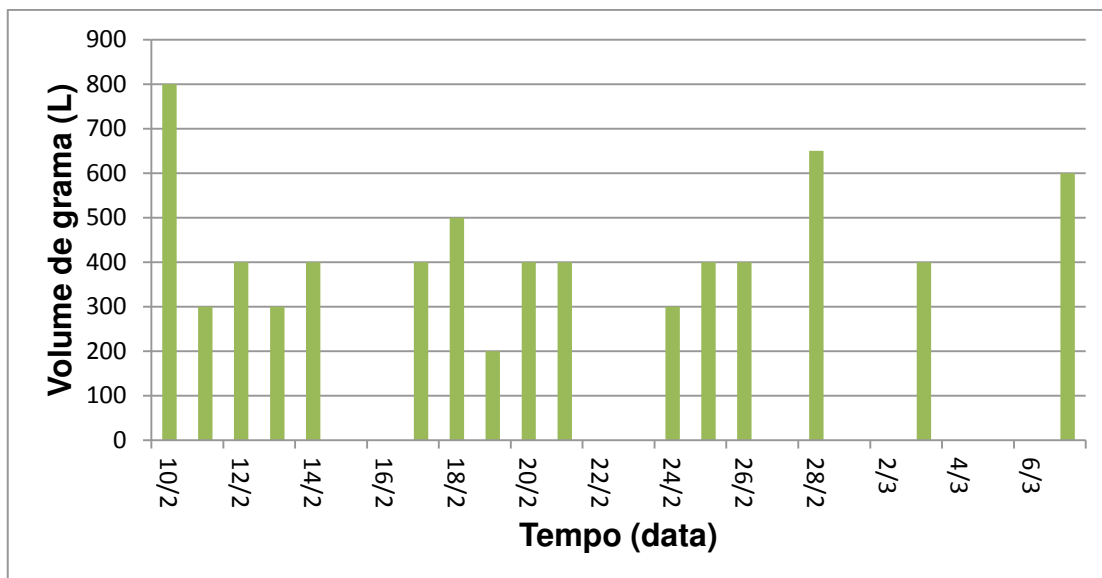


Figura 12. Gráfico de resíduos volumosos (palha verde e folhas), estimados em litros, utilizados na leira de compostagem.

As temperaturas foram medidas com termômetro digital de haste curta (15 cm), privilegiando-se os valores na parte superior da leira de compostagem, pois como a leira experimental era pequena, esse termômetro se demonstrou suficiente, apesar de o ideal ser a utilização de termômetro de haste longa. Os dados de temperatura foram coletados diariamente, medindo-se dois pontos equidistantes em partes centrais da leira, representados por Temperatura 1 (T1) e Temperatura 2 (T2).

Também foi implantada uma pequena composteira na Escola Estadual Vicente Palloti, situada no município de Fátima de Sul que fica a 42 km de Dourados. As atividades práticas e teóricas realizadas na escola foram pautadas com foco na conscientização ambiental, fertilidade do solo, ecologia, compostagem e desperdício de alimentos. Com a reciclagem do material orgânico proveniente da cantina sempre em conjunto com material vegetal fibroso, será possível restaurar a estrutura e fertilidade do solo para fornecer satisfatório desenvolvimento da Horta didática da escola, a qual faz parte do Projeto Vida Saudável - Jovem de Futuro.

6.1 Atividades de Extensão.

É extremamente importante que haja a interação entre atividades de extensão aliado ao conhecimento e a pesquisa científica. Toda a população financia a Universidade Pública, o que de certa forma torna obrigatório aos acadêmicos, o atendimento e a difusão de projetos e conhecimentos adquiridos na Faculdade para a população, assim como permite aumentar o potencial de utilização e replicabilidade à realidade dos conhecimentos tecnológicos e científicos.

Muitas pessoas que trafegavam por perto da leira de compostagem, principalmente nos períodos de manejo da leira experimental, se interessavam pelo processo. Dessa maneira foi possível dialogar com alunos, funcionários, professores, agricultores, etc. Inclusive houve participação na elaboração de material didático para indígenas, através de diálogo e troca de emails com pesquisador da FUNAI.



Figuras 13. a) Agricultoras vinculadas a projetos da ITESS próximas a leira de compostagem. b) Autor, diretora, professoras da Escola Vicente Palloti e aluna do curso de nutrição, interessadas no experimento.



Figura 14. Minicurso e palestra para alunas do Curso de Nutrição da UFGD.



Figura 15. Elaboração de uma leira de compostagem na Escola Estadual Vicente Palloti.



Figuras 16. a) Montagem da estrutura da leira com palha. b) Mini-curso de compostagem.



Figuras 17. Apresentação do projeto de compostagem. b) Final da palestra com alunos e professores.

A chave para a melhoria, conservação e renovação do planeta que todos almejam está na educação. O adequado gerenciamento dos resíduos que a sociedade produz não é função exclusiva dos governantes e empresas. Cada indivíduo possui papel relevante nessa dinâmica de gestão, que começa pela escolha do que consumimos e na separação correta do lixo dentro de casa. A educação que confere dignidade e autonomia para as crianças, adolescentes e adultos, deve possuir um enfoque na sustentabilidade aproximando o conhecimento teórico da prática.

6.2 Local e Início da Leira Experimental na UFGD.

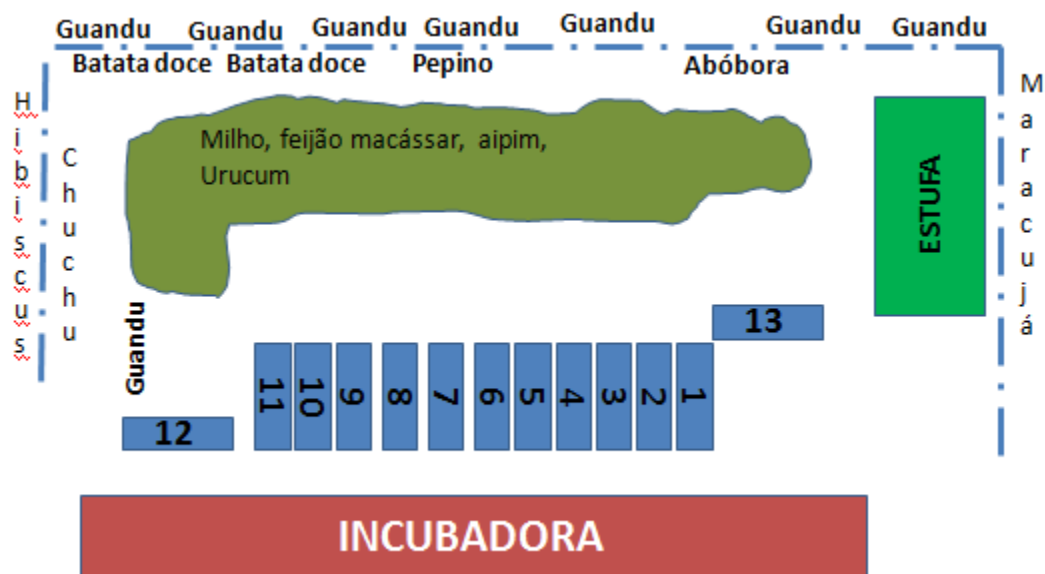


Figura 18. Adaptação do autor referente ao croqui representativo da área onde foi realizado o experimento. Autora: Angélica Magalhães.

Nos canteiros numerados de 1 a 13 são plantados varias espécies de plantas por grupos de acadêmicos do curso de Nutrição da UFGD. É uma horta didática com a finalidade de produzir alimentos seguros e colher ingredientes para elaboração de receitas. Ao lado dos cultivos foi elaborada a leira de compostagem para que o composto orgânico possa ser utilizado posteriormente na adubação da horta didática.

- Comprimento inicial da Leira: 2,60m.
- Largura inicial: 1,80m.
- Altura inicial: 0,30m.



Figuras 19. a) Estruturação da leira de compostagem com palhada e galhos. b) Resíduos do Restaurante Universitário, maravalha com dejetos e terra com frutos em decomposição.



Figuras 20. a) Material orgânico espalhado na leira. b) Maravalha, em pequena quantidade, espalhada sob o material orgânico.



Figura 21. Leira fechada com palha, no primeiro dia 10/02/2014, de execução da compostagem.

É importante para a atividade biológica e auto-regulação do aquecimento da leira de compostagem um período de repouso que pode ser de 24 horas até uma semana. De 10/02 até o dia 26/02 os resíduos foram acrescentados de segunda a sexta-feira, a partir desse dia, o manejo da leira de compostagem foi realizado apenas segunda quarta e sexta-feira no intuito de teoricamente conferir melhor desempenho ao processo eliminando qualquer chance de proliferação de larvas de moscas. A última aplicação de resíduos orgânicos na leira de compostagem foi realizada no dia 7 de março de 2014, sendo que as medições de temperaturas foram realizadas até o dia 24 de março de 2014.



Figura 22. Foto da leira de compostagem tirada na data 07/03/2014.

6.3 Sequência do Manejo Tradicional na Leira de Compostagem Experimental em Fotos.



Figuras 23. a) Leira com a camada de palha superficial removida. b) Mistura de resíduos após revolvimento manual interno da leira.



Figuras 24. c) Excedentes não aproveitados de pré-preparo despejados na leira. d) Leira novamente revolvida com ferramenta agrícola.



Figuras 25. e) Aplicação de uma camada de maravalha com dejetos. f) Cobrimento da leira com aparas de grama.

6.4 Condições Climáticas de Dourados-MS nos Meses de Fevereiro e Março.

Em fevereiro de 2014 a precipitação pluviométrica foi de 166 mm em Dourados, 26 mm a mais que a média de 35 anos deste mês, 140 mm. No entanto, a maior parte das chuvas ocorreu na segunda quinzena do mês, após o término da onda de calor que atingiu a região sul de Mato Grosso do Sul no período de 28 de janeiro a 11 de fevereiro. Houve dez dias chuvosos e a maior chuva ocorreu em 20 de fevereiro, 44 mm. A umidade média de fevereiro de 2014 (70%) foi 3% inferior à média do mês (73%). Em nove dias os níveis de umidade do ar foram inferiores a 30%, todos na primeira quinzena, durante a onda de calor. Em 8 de fevereiro a umidade do ar atingiu 18%. Houve uma ocorrência de ventos fortes em Dourados, em 12 de fevereiro, quando foram registrados ventos de 42 km/h, classificados como “muito fortes”.

No mês de março de 2014 ocorreram temperaturas mais amenas e chuvas com grande variação na Região Sul de Mato Grosso do Sul. Choveu 96 mm em Dourados, 70% da média de 35 anos deste mês, 138mm. No entanto, as chuvas foram bem distribuídas ao longo do mês, com a ocorrência de dez dias chuvosos. A maior chuva foi 20 mm em 14 de março. A umidade média de março de 2014 foi 77%, 3% superior à média do mês (74%). Não houve ocorrência de índices de umidade do ar inferiores a 30%. Em 9 de março a umidade do ar atingiu 32%. Compensando a onda de calor que ocorreu na primeira quinzena de fevereiro, o mês de março teve temperaturas mais amenas em Dourados. A temperatura média foi 23,8°C, um grau a menos que a média histórica (24,8°C).

Fonte: Estação da Embrapa Agropecuária Oeste - Dourados/MS.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O método em leiras estáticas com aeração natural normalmente é realizado ao ar livre o que torna importante a observação da dinâmica climática, pois essas oscilações do clima interferem no processo, principalmente a precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar e ocorrência de ventos fortes.

A partir da coleta de dados, foi elaborada uma tabela com as duas medições de temperaturas diárias e as condições climáticas dos respectivos

períodos. A seguir é apresentado o gráfico de temperaturas internas da leira de compostagem através da média aritmética das medições de temperatura representadas por T1 e T2 da tabela.

Tabela 1. Temperaturas (T1 e T2) no interior da leira de compostagem, e dados meteorológicos do ambiente representados a partir da 4^o coluna.

Data	T1 (°C)	T2 (°C)	Ta máx. (°C)	Ta mín. (°C)	UR máx. (%)	UR mín. (%)	Chuva (mm)
11/fev	39	40	35.7	22.2	87	28	0
12/fev	43	44	32.9	19.6	91	39	3.8
13/fev	54	56	32.2	21.6	90	45	3.6
14/fev	66	66	27.9	20.5	93	66	3.6
17/fev	60	61	30.4	20.4	85	49	0
18/fev	68	71	31.7	21.4	79	47	0
19/fev	63	63	31.2	21.9	79	43	0
20/fev	45	47	31.4	21.1	94	51	44
21/fev	62	65	26.4	20.7	94	73	17.6
22/fev	68	68	29.7	20.4	94	59	0.2
24/fev	65	66	30.1	20.5	93	54	0
25/fev	72	72	28.5	19.7	95	64	28.2
26/fev	59	66	28.9	19.7	95	62	20.2
27/fev	73	74	26.3	17.5	96	67	0.2
28/fev	72	72	29.7	16	93	40	0
03/mar	62	62	21.9	18.1	95	79	2.8
05/mar	72	72	32.1	19.9	94	47	0
07/mar	63	67	29.8	19.5	93	48	0
10/mar	67	69	33.7	18.0	90	32	0
12/mar	64	65	30.2	18.5	96	50	0.6
13/mar	64	66	31.5	19.9	94	49	0
14/mar	62	64	33.3	19.9	93	41	20
17/mar	60	62	33	21.1	90	42	0.8
18/mar	59	61	32.5	19.4	93	43	0
19/mar	59	62	31.8	22.1	92	50	7
20/mar	56	57	28.8	20.7	94	65	11.2
21/mar	58	60	29.1	20.1	93	55	0
24/mar	56	60	29.1	18.2	93	49	0

Os dados meteorológicos foram retirados do site da Estação da Embrapa Agropecuária-Oeste para região de Dourados.

T1 e T2 = 2 Pontos de medição de temperaturas em regiões centrais e equidistantes na leira.

Ta = Temperatura ambiente **UR** = umidade relativa do ar.

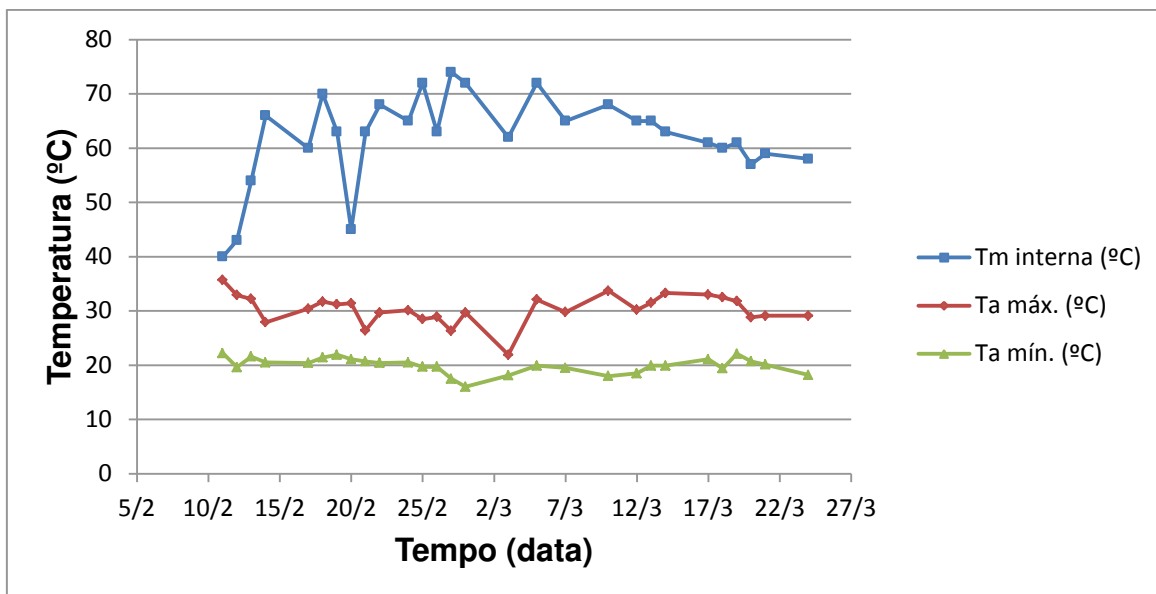


Figura 26. Média dos valores diários das temperaturas internas da leira (Tm) de compostagem em detrimento da temperatura ambiente (Ta) máxima e a temperatura ambiente mínima.

Na primeira semana da implantação do experimento foi possível observar uma rápida elevação da temperatura interna da leira, em torno de 10°C/dia. Na sexta feira, ou quinto dia após a implantação da leira experimental foram atingidas temperaturas no interior da leira que chegaram a 66 °C. É importante ressaltar que a queda brusca da temperatura em determinada ocasião na segunda semana, provavelmente foi devido à ocorrência da não esperada precipitação pluviométrica ocorridas nos dias 20/02 e 21/02, o que pode ter gerado, em conjunto com outros fatores, umidade em excesso da mistura de resíduos.

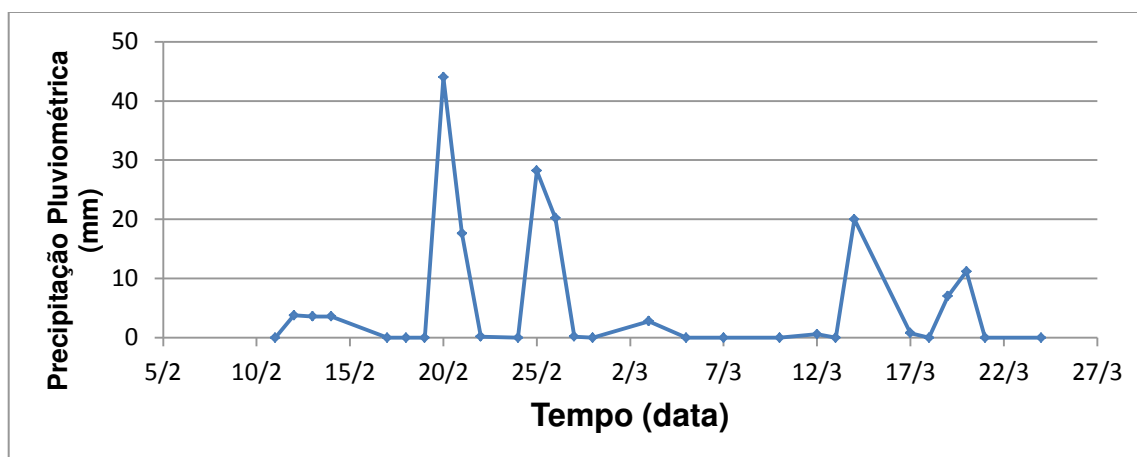


Figura 27. Gráfico que demonstra a ocorrência e o volume de precipitação pluviométrica no período experimental.

Com esse fato foi possível constatar a importância da utilização de elevadas quantidades de material estruturante, que possuem baixa condutividade térmica e alta capacidade de absorção de água, para atenuar os efeitos das oscilações climáticas, principalmente ventos e chuvas. Nesse dia, além do excesso de chuva, a quantidade de palha utilizada no dia anterior à constatação foi pequena, cerca de 200 litros. No dia 21/02 devido à constatação da baixa temperatura, não foram aplicados resíduos orgânicos, apenas houve o acréscimo de 250L de folhas que foram misturadas com os resíduos e 150L de aparas de grama para reforçar a cobertura da leira.

Notou-se que a temperatura se manteve constante ao redor dos 60 graus até o último dia coleta de dados próximo ao final do mês de março. A tendência é que haja uma gradual diminuição na temperatura da leira, no entanto a composteira pode ser reativada e a temperatura voltar a subir ao se aplicarem mais resíduos.

Microrganismos mesófilos são dominantes na massa da compostagem na fase inicial do processo quando as temperaturas são relativamente baixas. Esse primeiro grupo de microrganismos usa o oxigênio disponível para transformar o carbono do substrato orgânico para obter energia, o que libera CO_2 e água metabólica, além de gerar calor. Este calor será conservado no interior da leira elevando rapidamente a temperatura do substrato. O armazenamento desse calor depende principalmente do formato e tamanho da leira, da umidade e características gerais dos resíduos. A dinâmica das populações de microrganismos, constituídas principalmente por bactérias, fungos e actinomicetos é alterada conforme o grau de decomposição do substrato e oscilação das temperaturas atingidas. A partir da faixa de 45 °C os microrganismos mesófilos entram em dormência ou morrem e os termófilos entram em ação consumindo rapidamente o substrato disponível, podendo a leira sob determinadas condições atingir temperaturas superiores a 70 °C.

Apesar de alguns autores citarem a importância de se controlar temperaturas em torno de 55 °C na tentativa de evitar perdas de nitrogênio e a inibição de certos microrganismos termofílicos, na compostagem em leiras estáticas o manejo de fluxo de calor é fundamental. Portanto nesse sistema não é

feito qualquer controle de temperatura, pelo contrário, procura-se reter o calor gerado (INÁCIO & MILLER, 2009).

Temperaturas acima de 65 °C tem importante papel na ativação do fluxo de ar sendo que a maior temperatura observada no experimento foi de 74 °C. Portanto, quando o objetivo do projeto é a maximização da reciclagem, temperaturas elevadas são desejadas, ainda por garantir a eliminação de contaminantes e larvas de moscas; por acelerar ainda mais a degradação dos substratos; diminuir a emissão de percolados e reduzir o volume da massa de resíduos. A qualidade do produto final é satisfatória mesmo sob picos de temperaturas acima de 70 °C sendo que a partir da manutenção de temperaturas elevadas é possível eliminar a ocorrência de eventos indesejáveis.



Figuras 28. Termômetro digital medindo 65°C e 72 °C, respectivamente.

Existem diferenças de temperatura, tanto em relação às diferentes alturas quanto em relação às diferentes larguras da leira de compostagem. A tendência é que as temperaturas sejam mais elevadas nas partes superiores e centrais da leira de compostagem decorrente da produção de calor e fluxo ascendente de ar sendo que ocorre maior retenção do calor nas camadas superiores de resíduos na leira (TEIXEIRA, 2009). Eventualmente foram medidas temperaturas nas partes mais próximas a borda da leira, em que foi notado diferenças de temperatura entre 5 a 10 °C em relação as partes centrais, ressaltando-se que as medições utilizadas nas tabelas do experimento são representadas por temperaturas das partes centrais da leira.

Os materiais estruturantes, assim como o material orgânico em decomposição, apresentam baixa condutividade térmica o que facilita a retenção de calor no interior da leira. A origem e disposição dos materiais é a chave para manutenção da fase termofílica, ao elaborar uma mistura de resíduos com adequada porosidade e teor de água, não há necessidade de fornecer oxigênio ou umidade de maneira artificial para bom desempenho do processo, sendo que o excesso de interferência externa pode afetar negativamente a qualidade do processo de biodecomposição e gerar problemas sanitários.

Quando não houve recolhimento de cama de animais por problemas de organização e logística com os laboratórios, foram acrescentadas folhas em substituição a esse tipo de resíduo. No entanto a serragem tem papel fundamental na conservação do calor produzido dentro da leira de compostagem, devido às características de baixa condutividade térmica, capacidade de retenção de água e área superficial específica desse material. Camadas de materiais como a serragem, evitam as perdas intensas de água e calor que ocorrem na evaporação, portanto esse material é de fundamental importância nesse aspecto, principalmente em climas quentes e secos.



Figuras 29. a) Acréscimo de folhas, no segundo dia de experimento, para promover maior porosidade. b) utilização ocasional de folhas como alternativa para a pouca disponibilidade de serragem.

Durante o período de despejo dos resíduos na leira, foram acrescentados durante alguns dias papéis guardanapos oriundos do Restaurante Universitário. A degradação desse material foi intensa não permitindo a visualização de suas formas originais nos dias seguintes à aplicação do mesmo. Assim como a identificação dos resíduos orgânicos dos restaurantes em suas formas originais

era extremamente dificultada pela alta eficiência da decomposição do processo. Quando todos os componentes residuais estavam devidamente balanceados com serragem disponível em quantidades adequadas, foi possível manter temperaturas em torno de 65 °C na leira de compostagem.

É recomendado reciclar nas leiras de compostagem os guardanapos sujos do Restaurante Universitário, pelo fato de esse material ter boa taxa de decomposição quando misturado aos resíduos orgânicos úmidos. Portanto é mais um resíduo produzido diariamente no Restaurante que poderá ter destino adequado, evitando que se misturem copos plásticos com os guardanapos sujos nas mesmas lixeiras.

O regime litorâneo de Florianópolis/SC, normalmente com maior predomínio de nuvens, maior umidade relativa do ar e menores oscilações climáticas, apresenta-se como diferencial importante em relação à cidade de Dourados/MS, visto que a classificação climática das mesmas é semelhante. Ventos fortes associados à baixa umidade relativa do ar favorecem a perda de calor por evaporação e tendem a desfavorecer a retenção de calor no interior da leira. No entanto, com a observação de elevadas temperaturas ao longo de todo o processo, mesmo em períodos de baixa umidade relativa do ar e ocorrência de ventos fortes é possível concluir que a retenção de calor foi maior que as perdas.

O método se demonstrou resistente as alterações climáticas, sendo que a precipitação pluviométrica provavelmente teve influência positiva na manutenção das temperaturas internas, visto que o experimento foi realizado num período muito quente e com ausência de molhamento artificial. Em períodos de adversidades climáticas, como excesso de chuva e ventos fortes, através de pequenas ações e alterações do manejo tradicional, como o acréscimo de maior quantidade de palha e material estruturante foi possível contornar as alterações climáticas no intuito de favorecer a manutenção da fase termofílica do processo.

Com o passar do tempo a leira foi ficando mais bem estruturada, a eficiência do processo era nítida. Ao remover a palha da parte superior da leira, não havia percepção de cheiros desagradáveis nem a constatação da emissão de líquido percolado. Então o material era misturado com a enxada para promover maior homogeneização, aeração e porosidade da massa de resíduos. Como a carga de resíduos despejadas diariamente era pequena, misturava-se após o

despejo dos resíduos crus, novamente toda a biomassa com o auxílio da enxada. Dessa maneira foi possível garantir a aeração e favorecer a colonização dos microrganismos decompositores no material recém colocado na leira, acelerando-se a atividade biológica e conseqüentemente a decomposição do material orgânico. Feito esses procedimentos, acrescentou-se a camada de maravalha com dejetos devidamente espalhada e depois uma boa camada de palha para fechar bem a leira. Basicamente esse foi o manejo praticado na leira de compostagem.



Figuras 30. a) Leira revirada e presença de vapor da água expelido, à esquerda. b) Leira com restos de pré-preparo, à direita.

A bioestabilização do composto orgânico, visualmente, teve ótimo desempenho. Provavelmente todo o material utilizado na leira estará pronto para ser aplicado ao solo da horta didática no mês de agosto de 2014. Considerando-se 1 mês de despejo de resíduos, e manutenção de altas temperaturas por cerca de 3 meses, é possível realizar uma estimativa de que o composto estará pronto para ser benéficamente aplicado ao solo dentro de 3 a 4 meses, totalizando aproximadamente 6-7 meses do início de atividades de compostagem até a utilização do produto final. A leira de compostagem poderá ser totalmente revolvida, inclusive a palhada periférica, no quarto/quinto mês após o início da montagem da leira, e após esse procedimento mecânico realizado com enxada, recomenda-se deixar o composto maturando no solo por período indeterminado,

que pode ser de 1 a 2 meses ou mais, conforme a necessidade do adubo orgânico. Portanto, a previsão é de que, em meados do início de agosto o composto orgânico já poderá ser utilizado para adubar a horta agroecológica da ITESS.

O satisfatório desempenho de todo o processo foi constatado pela observação de altas temperaturas, elevado grau de decomposição dos materiais, não emissão de percolados; ausência de cheiros desagradáveis, moscas e ataque de animais. Portanto, através da observação da temperatura e outros fatores visuais, ficou comprovado que esse método de compostagem, de interferência externa mínima consegue manter os parâmetros do processo naturalmente adequados para excelente biodecomposição com segurança sanitária, baixo investimento e eliminação de possíveis problemas causados pelo não tratamento dos resíduos, ou pelo tratamento equivocado através de sistemas complexos, operacionalmente caros, ineficientes para localidades brasileiras e economicamente inviáveis pelo excesso de operações de ajustes de parâmetros.



Figuras 31. a) Leira coberta, 21/02. b) Leira parcialmente aberta no dia 24/03, à direita



Figuras 32. a) Autor ao lado da leira de compostagem no dia 13/02. b) à direita, leira coberta no ultimo dia de coleta de dados, 24/03/2014.



Figura 33. Lateral da leira no final do período de aplicação de resíduos.

8. CONSIDERAÇÕES SOBRE IMPLANTANÇÃO DE PÁTIO DE COMPOSTAGEM NA UFGD.

O começo da atividade de compostagem em escala domiciliar ou aproximadamente em volume de até 200 litros de resíduos diários pode ser realizado em qualquer lugar sem a necessidade de adquirir muitos equipamentos e sem risco de dano ambiental. Todavia quando os resíduos produzidos diariamente possuem volume considerável é necessário escolher um adequado sistema de compostagem, baseado nos resíduos disponíveis, e realizar um bom manejo para evitar possíveis problemas como a proliferação de vetores e emissão de odores indesejáveis. O formato e estruturação com material fibroso da leira, e a disposição de resíduos que garante boa porosidade no interior da leira são premissas que fazem do sistema e método desenvolvido na UFSC extremamente recomendado para o tratamento de resíduos de restaurantes, de criações de animais e restos de culturas agrícolas.

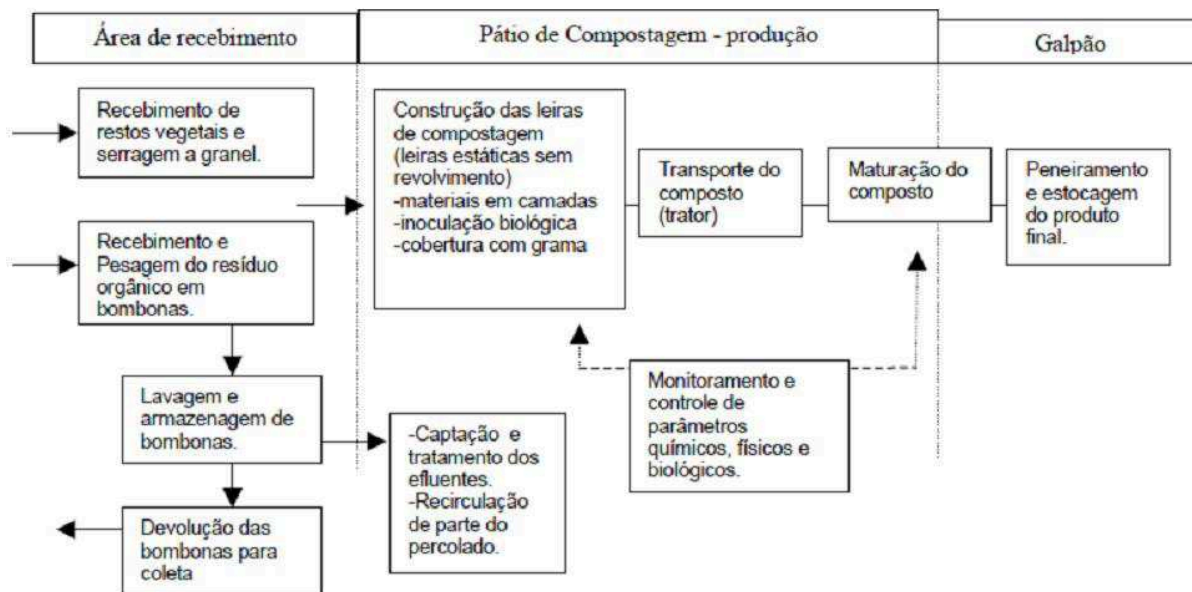


Figura 34. Diagrama de operações em um pátio de compostagem de resíduos orgânicos de coleta seletiva (separação na fonte) e emprego do método de leiras estáticas.

Fonte: Miller e Inácio, 2009.

O recolhimento dos resíduos orgânicos produzidos no Campus da UFGD em conjunto com parte dos resíduos provenientes da Fazenda Experimental, é totalmente viável para constituir a reciclagem orgânica integral da Instituição, pois além da adequação a lei através da disposição correta e tratamento de todo esses resíduos, haverá um retorno para a comunidade acadêmica e para a sociedade que poderá desfrutar do acompanhamento dessa biotecnologia e do produto final, ou seja, o adubo orgânico para diversos usos. O suprimento de materiais estruturantes como as aparas de grama não será um problema devido à riqueza de áreas verdes no Campus e na Fazenda, assim como constatada a existência e expansão das criações de animais como aves e coelhos, o que fornece adequado suprimento de maravalha com dejetos, além de garantir a riqueza e qualidade nutricional do composto orgânico.

A Universidade Federal da Grande Dourados possui área em frente à Incubadora de Tecnologias Sociais Solidárias, onde existem muitas árvores e também experimentos dos alunos de Agronomia. Nessa área poderia ser realizado a compostagem termofílica de maneira mais rústica por funcionários da

Universidade ou pelos próprios alunos da UFGD a exemplo de como era realizado na Universidade Federal de Santa Catarina.

A escolha da localização do pátio de compostagem envolve a proximidade da fonte geradora de resíduos, requerimentos legais e acessibilidade da área disponível. A Fazenda experimental da UFGD, localizada a 7 km do Campus Universitário, possui aproximadamente 293 hectares, onde há estudos e experimentos com plantações de milho, cana-de-açúcar, feijão, entre outras culturas, também existe a criação de ovelhas, gado e suínos. O acesso a fazenda é vantajoso pela proximidade do Campus Universitário e ausência de tráfego intenso, além de naquela existir infraestrutura para os funcionários e também máquinas que podem ser úteis no processo de compostagem, como a trituradora de material vegetal; caminhonete, tratores e carretas, os quais são equipamentos que podem servir para transporte e aplicação de resíduos na leira. As características edafoclimáticas da região onde esta situada a Fazenda se demonstraram favoráveis a implantação do projeto.

É recomendado para o acondicionamento do material orgânico a utilização de bombonas com alças e tampas, executando-se um sistema de rodízio de coleta e fornecimento com as fontes geradoras, a exemplo de como é feito em Florianópolis. A logística de execução das atividades referentes a compostagem ficará a critério dos envolvidos no projeto, no entanto, recomenda-se que os funcionários recolham todos os resíduos nas fontes geradoras através de veículos menores, como as tobatas, e acumulem esses em um local na Universidade para que posteriormente seja transportado todo o material, de caminhão ou qualquer outro veículo adequado, para a Fazenda Experimental.

O solo da região é aparentemente rico em argila, o que favorece a compactação e elaboração de sistema de drenagem e coleta do líquido percolado em caixas coletoras. É possível coletar o líquido percolado manualmente ou com auxílio de bomba hidráulica para recirculação nas leiras em fase termofílica, ou utilizar o líquido percolado através de irrigação direta nos experimentos da fazenda, dependendo das concentrações e qualidade dos componentes químicos do líquido. Um sistema de drenagem simples consiste na abertura de um sulco na parte central e sob a futura leira de compostagem, sulco com declividade de 2%

em direção a caixa coletora, colocação de geomembrana PEAD, cascalho, manta bedin e material estruturante nessa ordem de sobreposição de materiais.



Figuras 35. Esquema de abertura de sulco de drenagem proposto por colega em pátio de compostagem localizado no Rio de Janeiro.
Foto: Montibeller, 2012.



Figuras 36. a) Presença de cascalho em vala aberta no Pátio UFSC. b) Manta geotérmica e montes de areia. c) Caixa coletora do líquido percolado das leiras.

Nos pátios sem o auxílio de máquinas, as leiras normalmente têm dimensões entre 1,0 a 1,5 m de altura e 1,5 a 2,5 m de largura e o comprimento variável entre 10,0 e 20,0 m de comprimento. Leiras com montagem e operações mecanizadas normalmente apresentam dimensões de aproximadamente 2 metros de altura e 3,0 metros de largura (INÁCIO & MILLER, 2009).

A montagem e manutenção das leiras são realizadas por poucos funcionários dependendo da disponibilidade de mão-de-obra e quantidade de resíduos diários, todavia as operações diárias podem ser realizadas com auxílio de máquinas, o que aumenta a eficiência de trabalho e diminui a necessidade de mão de obra operacional. Esse sistema semi-mecanizado é realizado pela

Associação Orgânica de Florianópolis, onde os resíduos das bombonas são despejados pelos funcionários na pá de uma máquina retroescavadeira, a qual posteriormente é utilizada para despejar os resíduos no interior das leiras em grandes quantidades de uma só vez, o que permite que o trabalho seja realizado em apenas uma única e volumosa leira, por apenas 3 funcionários, entres os quais 2 trabalhadores comuns e um motorista.

É importante que haja o treinamento de funcionários por um profissional com experiência para garantia do sucesso do projeto de compostagem. Os funcionários necessitam de equipamentos de proteção individual como luvas, botas e ferramentas indispensáveis como garfos agrícolas e enxadas para realizar operações nas leiras, a exemplo do espalhamento adequado de palha na superfície. Para beneficiamento do composto pode ser utilizado peneiras para remoção de partículas grosseiras e pás para acondicionamento do adubo em sacos. É recomendado que a lavagem das bombonas seja feita com mangueira e esfregão ou com máquina com jato de pressão. A água da lavagem remanescente nas bombonas pode ser acumulada em um único galão durante a atividade para ser despejada nas leiras, assim além do reaproveitamento da água, evita a necessidade de irrigação artificial da leira de compostagem em períodos extremamente secos.

A UFGD ao implantar projeto semelhante ao desenvolvido na UFSC possuirá plena capacidade de evoluir na área técnica e científica referente à compostagem de resíduos orgânicos. Existe a possibilidade de serem compostados outros tipos de resíduos gerados na Fazenda Experimental e realizar estudos observando o desempenho, dessas novas metodologias criadas localmente, conforme a demanda de reciclagem necessária desses resíduos gerados, assim como poderá utilizar o composto orgânico na adubação dos experimentos sendo um insumo promissor como fonte de pesquisas acadêmicas na área de produção vegetal.

Ressaltadas algumas características e feito observações a cerca de operações práticas em pátios de compostagem, é importante mencionar que essa é uma atividade com operações simples que representa uma estratégia sustentável e que só depende da organização, planejamento e consciência

ambiental para que o projeto seja executado, de forma prática e com baixo custo pela Universidade Federal da Grande Dourados.

9. CONCLUSÕES

A compostagem, amplamente difundida e empregada com sucesso no município de Florianópolis-SC, foi avaliada na região caracterizada por clima de Cerrado e apresentou desempenho semelhante à região litorânea. Dessa maneira foi possível compreender que as características e disposição dos resíduos, em conjunto com a estruturação e manejo empregado na leira são os principais fatores determinantes da eficiência do processo, apesar de o clima interferir na dinâmica ecológica do processo. Portanto, através da compreensão dos fatores ecológicos envolvidos no processo de compostagem é possível criar um ambiente resistente as adversidades e que interage de forma natural com as condições climáticas, o que favorece a sucessão de microrganismos e a intensa decomposição biológica.

Com a elaboração da leira experimental na UFGD foi possível demonstrar para as pessoas interessadas o quanto esse método de compostagem é útil e promissor, pela constatação da ausência de eventos indesejáveis, manutenção de elevadas temperaturas e verificação sensorial da qualidade do futuro produto final. Ficou comprovada a eficiência, praticidade e economia da prática de compostagem em leiras estáticas com aeração natural para o tratamento de resíduos orgânicos. Quando bem montada e manejada com base na compreensão dos fatores ecológicos envolvidos, esse sistema pode ser realizado em qualquer região de clima tropical e subtropical, sem maiores adequações e dificuldades.

Constatou-se a necessidade de profissionais capacitados na área de manejo e tratamento de resíduos orgânicos para apresentar soluções e também minimizar os diversos problemas que ocorrem nos pátios de compostagem do país. Sistemas equivocados de tratamento de resíduos e manejos deficientes em pátios de compostagem representam gargalos desse nicho, o que muitas vezes dificultam a difusão e execução dessa prática. Portanto é essencial que essa tecnologia seja difundida e praticada com responsabilidade técnica e ambiental

em um número maior de regiões, englobando-se as mais diversas fontes geradoras de resíduos orgânicos.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estágio de conclusão de curso foi extremamente enriquecedor e produtivo. Foi possível discutir ciência, promover educação ambiental e principalmente serviu como prova real da aplicação dos conhecimentos teóricos e práticos acumulados em sala de aula e, ao longo de três anos trabalhando ininterruptamente no pátio de Compostagem da UFSC.

O principal objetivo do trabalho foi atingido, tendo em vista que pode demonstrar a eficiência e praticidade do método para o tratamento de resíduos orgânicos. O Sistema de Compostagem em Leiras Estáticas com Aeração Natural, baseado no relatório final de estágio enviado pelo autor a Comissão de Estágios da UFGD, serviu de base e incentivo para a implantação de projeto de compostagem, a qual já esta sendo realizada na Fazenda da UFGD, com a reciclagem integral dos resíduos orgânicos produzidos no Campus da Universidade. A diretora da Escola Vicente Palloti também informou que muitos alunos se interessam pelo assunto sendo que as atividades na leira de compostagem continuam a pleno vapor na escola, assim como já foi realizado o plantio de mudas e sementes na área adjacente a leira de compostagem.

É importante a parceria entre Universidades para que haja o intercâmbio de alunos e a disseminação de bons estudos e projetos, no intuito de atender as demandas internas e também promover o desenvolvimento científico e tecnológico mútuo.

O trabalho e acompanhamento paralelo, realizado na horta agroecológica da ITESS, através do plantio de mudas, sementes e observações agrônômicas foi esclarecedor e permitiu verificar a necessidade de adubação orgânica nessa área para a produção de alimentos saudáveis.

Devido à complexidade do tema, existe a necessidade de incentivo as mais diversas iniciativas e tecnologias para atenuação dos problemas que envolvem a gestão de resíduos sólidos. As Universidades, escolas, restaurantes e estabelecimentos em geral que possuem a oportunidade de estabelecerem

planos de gerenciamento e adotar práticas sustentáveis e descentralizadas para o tratamento dos resíduos orgânicos, podem representar um grande avanço para a sociedade, tanto na educação e conscientização da população como através do ataque direto a problemática dos resíduos sólidos descartados em pequenas ou grandes escalas. Dessa forma, ampliam-se as alternativas, através de parcerias e projetos integrados para viabilizar a disseminação e execução da prática de compostagem por todo o país.

Em suma, com a elaboração de uma ampla revisão bibliográfica pautada na exposição da problemática e paradigmas que envolvem as sociedades contemporâneas e compreensão da importância da matéria orgânica para a regeneração de sistemas produtivos foi possível inserir a compostagem de resíduos orgânicos num contexto amplo e ressaltar a importância dessa atividade para a sociedade.

11. REFERÊNCIAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2012.pdf>>. Acesso: 10/02/2014.

ABRAMOVAY, R. **Muito além da economia verde**. São Paulo: Abril, 2012. 247 p.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuaria, 2002. 592p.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. In: SANTOS, G.A; SILVA, L.Z; CANELLAS, L.P; CAMARGO, F.A. 2ed. Porto Alegre (RS): Metrópole, 2008. 636 p.

BETTARELLO, B. **Aquecimento de água utilizando compostagem como fonte Bio-térmica**. 2007.33f. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

BUTTENBENDER, E. S. **Avaliação da compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos provenientes da coleta seletiva realizada no**

município de Angelina/SC, 2004. 140f. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UFSC, Florianópolis, 2004.

BRASIL. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a nº Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o comitê interministerial da política nacional de resíduos sólidos e o comitê orientador para a implantação dos sistemas de logística reversa, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 dez. 2010 p.1 Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm>. Acesso: 19/03/2014.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 8 mar. 2010. p. 3. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em 04/02/2014.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2012**. Brasília, maio de 2014. Disponível em: <<http://www.reusa.com.br/biblioteca/DiagRS2010.pdf>>. Acesso: 02/06/2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Cidades Sustentáveis – Resíduos Sólidos**. 2014. Disponível: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos>> Acesso: 18/02/2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Clima – Energia – Fontes Renováveis. Biomassa contida nos Resíduos Sólidos Urbanos. 2014**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/energia/energias-renovaveis/biomassa-contida-nos-residuos-solidos-urbanos>> Acesso: 03/03/2014

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos**. Projeto Internacional de Cooperação Técnica para a Melhoria da Gestão Ambiental Urbana no Brasil, BRA/OEA/08/001, Outubro de 2010. Disponível em: <http://www.cidadessustentaveis.org.br/sites/default/files/arquivos/manual_de_compostagem_mma.pdf>. Acesso: 24/05/2014

BRITO, F. S.; MILLER, P. R. M.; STADNIK, M. **Presença de Trichoderma spp em composto e suas características para o controle de**

fitopatógenos. Revista Brasileira de Agroecologia. v.5, p.43-53, 2010. Disponível em: <<http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/rbagroecologia/article/view/7683/6645>>. Acesso: 14/07/2014.

COOPERBAND, L. **The Art and Science of Composting. A resource for farmers and compost producers.** University of Wisconsin-Madison, Center for Integrated Agricultural Systems. March 29, 2002 Disponível em: <<http://www.cias.wisc.edu/wp-content/uploads/2008/07/artofcompost.pdf>> Acesso: 10/06/2014.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA. Estação da Embrapa Agropecuária Oeste – Dourados/MS. Disponível em: <<http://www.cpa.embrapa.br/clima/>> Acesso: 12/04/2014.

ELSER, J.; BENNET, E. **A broken biogeochemical cycle.** NATURE. v. 478, 6 out. 2011, 29-31p.

EPSTEIN, E. **The Science of Composting.** Pennsylvania. Technomic publishing. 1997, p.493.

FERNANDES, F & SILVA, S. M. C. P. **Manual prático de compostagem de biossólidos.** PROSAB 1999. Londrina. Universidade Estadual de Londrina. 83p.

HAUG, R.T. **The practical handbook of composting engineering.** Boca Raton, Lewis Publisher, Boca Raton, FL, 1993, p.717.

HOWARD, S. A. **An agricultural testament.** Oxford University Press New York and London, 1943. Disponível em: <http://www.journeytoforever.org/farm_library/howardAT/ATtoc.html>. Acesso: 12/03/2014.

HOWARD, S. A. **Um testamento agrícola.** São Paulo: Expressão Popular, p.360, 2007. Traduzido da edição especial da Rodali Press, USA, 1976.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010: Características da população e dos domicílios.** Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 06/06/2014

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades 2010**. Rio de Janeiro, IBGE, 2011. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso: 22/05/2014.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso: 06/06/2014

INÁCIO, C. T.; BETTIO, D. B. B.; MILLER, P. R. M. **O papel da compostagem de resíduos orgânicos na mitigação de emissões de metano**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. 20 p.

INÁCIO, C. T. **Compostagem de restos de alimentos com aparas de grama e esterco de animais: monitoramento do processo**. Rio de Janeiro, RJ Dezembro, 2010. Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes/pdfs/circtec46_2010_compostagem.pdf>. Acesso: 12/05/2014.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156 p.

KIEHL, J. E. **Fertilizantes Orgânicos**. Piracicaba. Editora Agronômica Ceres Ltda, 1985, p.492.

MILLER, F. C. **Composting as a process base on control of ecologically selective factors**. In: Soil microbial ecology: application in agricultural and environmental management. F.B Metting jr. ed. p.515-541, 1993.

MONTIBELLER, J. A. **Técnicas de compostagem aeróbica e termofílica desenvolvidas na Embrapa-Solos**. 2012. 44f. Relatório de Estágio de Conclusão de Curso, Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Ed. UFLA, 2006. 729 p.

NOSSA SÃO PAULO & REDE SOCIAL BRASILEIRA POR CIDADES JUSTAS E SUSTENTÁVEIS. **Guia para a implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos nos municípios brasileiros de forma efetiva e inclusiva**. Programa

Cidades Sustentáveis. Abril, 2013. Disponível em:
<<http://www.cidadessustentaveis.org.br/residuos/publicacao-residuos-solidos-programa-cidades-sustentaveis-baixa.pdf>>. Acesso: 05/04/2014.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de ecologia**. São Paulo (SP): Cengage Learning, 2007. 612p.

PAIGNÉ, J.; GIRARDIN, P. **Environmental impacts on farm scale composting practices**. Water, Air and Soil Pollut. v.163, p.45-68, 2004.

POSENATO, F. C.; RODRIGUES, K.; SAND, V. S. **Avaliação da atividade antibacteriana e antifúngica de isolados de Streptomyces**. IX Salão de Iniciação Científica – PUCRS, 2008. Disponível em:
<http://www.pucrs.br/research/salao/2008-IXSalaoIC/index_files/main_files/trabalhos_sic/ciencias_biologicas/microbiologia/62859.pdf>. Acesso: 13/07/2014.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 7ª ed. São Paulo (SP): Nobel, 1984. 541 p.

RYNK, R. **Composting methods**. Ithaca, Northeast Regional Agricultural Engineering Service/Cooperative Extension, 1992.

SANTOS, R. D. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. In: SANTOS, G.A; SILVA, L.Z; CANELLAS, L.P; CAMARGO, F. A. 2ª ed. Porto Alegre (RS): Metropole, 2008. 636 p.

SANTOS, H. F. **Normatização para o uso agrícola dos biossólidos no exterior e no Brasil**. In: ANDREOLI, C.V,; SPERLING, M.V,; FERNANDES, F. Lodo de esgoto: tratamento e disposição final. UFMG. Belo Horizonte. Companhia de Saneamento do Paraná. 4ª Edição, 2010, 462p.

SILVA, L. Z. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. In: SANTOS, G.A; SILVA, L.Z; CANELLAS, L.P; CAMARGO, F. A. 2ª ed. Porto Alegre (RS): Metropole, 2008. 636 p.

TEIXEIRA, C. **Dinâmica de gases (CO₂, O₂ e CH₄) e da temperatura em compostagem estática com aeração natural no Aeroporto Internacional do**

Rio de Janeiro. 2009. 46f. Trabalho de Conclusão. Curso de Agronomia, UFSC, Florianópolis, 2009.

TEIXEIRA, C. **Higienização de logo de estação de tratamento de esgoto por compostagem termofílica para uso agrícola.** 2012. 139f. Tese (Mestrado), Programa de Graduação em Agroecossistemas, UFSC, Florianópolis, 2012.

THOMPSON, A. G.; RIDDLE, C.; FLEMING, R. **Emissions of N₂O and CH₄ during the composting of liquid swine manure.** Environmental Monitoring and Assessment. V. 91, 2004.

US – EPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Wastes Resources Conservation**, 2014. Disponível em: <<http://www.epa.gov/epawaste/conservation/composting/basic.htm>>. Acesso: 02/04/2014