

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA – NÍVEL
MESTRADO**

**PROCESSO DE COMPOSTAGEM COM DIFERENTES
PORCENTAGENS DE RESÍDUOS SÓLIDOS AGROINDUSTRIAIS**

**CASCADEL – Paraná - Brasil
Julho - 2007**

LUCIMAR NOVAES DA SILVA

**PROCESSO DE COMPOSTAGEM COM DIFERENTES
PORCENTAGENS DE RESÍDUOS SÓLIDOS AGROINDUSTRIAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção da aprovação do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração em **Engenharia de Recursos Hídricos e Meio Ambiente**.

Orientador: Prof^o. Dr. Reginaldo Ferreira Santos.

Co-orientadora: Prof^a. Dra. Simone Damasceno Gomes.

CASCADEL – Paraná - Brasil
Julho - 2007

LUCIMAR NOVAES DA SILVA

“Processo de compostagem com diferentes porcentagens de resíduos sólidos agroindustriais”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação “*Stricto Sensu*” em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Engenharia de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, **aprovada** pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE

Prof. Dr. Luiz Antonio de Mendonça Costa
Departamento de Agronomia, FAG

Prof^ª. Dr^ª. Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa
Centro de Ciências Agrárias, UNIOESTE

Prof. Dr. Marcio Antonio Vilas Boas
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE

Cascavel, 18 de julho de 2007.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS por estar sempre ao meu lado.

Ao professor Reginaldo Ferreira Santos, pela orientação a este trabalho.

À professora Simone Damasceno Gomes.

Ao professor Luiz Antonio de Mendonça Costa e à professora Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa, que serão sempre um exemplo lembrado com muito carinho e respeito.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Campus de Cascavel, em especial ao Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas e aos professores, pela oportunidade de realização deste curso.

À Coopavel - Cooperativa Agroindustrial, pela concessão da área experimental para a implantação do projeto e, principalmente, pela abertura e oportunidade para que eu realizasse este curso.

Aos colegas de trabalho pelo auxílio na implantação e condução do experimento.

Ao Laboratório de Controle da Qualidade da Cooperativa pelas análises realizadas.

Aos amigos Cristiany Fosquiani Carnellosi e Douglas Ebert.

Aos meus pais, pelos seus ensinamentos, exemplo de vida, perseverança e humildade.

A todos que de forma direta e indireta me apoiaram na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Resíduos Sólidos.....	3
2.1.2 Resíduos sólidos agroindustriais	4
2.2 Reaproveitamento de resíduos.....	6
2.3 Compostagem de resíduos sólidos.....	7
2.3.1 Sistemas de compostagem.....	11
2.4 Fatores que influenciam no processo de compostagem.....	12
2.4.1 pH.....	13
2.4.2 Temperatura.....	13
2.4.3 Aeração.....	14
2.4.4 Microorganismos.....	15
2.4.5 Umidade.....	16
2.4.6 Relação Carbono: Nitrogênio	16
2.4.7 Tamanho das partículas.....	17
2.5 Fertilizantes orgânicos e a qualidade do composto	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 Localização da área experimental	21
3.2 Origem e descrição e origem dos substratos.....	22
3.2.1 Resíduos de Incubatório	23
3.2.2 Conteúdo ruminal de bovinos.....	24
3.2.3 Lodo do flotador	25
3.2.4 Resíduos vegetais de cereais	26
3.2.5 Cinzas de caldeira.....	27
3.2.6 Lodo da lagoa de tratamento de efluentes.....	27
3.3 Caracterização química dos substratos a serem compostados	28
3.4 Montagem das leiras de compostagem	28

3.5	Caracterização química dos tratamentos antes e após o processo de compostagem.....	31
3.6	Metodologias utilizadas para a análise de caracterização dos tratamentos antes e após o processo de compostagem.....	32
3.7	Monitoramento do processo de compostagem	32
3.7.1	Temperatura.....	32
3.7.2	pH e umidade.....	33
3.7.3	Avaliação da redução do volume e peso.....	33
3.7.4	Revolvimentos.....	35
3.8	Delineamento e análise estatística.....	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1	Estimativa da redução de volume dos tratamentos.....	37
4.2	Estimativa da redução do peso das leiras de compostagem	40
4.3	Monitoramento da temperatura	41
4.4	Monitoramento da umidade.....	45
4.5	Avaliação dos índices de pH.....	47
4.6	Densidade	48
4.7	Revolvimentos.....	48
4.8	Caracterização inicial e final dos tratamentos	49
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
6	CONCLUSÃO	54
7	REFERÊNCIAS	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Caracterização físico-química dos resíduos a serem compostados .	28
Tabela 2 Composição e quantidades de substratos utilizadas em cada um dos 5 tratamentos	29
Tabela 3 Redução do volume ocorrida no período experimental nos tratamentos	37
Tabela 4 Redução do peso nos tratamentos	40
Tabela 5 Temperaturas médias semanais, temperaturas médias no período e temperaturas máximas obtidas durante o período experimental em C ^o	41
Tabela 6 Densidade do substrato em cada tratamento	48
Tabela 7 Resultados das análises químicas inicial de cada um dos tratamentos	49
Tabela 8 Caracterização final dos tratamentos submetidos ao processo de compostagem.....	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Curva padrão de temperatura durante o processo de compostagem .	9
Figura 2	Vista geral da unidade de compostagem de resíduos.....	22
Figura 3	Fluxograma representativo do encaminhamento dos diversos tipos de resíduos (sólidos e semi-sólidos) a unidade de compostagem.....	23
Figura 4	Aspectos dos resíduos de incubatório quando de sua chegada a unidade de compostagem.....	24
Figura 5	Aspecto do conteúdo ruminal na chegada a central de compostagem, mostrando sua constituição fibrosa.....	25
Figura 6	Aspecto do flotador após o processamento, na chegada a central de compostagem.....	26
Figura 7	Aspectos dos resíduos de cereais, quando de sua chegada a central de compostagem, mostrando granulometria grosseira.	27
Figura 8	Apresenta a balança (Filizola para 200 Kg) utilizada para a pesagem dos resíduos constituintes de cada tratamento.	29
Figura 9	Aspectos da montagem das leiras recobertas com material vegetal de granulometria grosseira.	30
Figura 10	Disposição das leiras e suas arquiteturas e identificação	31
Figura 11	Termômetro digital utilizado para o monitoramento das temperaturas das leiras e ambiente.....	33
Figura 12	Caixa utilizada para a cubicagem das leiras.....	34
Figura 13	Mostrando o processo de medida da altura do material para processamento da cubicagem.	34
Figura 14	Após a distribuição do material para a tomada das medidas para a cubicagem.....	35
Figura 15	Revolvimento das leiras realizado com máquina (bob cat).	35
Figura 16	Evolução da redução do volume (m ³) nos 5 tratamentos avaliados.	38
Figura 17	Comparativo do percentual (%) de redução de peso e volume nos tratamentos.	40
Figura 18	Médias semanais de Temperatura registradas no tratamento 1. ...	42
Figura 19	Médias semanais de Temperatura registradas no tratamento 2.	43

Figura 20	Médias semanais de temperatura registradas no tratamento 3	43
Figura 21	Médias semanais de temperatura registradas no tratamento 4.	44
Figura 22	Médias semanais de temperatura registradas no tratamento 5.	45
Figura 23	Comparativo dos teores de umidade entre os tratamentos.....	46
Figura 24	Comparativo dos índices de pH durante o período experimental....	47

RESUMO

O trabalho foi desenvolvido nas dependências do Parque Industrial da Coopavel Cooperativa Agroindustrial, situada no município de Cascavel-Pr, com coordenadas geográficas de 24º 58'04,7"S e 53º22'51,1"W, altitude de 725 metros. Conforme a classificação de KÖPPEN, o clima da região é do tipo Cfa, com temperaturas moderadas, chuvas bem distribuídas, verão quente e temperatura média anual de 21°C. Objetivou-se avaliar o processo de compostagem com diferentes porcentagens de resíduos, visando identificar a mistura que proporcionasse um melhor desempenho do processo, bem como a que originasse o produto final com melhor qualidade. Os Tratamentos foram: T1 (167 kg de resíduo ruminal + 167 kg resíduo de incubatório + 167 kg resíduos de cereais + 166 kg resíduos da lagoa + 166 kg de resíduos do flotor + 167 kg de cinzas); T2 (150 kg de resíduo ruminal + 150 kg resíduo de incubatório + 130 kg resíduos de cereais + 120 kg resíduos da lagoa + 150 kg de resíduos do flotor + 300 kg de cinzas); T3 (250 kg de resíduo ruminal + 250 kg resíduo de incubatório + 100 kg resíduos de cereais + 50 kg resíduos da lagoa + 50 kg de resíduos do flotor + 300 kg de cinzas); T4 (267 kg de resíduo ruminal + 300 kg resíduo de incubatório + 266 kg resíduos de cereais + 167 kg resíduos da lagoa); T5 (300 kg de resíduo ruminal + 300 kg resíduo de incubatório + 200 kg resíduos de cereais + 100 kg resíduos da lagoa + 100 kg de resíduo do flotor). Cada pilha apresentou peso inicial de 1000 kg (MF), com 2 repetições, em delineamento experimental de blocos casualizados. Foi realizada uma caracterização química inicial dos diversos resíduos, bem como a análise química inicial dos tratamentos e do composto curado. Os parâmetros avaliados durante o período experimental foram: temperatura ambiente e de cada leira diariamente, pH, umidade, redução de volume de cada leira semanalmente, e peso inicial e final de cada leira. Os resultados das temperaturas médias obtidas demonstraram que os tratamentos T4 e T5 foram os que mantiveram as maiores temperaturas até a 14ª semana, quando comparadas com as dos demais tratamentos. As maiores reduções de volume ocorreram nos tratamentos T1 e T4 com, respectivamente, 48,17% e 45,20%. As maiores reduções de peso ocorreram nos tratamentos T4 e T5 com 60,85% e 58,05%, respectivamente. Os tratamentos nos quais se utilizou cinza de caldeira em sua composição foram os que apresentaram melhor característica do ponto de vista de qualidade final do composto, analisando-se os micronutrientes.

Palavras-chave: Temperatura, volume, pH, Umidade.

ABSTRACT

COMPOSTING PROCESS WITH DIFFERENT PERCENTAGE OF AGROINDUSTRIAL SOLID RESIDUES

This assignment was developed at Coopavel Cooperativa Agroindustrial plant situated in the city of Cascavel, Parana, Brazil, positioned at 24° 58'04,7"S and 53°22'51,1"W with an altitude of 2,378.61 feet (725 metres). The region climate is classified as Cfa according to KÖPPEN's categorization with moderate temperature, well distributed rain fall, hot summers, and an annual average temperature of 21°C. This work aimed to evaluate percentages of agro industrial solid residues through composting process, identifying the mixture that allow for better performance of the process, as well as the one that would give origin to the final product with better quality. Treatments were as follows: T1 (167 Kg of ruminal residue + 167 Kg of incubatory residues + 167Kg of cereal residues + 166 Kg of lake residue + 166Kg of floater + 167 Kg of ash); T2 (150 Kg of ruminal residue + 150 Kg of incubatory residue + 130 Kg of cereal residues + 120 Kg of lake residue + 250 Kg + 150 Kg of floater residues + 300 Kg of ash); T3 (250 Kg of ruminal residue + 250 Kg of incubatory residue + 100 Kg of cereal residue + 50 Kg of lake residue + 50 Kg of floater residue + 300 Kg of ash) ; T4 (267 Kg of ruminal residue + 300 Kg of incubatory residue + 266 Kg of cereal residue + 167 Kg of lake residue); T5 (300 Kg of ruminal residue + 300 Kg of incubatory residue + 200 Kg of cereal residue + 100 Kg of lake residue + 100 Kg of floater residue), each pile weighed 1000 Kg, repeated twice, with random block experimental delimitation. Chemical characterization of the many residues was executed as well as chemical analysis of cured compound. Parameters evaluated during the experimental period were daily ambient and each vivarium temperature, Ph, humidity and weekly volume reduction of each vivarium, initial and final weight of each vivarium. Average temperature demonstrated that T4 and T5 treatments maintained the highest temperature until the 14th week compared to the other treatments. Largest volume reduction was noted in T1 and T4 treatments with a reduction of 48.17% and 45.20% respectively. The largest weight reductions occurred in T4 and T5 treatments with a 60.85% and 58.05% reduction respectively. In the treatments where ash was employed in their composition were the ones that a better attribute as far as the final composting quality is concerned when analyzing micronutrients.

KEYWORDS: Temperature, Volume, pH, Humidity.

1 INTRODUÇÃO

O setor agroindustrial brasileiro há tempo tem contribuído para o crescimento econômico do país e, por conseqüência, oferece aumento da produção e produtividade, da oferta de alimentos e matérias-primas para o mercado interno, gerando excedentes para exportação, ampliando a disponibilidade de divisas, transferindo mão-de-obra para outros setores da economia, fornecendo recursos para esses setores e, ainda, consumindo bens produzidos no setor industrial. As atividades agroindustriais correspondem ao beneficiamento de produtos agropecuários, envolvendo desde a industrialização animal e vegetal, visando à obtenção de alimentos e fibras.

Por outro lado, esse segmento contribui sistematicamente para a geração de grandes quantidades de resíduos, sólidos e líquidos, provenientes dos processos produtivos e de transformação, sendo produzidos desde a etapa de extração da matéria-prima e estendendo-se durante todas as etapas do processo industrial (LUCENA & CHERNICHARO, 2005).

Como nenhum processo consegue operar com a eficiência de 100%, tem-se, ao final, a geração de resíduos, uma vez que quando é fornecida matéria prima e insumos a um processo, obtém-se os produtos, considerados os bens desejáveis, e os resíduos, considerados os bens indesejáveis. Nesse sentido, quanto maiores forem as perdas de matéria-prima e insumos, maiores serão as quantidade de resíduos líquidos, sólidos ou gasosos gerados.

O aproveitamento dos elementos químicos dos resíduos agroindustriais pode ocorrer através de processamento simples, como a compostagem, a qual se apresenta como uma forma de minimizar a problemática ambiental, diminuindo o volume dos detritos e fornecendo, como produto final, um material que possa ser utilizado como insumo agrícola, tornando-se, assim, uma alternativa viável e eficiente na reciclagem de resíduos agroindustriais.

A compostagem é um processo biológico, aeróbio, de transformação da matéria orgânica crua em substâncias húmicas, estabilizadas, com propriedades e características diferentes do material que lhe deu origem. Em linhas gerais, consiste no aproveitamento de matérias-primas que contenham

um balanço da relação carbono/nitrogênio favorável ao metabolismo dos organismos, os quais vão efetuar sua biodigestão.

KIEHL (1985) define a compostagem como uma técnica idealizada para se obter mais rapidamente e em melhores condições, a desejada estabilização da matéria orgânica.

Nesse sentido, composto orgânico é, então, o produto da decomposição de resíduos vegetais e animais e visa transformar tais resíduos em produtos adequados a melhoria dos solos e fertilização das culturas.

Segundo COSTA *et.al.* (2005a), o processo de compostagem tem sido utilizado como alternativa para a disposição ambientalmente correta de resíduos oriundos de diferentes atividades agrícolas, agroindustriais e industriais.

O aumento do custo dos fertilizantes comerciais e a crescente preocupação com a qualidade ambiental fazem do uso de resíduos orgânicos na agricultura uma alternativa atrativa, tanto de ponto de vista econômico, quanto do ponto de vista de reciclagem. Mas, quando destinados de maneira incorreta no meio ambiente, eles podem representar passivos ambientais de grandes proporções. Por isso, a produção de um composto final com qualidade e passível de utilização em solo agrícola, atendendo aos requisitos legais é uma forma de reduzir ou até mesmo eliminar a incidência de passivos e agregar maior valor ao composto produzido. Porém, para a produção deste composto, faz-se necessário o controle de todos os fatores que podem interferir no procedimento bem como na qualidade final do produto obtido.

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi estudar o processo de compostagem como alternativa para estabilização dos resíduos agroindustriais, visando a reciclagem da matéria prima, devolvendo-a ao meio ambiente na forma de fertilizante orgânico e de condicionadora de solo. Para isso, avaliaram-se diferentes misturas de resíduos, buscando identificar a que proporcionasse um melhor desempenho do processo, no sentido de se obter um composto final com qualidade num menor espaço de tempo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Resíduos Sólidos

Segundo a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) – 10.004 ABNT (2004), resíduos sólidos são aqueles nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição ou agrícola. Incluem-se lodos de Estações de Tratamento de Água (ETA's) e Estações de Tratamento de Esgotos (ETE's), resíduos gerados em equipamentos e instalações de controle da poluição e líquidos que não possam ser lançados na rede pública de esgotos, em função de suas particularidades.

Os resíduos sólidos são ainda definidos como os restos das atividades humanas, consideradas pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis (IPT/CEMPE, 2000).

Segundo VERAS & POVINELLI (2004), os resíduos sólidos constituem hoje um dos principais problemas enfrentados pela humanidade. O acentuado crescimento demográfico, seguido do grande desenvolvimento tecnológico vem aumentando consideravelmente a quantidade de resíduos sólidos descartados pelo homem, problemática que assume proporções ainda maiores, na medida em que se verifica a redução da disponibilidade de áreas para disposição dos rejeitos e o seu alto potencial de contaminação do meio ambiente.

A noção de resíduo como elemento negativo, causador de degradação ambiental, é de origem antrópica e, em geral, aparece quando a capacidade de absorção natural pelo meio, no qual está inserido, é ultrapassada, sendo que em sistemas antrópicos, as ações de desenvolvimento ocorrem principalmente sobre os elementos produtores e consumidores, em detrimento dos decompositores. Estes últimos, ao não assegurar a assimilação dos resíduos produzidos pelos primeiros, constituem-se na parte fraca da cadeia e causam os impactos ambientais (BIDONE, 2001).

Desde o início da civilização, o solo, a atmosfera e os recursos hídricos são usados como forma natural de descarte de resíduos das atividades humanas. O aumento na produção desses resíduos tem provocado, nos últimos anos, preocupação crescente para todos que se envolvem com

qualquer tipo de atividade produtiva ou de transformação. Já não é mais possível a simples disposição desses detritos, de maneira direta, nos cursos d'água, solo ou atmosfera. O aumento na produção desses resíduos vem provocando impactos ambientais, pois sua taxa de geração é muito maior que sua taxa de degradação. Dessa forma, é cada vez mais premente, a necessidade de reduzir, reciclar, ou reaproveitar os resíduos gerados pelo homem, com o objetivo de recuperar matéria e energia, no intuito de preservar os recursos naturais e evitar a degradação do meio ambiente (STRAUS e MENEZES, 1993).

Na tentativa de equacionar esse problema, VERAS & POVINELLI (2004) afirmam que vários métodos de tratamento e disposição de resíduos estão sendo pesquisados em todo mundo, destacando-se os aterros sanitários, a compostagem, a incineração, a solidificação, entre outros.

2.1.2 Resíduos sólidos agroindustriais

As atividades agroindustriais, ao longo da sua cadeia produtiva, dão origem a diversos resíduos e subprodutos. Entre os diversos resíduos gerados, existe uma grande diversidade de resíduos sólidos orgânicos, como por exemplo: lodo de esgoto, fração orgânica de resíduos diversos, podas de árvores, grama, folhas, galhos finos, restos de culturas, resíduos da agroindústria (cascas de batata, laranja, bagaço de cana-de-açúcar etc), dejetos de animais, lodos de indústrias de papel e celulose e indústrias de fermentação entre outros.

BENITES (2006) cita que diferente do que ocorre em relação ao lixo doméstico urbano, onde a produção ocorre de forma dispersa e bastante heterogênea, os resíduos agroindustriais são gerados de forma concentrada e apresentam em geral uma composição conhecida e constante.

Em decorrência da abertura comercial, cria-se ambiente de crescente competitividade e de exigências com conservação do meio ambiente, passando as empresas a se preocuparem com o aproveitamento de resíduos e subprodutos gerados por suas atividades.

Conforme já foi comentado anteriormente, a agricultura e a pecuária produzem quantidades de resíduos, como dejetos de animais e restos de

culturas, palhas e resíduos agroindústrias, os quais em alguns casos provocam sérios prejuízos e problemas de poluição. Esses resíduos, quando manejados corretamente, podem suprir aos sistemas agrícolas, boa parte da natureza da matéria-prima utilizada.

Dentre esses diversos tipos de resíduos gerados pela agroindústria, podemos citar os lodos gerados nas estações de tratamento de efluentes de agroindústrias, que são considerados materiais ricos em Nitrogênio, resíduos provenientes dos abatedouros de bovinos e suínos, como o conteúdo ruminal e dejetos provenientes das áreas de pocilgas e currais. Segundo MATOS (2005), nos matadouros de bovinos são produzidos cerca de 23 kg de barrigada e 18 kg de dejetos, para cada animal abatido.

Considerando também o processo de produção de pintainhos comerciais uma atividade agroindustrial, existem também os resíduos de incubatório de ovos. Segundo NUNES (1998), nos incubatórios de ovos, estima-se que 8 a 12% dos ovos incubados não eclodem até o final do período de incubação, sendo, então, estes resíduos (ovos inférteis, não eclodidos, pintainhos mortos ou refugos e cascas pós eclosão) descartados diretos em aterros sanitários ou, eventualmente, processados em dessecadores próximos ou no próprio incubatório.

GIFFONI & LANGE (2005) falam da importância dos resíduos provenientes das atividades industriais no cenário ambiental, pois eles são gerados em diversos tipos de processos, representando uma produção de milhões de toneladas por dia.

MATOS (2005) cita que, por serem os resíduos sólidos agroindustriais ricos em nutrientes, toda e qualquer técnica que proporcione seu aproveitamento na alimentação animal ou agrícola torna-se interessante, entretanto, existem restrições quanto ao aproveitamento de resíduos animais na alimentação de outros animais (vaca-louca, por exemplo), porém os resíduos agrícolas não oferecem nenhum risco a integridade animal.

2.2 Reaproveitamento de resíduos

Toda atividade agroindustrial está associada à geração de resíduos. Consideram-se como resíduos materiais que não apresentam, dentro de um processo de produção, valor econômico na sua forma original, ou que apresentam valor muito baixo e que representam problemas, quanto a sua destinação e armazenamento (BENITES, 2006).

De um modo geral, resíduos agroindustriais vêm sendo progressivamente utilizados como uma alternativa para minimizar os impactos ambientais provocados por tais resíduos sólidos (CORREIA *et al.*, 2003).

O reaproveitamento dos resíduos sólidos agroindustriais é uma das alternativas que podem ser utilizadas para diminuição ou eliminação dos impactos ambientais negativos provocados pela disposição inadequada dos mesmos. Essa é uma tendência que cresce a cada dia, sendo diversas as técnicas existentes para a reutilização ou transformação destes produtos. Na indústria alimentícia, por exemplo, UENO *et al.*, (2003) avaliou a produção de ácido láctico, utilizando dois resíduos do processamento de alimentos: a casca de abacaxi enlatado como substrato e uma enzima da uva para sua inoculação.

SILVA *et al.* (2002) realizaram um estudo sobre vermicompostagem, técnica que utiliza minhocas para a reciclagem da matéria orgânica. No experimento, foram inoculadas minhocas juntamente com o bagaço de cana de açúcar e o lodo de esgoto urbano em diversas proporções.

Nesse sentido, GIFFONI & LANGE (2005) citam que o desenvolvimento de estudos visando à reciclagem ou reutilização de resíduos representa uma alternativa capaz de contribuir para a utilização de matérias-primas alternativas, diminuindo os custos finais dos setores industriais geradores e consumidores dos resíduos, além de preservar o meio ambiente.

Além disso, o aumento do custo dos fertilizantes comerciais e a crescente preocupação com a qualidade ambiental fazem do uso de resíduos orgânicos na agricultura uma alternativa atrativa, pois é uma forma de dar destinação correta aos resíduos produzidos pelas agroindústrias, quando estes possuem nutrientes importantes e podem ser utilizados como fertilizantes.

Assim, esses resíduos orgânicos agrícolas e agroindustriais, quando manipulados adequadamente, podem fornecer aos sistemas agrícolas boa parte da demanda de insumos sem afetar os recursos do solo e do ambiente.

Cada atividade agroindustrial tem um ou mais produtos alvo (ou subprodutos) e dentro de cada processo de produção, diferentes materiais podem ser considerados resíduos, sendo que um resíduo não é obrigatoriamente um material perigoso ou sem valor, pois o que é resíduo em um processo pode ser matéria prima para outro. Por isso, qualquer esforço na transformação de um resíduo agroindustrial em um produto comercial é duplamente positivo, por reduzir o custo de disposição do resíduo e por permitir nova receita a partir de uma matéria prima de custo negativo.

Segundo BENITES (2006), entre os principais resíduos agroindustriais com potencial para uso agrícola disponíveis no Brasil, considerando sua composição e a escala de produção, estão os resíduos da indústria sucroalcooleira (Bagaço, Torta de Filtro, cinzas de caldeira, borra de branqueamento do açúcar), resíduos da produção animal (camas, restos de carcaças, esterco, sólidos oriundos da limpeza das baias), resíduos da indústria de processamento de frutas e hortaliças (Casca de coco, bagaços diversos, produtos alimentícios após a validade ou fora do padrão), resíduos da produção de carvão vegetal (fino de carvão, alcatrão e ácido pirolenhoso) e as palhadas resultantes da produção de sementes de gramíneas.

LEITE *et al.* (2002) estudaram a influência do rúmen bovino durante o processo de bioestabilização anaeróbia da fração orgânica putrescível dos resíduos sólidos urbanos em reatores de batelada, mostrando que o desempenho do processo foi diretamente proporcional ao percentual de inóculo utilizado.

2.3 Compostagem de resíduos sólidos

De acordo com MATOS (2005), dentre as técnicas de transformação de resíduos orgânicos, uma de grande alcance, tendo em vista da sua praticidade e resultados alcançados, é a compostagem, pois ela possibilita a transformação de resíduos orgânicos em adubo orgânico de grande valor fertilizante para as plantas.

A compostagem é um processo biológico aeróbio de tratamento e estabilização de resíduos orgânicos para produção do composto, nome dado ao fertilizante orgânico assim produzido, sendo que no processo de compostagem, a matéria orgânica é decomposta, principalmente, através da ação de microorganismos e enzimas, resultando na fragmentação gradual e oxidação dos detritos BUDZIAK *et al.* (2004).

Para KIEHL (1985), a compostagem tem a função de transformar material orgânico em substância humificada, estabilizada com propriedades e características completamente diferentes do material que lhe deu origem.

O processo de compostagem da matéria orgânica se dá em duas fases distintas, sendo a primeira chamada de degradação ativa, que é onde ocorre a oxidação mais intensa da matéria orgânica e a eliminação da maioria de microorganismos patogênicos. Esta fase deve ser necessariamente termófila (40-65^oC). Já, a segunda fase é chamada de maturação, que é quando ocorre o processo de humificação, resultando num produto final, o composto orgânico, mineralizado e apropriado para uso agrícola, devendo a temperatura do material permanecer entre 35 e 45^oC (FEAM, 2002). Nesta faixa, a 35^o e 45^o C o composto não se encontra totalmente humificado, ou seja, mineralizado. Este produto é denominado composto não curado. O material totalmente mineralizado deve apresentar temperatura próxima à temperatura ambiente.

A Figura 1 representa uma curva padrão de temperatura, que é, obrigatoriamente, comum a todos os casos, indicando as alterações de temperatura que comumente ocorrem durante a compostagem.

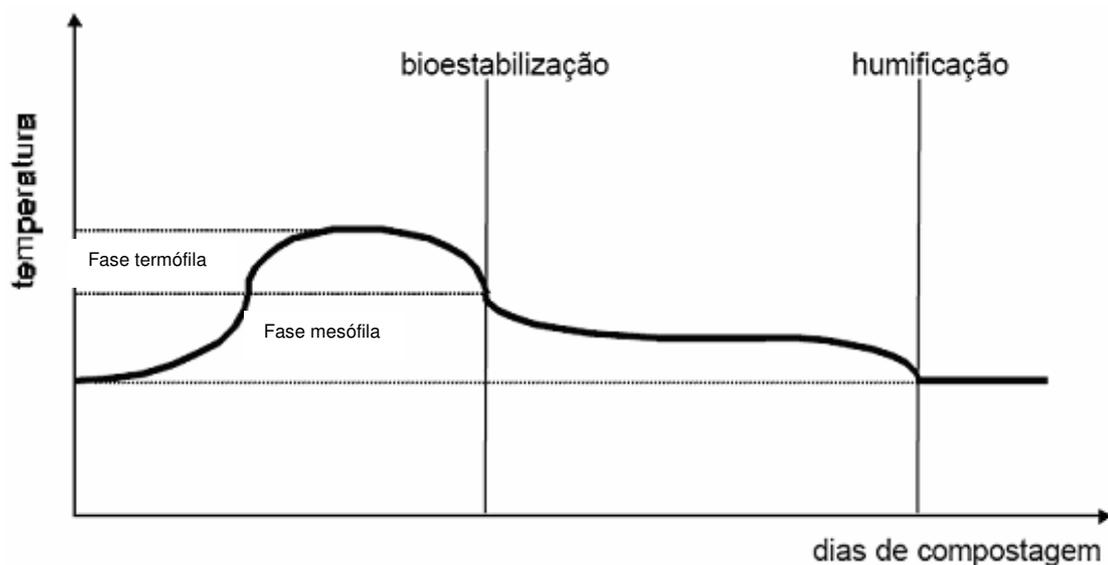


Figura 1 Curva padrão de temperatura durante o processo de compostagem
Fonte: KIEHL (1985).

No início da compostagem, a matéria orgânica, partindo da temperatura ambiente, passa rapidamente pela fase de temperatura mesófila, subindo para a termófila, caracterizada pelo aumento da temperatura devido à ação microbiana, onde se mantém por um período de tempo. Ao prosseguir o processo, a temperatura baixará e retornará a fase mesófila. A fase termofílica, na qual a temperatura aumenta até o máximo valor, é a fase onde ocorre a destruição dos organismos patogênicos e as sementes das ervas daninhas é mais efetiva, pois são pouco resistentes a temperaturas em torno de 50 a 60°C. Após essa fase, vem a de maturação, onde a temperatura decresce até a fase mesofílica e permanecerá por tempo geralmente mais longo que o da fase anterior. Finalmente, após 100 a 120 dias, dificilmente em menor prazo, dependendo da relação C/N inicial, com a estabilização completa do composto quando a matéria orgânica estará humificada, a temperatura baixará mais ainda, mantendo-se próxima ou igual a do ambiente; nesse ponto, atingiu-se a estabilização completa do composto, estando a matéria orgânica humificada (KIEHL, 1985).

GOYAL *et al.* (2005), analisaram as mudanças químicas e biológicas durante o processo de compostagem de diferentes resíduos orgânicos, citando que os compostos preparados a partir de diferentes resíduos diferem na qualidade e estabilidade, na qual o final depende da composição do material usado para a produção do composto.

Durante o processo, alguns componentes da matéria orgânica são utilizados pelos próprios microorganismos para formação de seus tecidos, outros são volatilizados e outros, ainda, são transformados biologicamente em uma substância escura, uniforme, com consistência amanteigada e aspecto de massa amorfa rica em partículas coloidais, com propriedades físicas, químicas e físico-químicas inteiramente diferentes da matéria-prima original, dando-se a essa substância o nome de húmus (BIDONE & POVINELLI, 1999).

Segundo GOMES & PACHECO (1988), para se fabricar um composto orgânico são necessários materiais vegetais disponíveis, tais como restos culturais, conjugados com esterco animal, e meio rico em nitrogênio e microorganismos. Os resíduos utilizados num processo de compostagem podem ser constituídos de restos agrícolas, estercos de animais ou resíduos urbanos, separadamente ou combinados. Além disso, podem ser misturados com os lodos provenientes das estações de tratamento de esgotos, que são ricos em nitrogênio.

De acordo com MATOS (2005), dentre as técnicas de transformação de resíduos orgânicos, uma de grande alcance, tendo em vista da sua praticidade e resultados alcançados, é a compostagem, pois ela possibilita a transformação de resíduos orgânicos em adubo orgânico de grande valor fertilizante para as plantas.

Segundo BUDZIAK *et al.* (2004), a compostagem é um processo biológico aeróbio de tratamento e estabilização de resíduos orgânicos para produção do composto, nome dado ao fertilizante orgânico assim produzido, sendo que no processo de compostagem, a matéria orgânica é decomposta principalmente através da ação de microorganismos e enzimas, resultando na fragmentação gradual e oxidação dos detritos.

Para KIEHL (1985), a compostagem tem a função de transformar material orgânico em substância humificada, estabilizada com propriedades e características completamente diferentes do material que lhe deu origem.

A compostagem é um processo usualmente envolvido no tratamento de larga variedade de resíduos orgânicos. Conseqüentemente, tem sido extremamente difícil precisar todas as mudanças bioquímicas que ocorrem durante o processo. Porém, a degradação biológica pode ser descrita, em aspectos gerais, segundo um paralelo feito entre a atividade microbiológica e a

temperatura, que governa uma fase particular do processo (PEREIRA NETO, 1989).

MALHEIROS & PAULA (1997) estudaram o processo de biodegradação aeróbia de resíduos agroindustriais, testando diversas misturas e proporções entre os resíduos, determinando quais podem ser usados no processo de compostagem e aproveitados como fertilizante orgânico. Para compor as misturas estudadas, utilizaram os seguintes resíduos: torta de filtro, resíduo da indústria sucro-alcooleira, casca de pinus, resíduo da indústria de processamento de madeira, pó de lã de carneiro, resíduo proveniente da indústria de fabricação de chapéus e esterco bovino.

COSTA *et al.* (2005b) pesquisaram o processo de compostagem de aves mortas para a produção de adubo orgânico, sendo o processo desenvolvido em dois estágios: o primeiro, em composteiras com e sem aeração e, o segundo, no pátio de compostagem, com no mínimo dois revolvimentos.

2.3.1 Sistemas de compostagem

Segundo FERNANDES (2000), os sistemas de compostagem agrupam-se em três categorias: a) sistemas de leiras revolvidas (*windrow*), onde a mistura de resíduos é composta de leiras, sendo a aeração fornecida pelo revolvimento dos materiais e pela convecção do ar na massa do composto; b) sistema de leiras estáticas aceleradas (*static pile*). Neste sistema a mistura de resíduos é colocada sobre tubulação perfurada que injeta ou aspira o ar na massa do composto, não havendo revolvimento mecânico das leiras; c) sistemas fechados ou reatores biológicos (*in-vessel*). Os materiais são colocados dentro de sistemas fechados que permitem o controle de todos os parâmetros do processo de compostagem.

Nas leiras tipo *windrow*, o controle da temperatura é realizado concomitantemente pelas operações de revolvimento e reposição de umidade, sendo o tempo de compostagem nestas leiras de 60 a 90 dias e 45 a 60 dias para a humificação (BIDONE & POVINELLI, 1999). As pilhas vão sendo reviradas na fase de oxidação, através do emprego de equipamentos

mecânicos, utilizando-se para este fim a pá-carregadeira, ou outro tipo de equipamento que provoca a movimentação dos materiais.

Nas leiras estáticas aeradas, a mistura de resíduos estruturante é colocada sobre uma tubulação perfurada, conectada a um soprador industrial, sendo a aeração necessária fornecida por este sistema de injeção de ar sobre pressão ou por sucção. Já, a compostagem realizada em reatores biológicos (In-vessel) oferece a possibilidade de maior controle sobre todos os parâmetros importantes para o processo de compostagem. Portanto, o ciclo da fase termófila é reduzido, o que em certos casos conferiu à compostagem em reator, a denominação de “compostagem acelerada” (PROSAB, 1999).

KIEHL (1985) classificou os sistemas de compostagem, também quanto ao tempo. Nesse caso, os processos são lentos ou acelerados. Consideram-se lentos, aqueles os quais a matéria prima é disposta em montes nos pátios de compostagem após sofrer separação de materiais não decomponíveis, recebendo revolvimentos periódicos para arejar e ativar a fermentação. Os processos acelerados são os que proporcionam tratamento especial à matéria-prima, melhorando as condições para fermentação, principalmente, o arejamento e o aquecimento. A compostagem em pátio, com injeção de ar nas pilhas de composto ou exaustão de seus gases, é um exemplo de processo acelerado.

2.4 Fatores que influenciam no processo de compostagem

Na compostagem de resíduos, são diversos os fatores que influenciam no desenvolvimento do processo. Esses fatores irão influenciar diretamente na qualidade final do composto, bem como no tempo necessário para a estabilização do mesmo. A qualidade do composto, bem como o tempo, também dependerão dos tipos de resíduos que estarão sendo compostados.

A compostagem é desenvolvida por colônias de microorganismos, ela é afetada por qualquer fator que atinja a atividade microbiológica, podendo-se citar dentre as mais importantes a aeração, a temperatura, o teor de umidade e a concentração de nutrientes (VERAS & POVINELLI, 2004).

LELIS *et al.* (1999) observaram que a eficiência da compostagem depende da temperatura e da umidade do substrato, sendo estes os principais

parâmetros de controle operacional do processo, considerando-se como ótimo o teor de umidade de 55% e a temperatura entre 55 e 65°C. Segundo COSTA *et al.* (2005), basicamente a temperatura, a aeração, a umidade, a relação carbono: nitrogênio e nutrientes são os fatores que mais interferem no processo.

Para KIEHL (1985), o tempo necessário para promover a compostagem de resíduos orgânicos depende da relação C/N, do teor de nitrogênio da matéria-prima, das dimensões das partículas, da aeração da meda e do número e da frequência dos revolvimentos.

2.4.1 pH

Para KIEHL (1985), o valor de pH fornece boa informação sobre o estado de decomposição da matéria orgânica que foi submetida a um processo de fermentação. Considerando-se a interpretação prática, uma matéria-prima crua tem reação ácida e quando neutra ou quase neutra, indica que o composto está bioestabilizado. Já um composto humificado apresentará reação alcalina (COSTA *et al.*, 2005).

Valores de pH muito baixos ou muito altos podem reduzir ou até inibir a atividade microbiana (ANDREOLI *et al.*, 2002).

Durante os primeiros dias de compostagem o composto pode-se tornar mais ácido ainda, devido à formação de pequenas quantidades de ácidos minerais, que logo desaparecem, e dão lugar aos ácidos orgânicos. Estes ácidos, à medida que vão se formando vão reagindo com as bases liberadas da matéria orgânica e vão sendo neutralizados (KIEHL, 1985)..

2.4.2 Temperatura

A temperatura constitui o principal parâmetro de controle e o fator que melhor indica a eficiência dos processos de compostagem (FEAM, 2002).

Assim, o metabolismo exotérmico dos microorganismos, durante a fermentação aeróbica, produz um rápido aquecimento da massa, sendo que cada grupo de microorganismos se desenvolve em uma faixa de temperatura

ótima, sendo por isso necessário promover condições ótimas de temperatura para o desenvolvimento de cada grupo (KIEHL, 1985).

Destarte, o controle da temperatura no processo de compostagem é fundamental para o desenvolvimento dos microorganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica.

PEREIRA NETO (1996) cita que o valor médio ideal da temperatura nos processos de compostagem é de 55 °C. O mesmo autor comenta que as temperaturas superiores a 65 °C devem ser evitadas, pois elas causam a eliminação dos microorganismos mineralizadores responsáveis pela degradação dos resíduos orgânicos. Nesse sentido, COSTA *et al.* (2005) comentam que manter controladas na fase de degradação ativa (1ª fase do processo) as temperaturas termófilas, que vão de 45 a 65°C, é um dos requisitos básicos para conseguir o aumento da eficiência do processo, que significa dizer um aumento da velocidade de degradação e a eliminação dos microorganismos patogênicos.

Os microorganismos que participam mais ativamente do processo são os aeróbios e os facultativos, que predominam nas faixas de temperatura de 20 °C a 45 °C (mesófilos) e de 45 °C a 65 °C (termófilos). Já, os psicrófilos, ativos a temperaturas entre 10 °C e 25 °C, têm menor importância. Esses microorganismos, exotérmicos, liberam energia em forma de calor, elevando de forma natural a temperatura da compostagem, o que explica o aquecimento natural das pilhas ou leiras de compostagem e justifica a importância do controle térmico do processo (BIDONE & POVINELLI, 1999; KIEHL, 1985).

2.4.3 Aeração

Segundo PEREIRA NETO (1996), a aeração tem como objetivo suprir a demanda de oxigênio dos microorganismos e atuar como agente de controle da temperatura, podendo ser feita de modo natural, por revolvimentos da massa, ou artificial, ou de maneira mecânica, por injeção ou aspiração de ar. A aeração é o principal mecanismo de controle da temperatura, da emissão de odores e, conseqüentemente, da eficiência do processo (FEAM, 2002).

A abundância de ar acelera a decomposição e dá melhores condições para a condução do processo, não ocorrendo mau cheiro e nem atraindo

moscas, sendo essencial para a rápida oxidação da matéria orgânica (KIEHL, 1985).

2.4.4 Microorganismos

A transformação biológica da matéria orgânica crua biodegradável ao estado de matéria orgânica humificada ocorre através do trabalho dos microorganismos que atuam no processo; assim, é influenciada por todos os fatores que afetam a atividade dos microorganismos, sendo as bactérias, fungos e actinomicetos os principais responsáveis pelo processo de compostagem (BIDONE & POVINELLI, 1999).

Segundo PEREIRA NETO (1996), os resíduos animais e vegetais são igualmente atacados e seus vários constituintes são decompostos em vários estágios, com diferentes intensidades, por populações distintas, sendo, portanto, a conversão da matéria orgânica ao estado de matéria humificada um processo microbiológico, realizado por bactérias, fungos e actinomicetos, sendo que, durante o processo, há uma sucessão de predominâncias entre as espécies envolvidas.

De acordo com BIDONE & POVINELLI (1999), as bactérias desempenham seu principal papel na fase termófila, decompondo açúcares, amidos, proteínas e outros compostos orgânicos de fácil degradação. A função das bactérias é decompor a matéria orgânica (animal ou vegetal), aumentar a disponibilidade de nutrientes, agregar partículas no solo e fixar nitrogênio. Com relação aos fungos, entre suas funções, estão: a decomposição dos resíduos resistentes dos animais ou vegetais, a formação do húmus, a decomposição em alta temperatura de adubação verde, feno, composto etc e a fixação do nitrogênio. Já os actinomicetos, são organismos intermediários entre as bactérias e os fungos (unicelulares) e apenas menores que as bactérias. O pH afeta muito a sua atuação, não se desenvolvendo culturas em baixas faixas de pH. Entre as suas funções na compostagem, estão as mesmas dos fungos, porém os actinomicetos são maus competidores, aparecendo na compostagem apenas quando ficam escassos as bactérias e os fungos.

De acordo com KIEHL (1985), resíduos vegetais palhosos, pobres em microorganismos, com poucas condições para a proliferação de bactérias,

fungos e actinomicetos podem ser compostados, empregando-se, como inoculante, esterco animal, lixo cru, lodo de esgoto, tortas e outras matérias que entram em fermentação espontânea, não sendo necessária a utilização de culturas puras de laboratório.

2.4.5 Umidade

A presença de água é fundamental para o bom desenvolvimento do processo de compostagem, pois se trata de um processo biológico de decomposição da matéria orgânica, onde a presença de água é imprescindível para as necessidades fisiológicas dos microorganismos. No entanto, este parâmetro deve estar em equilíbrio, pois a escassez ou excesso de água pode retardar a compostagem.

Para MATOS (2005), umidades maiores que 65 °C trazem prejuízo à aeração e, por outro lado, umidades menores que 40% trarão inibição da atividade microbiológica, diminuindo a velocidade de degradação do material orgânico.

Segundo REIS *et al.* (2004), para que o processo ocorra normalmente é importante buscar o equilíbrio água-ar, o que é obtido mantendo-se o processo de compostagem com um teor de umidade na ordem de 55%. Umidades superiores a 60% levam à anerobiose e inferiores a 40% reduzem a atividade biológica.

2.4.6 Relação Carbono: Nitrogênio

A concentração dos macronutrientes carbono e nitrogênio (relação C/N) é um fator crítico na compostagem, sendo a relação de 30:1 a 40:1 considerada a taxa ótima para início da compostagem, e de 10:1 a 15:1 na completa maturação do composto, ou seja, ao final do processo (FEAM, 2002).

A relação C:N dos resíduos a serem compostados é importante, pois influenciará na qualidade do composto. Se a relação C:N for muito alta, a fermentação poderá não ocorrer. Por outro lado, se for muito baixa, haverá perda de nitrogênio na forma de amoníaco.

SILVA *et al.* (2002), comenta que ao serem associados dois ou mais resíduos orgânicos, deve-se procurar maior equilíbrio na relação C:N, utilizando-se assim, normalmente um material rico em nitrogênio, associado a material rico em carbono orgânico.

PEREIRA NETO (1996) afirma que os microorganismos absorvem o carbono e o nitrogênio numa proporção de 30 partes de carbono, para 1 parte de nitrogênio. Essa relação (30:1) é a proporção ideal para o início de um processo de compostagem.

Já, MATOS *et al.* (1998) ao trabalharem com resíduos sólidos orgânicos constituídos basicamente de palhas de café, constataram que o processo de bioestabilização aeróbio reduziu a relação C:N de 36:1 no substrato “*in natura*” para 12:1 no composto parcialmente bioestabilizado, para um período de monitoramento de 90 a 100 dias.

JAHNEL *et al.* (1999) aplicando processo de compostagem aeróbia de resíduos sólidos urbanos, observaram que 52 dias de monitoração do sistema experimental foram necessários para bioestabilizar a matéria orgânica, haja vista o composto apresentar significativa redução da matéria orgânica e da relação carbono:nitrogênio.

MOTA *et al.* (2002) avaliaram a interferência da relação C/N no processo de compostagem. Foram montados dois experimentos, adicionando-se serragem a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos nas proporções de 30 e 15 %, verificando-se que a adição de serragem nas proporções testadas não prejudicou a eficiência do processo.

2.4.7 Tamanho das partículas

O tamanho das partículas dos materiais a serem compostados exercem grande influência no processo, por aumentar a superfície disponível para o ataque microbiológico, diminuindo o período de compostagem e melhorando sua eficiência (FEAM, 2002).

Segundo KIEHL (1985), a granulometria ou dimensão das partículas também é importante para manter a aeração suficiente e reduzir o tempo de oxidação dos resíduos, pois a granulometria interfere diretamente na aeração da massa original, sendo que partículas maiores promovem melhor aeração, e

já o tamanho excessivo apresenta menor exposição à decomposição, tornando o processo mais demorado. Já, partículas muito finas podem dificultar a penetração de ar na pilha. Sendo assim, a matéria prima a ser decomposta pode apresentar dois problemas: sendo muito fina ou muito grosseira.

2.5 Fertilizantes orgânicos e a qualidade do composto

OLIVEIRA *et al.* (2004) definem o composto orgânico como sendo o material obtido da compostagem. Ele possui cor escura, é rico em húmus e contém de 50 a 70% de matéria orgânica, sendo classificado como adubo orgânico, pois é preparado a partir de esterco de animais e/ou restos de vegetais que, em estado natural, não têm valor agrícola.

Para ser denominada composto orgânico, ter utilização como fertilizante orgânico, a matéria orgânica deve ser estabilizada até atingir a humificação. Porém, quando utilizado antes da maturação, o composto ocasionará efeitos como: a amônia poderá ser liberada no solo e danificar as raízes das culturas; problemas de odor durante sua utilização; alta relação C:N, causando consumo de nitrogênio presente no solo para oxidação da matéria orgânica remanescente do composto; ocorrência de produção de toxinas inibidoras do metabolismo das plantas e germinação de sementes; possibilidade de contaminação por patogênicos (FEAM, 2002).

A matéria orgânica do solo pode ser considerada como importante fator de produtividade, pois exerce influência nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Resumidamente, a utilização ou aplicação de fertilizantes orgânicos traz importantes benefícios para o solo, tais como: contribuição para a agregação do solo, reduzindo sua suscetibilidade à erosão; aumento da capacidade de retenção de água; redução da plasticidade e coesão do solo, facilitando as operações agrícolas, além de favorecer o crescimento de microrganismos.

A princípio, todos os resíduos orgânicos podem ser compostados, no entanto, é necessário, para se obter um composto de boa qualidade e em menos tempo, que os resíduos tenham um conteúdo apropriado de nitrogênio e carbono. BENITES (1998) cita como consequência das transformações químicas e físicas dos resíduos em um processo de compostagem, a formação

de substâncias húmicas, as quais representam a maior parte da matéria orgânica do solo. Ainda segundo o mesmo autor, o teor de nutrientes contidos no resíduo é um fator importante na sua escolha, pois dependendo do teor e da forma no qual ocorre determinado nutriente, o resíduo pode ser utilizado na substituição de fertilizantes minerais, sendo que o macronutriente encontrado, normalmente, em maior concentração nos resíduos orgânicos é o nitrogênio.

De acordo com BUDZIAK *et al.* (2004), o húmus, ou matéria orgânica do solo é fator chave nas modernas práticas de manejo sustentado da terra, exercendo a conservação e o aumento do húmus no solo, efeitos benéficos no suprimento dos nutrientes para as plantas, na estrutura e na compactabilidade do solo e na capacidade de retenção de água.

No entanto, a utilização de fertilizantes orgânicos na agricultura convencional está restrita a alguns sistemas de produção como olericultura, fruticultura e cafeicultura e, ainda, à agricultura orgânica e familiar. Para ele, a dificuldade de transporte e aplicação, além do custo dos fertilizantes orgânicos, fizeram com que na agricultura, em escala comercial, os fertilizantes orgânicos fossem substituídos pelos fertilizantes minerais (BENITES, 2006).

Já, SEVERINO *et al.* (2004) comentam que a incorporação ao solo de materiais orgânicos afeta a dinâmica populacional dos microorganismos e também a disponibilidade de alguns nutrientes, em especial o nitrogênio. Materiais com alta concentração de carbono, mas pouco nitrogênio (alta relação C/N) geralmente são lentamente mineralizados e induzem deficiência de nitrogênio às plantas, pois os microorganismos absorvem grande parte do N disponível, o qual só volta a ser disponibilizado após a decomposição do material adicionado.

Nesse sentido, a vantagem do uso de adubo orgânico em relação à aplicação de fertilizantes químicos é a liberação gradual dos nutrientes à medida que são demandados para o crescimento da planta. Se os nutrientes forem imediatamente disponibilizados no solo, como ocorre com os fertilizantes químicos, podem ser perdidos por volatilização (principalmente o nitrogênio), fixação (fósforo) ou lixiviação (principalmente o potássio). Por outro lado, a mineralização de alguns materiais orgânicos pode ser excessivamente lenta, como ocorre com o bagaço de cana, de forma que os nutrientes não são

disponibilizados em quantidade suficiente e o crescimento da planta é limitado por carência nutricional (SEVERINO *et al.*, 2004).

A proporção C/N na matéria orgânica do solo é fator importante sobre vários aspectos, dos quais os mais significativos são os seguintes:

- Uma adição ao solo de resíduos, com relação C/N elevada, motiva a competição pelo N disponível entre os microorganismos e as plantas.
- Resíduos com relação C/N baixa (leguminosas) podem favorecer o desenvolvimento microbiológico no processo de decomposição, implicando em maior quantidade de N mineralizado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área experimental

O experimento foi conduzido na unidade de compostagem, localizada nas dependências do parque industrial da empresa Coopavel Cooperativa Agroindustrial, localizada em Cascavel/Pr, cujas coordenadas geográficas são 24° 58'04,7"S e 53°22'51,1"W, com altitude de 725 metros.

Conforme a classificação de KÖPPEN, o clima da região é do tipo Cfa, ou seja, temperado mesotérmico superúmido, com temperaturas moderadas, chuvas bem distribuídas e verão quente. Nos meses de inverno, a média de temperatura é inferior a 16°C. No mês mais quente, as máximas superam 30°C, sendo a temperatura média anual de 21° C.

Dentre as atividades desenvolvidas pela cooperativa, onde foi realizado o trabalho em questão, estão: Incubatório de ovos para a produção de pintainhos comerciais, unidades de beneficiamento de grãos, indústria de rações, indústria de laticínios, abatedouro de suínos, bovinos e aves. Com exceção do incubatório de ovos, que está localizado à cerca de 2 km do parque industrial e das 24 unidades de recepção e beneficiamento de grãos, que estão distribuídas pelas regiões oeste e sudoeste do Paraná, as demais indústrias encontram-se concentradas no parque industrial.

Essas atividades geram diversos tipos de resíduos, que juntos formam um montante significativo e necessitam de destinação final segura ou a conversão em outros produtos, como meio de agregar valor a esses subprodutos, bem como dar destino ambientalmente correto aos mesmos.

Atualmente, os resíduos orgânicos dos processos industriais da Cooperativa são compostados na central de compostagem. A unidade de compostagem é formada por um barracão pré-moldado de 381,50 m². Nas laterais do barracão, têm-se, em cada lado, 10 repartições limitadas por paredes de alvenaria, onde são conduzidas as leiras de compostagem. Para este experimento, utilizou-se uma área na entrada do barracão, provida de cobertura e piso de cimento, com vão livre de 182,4 m². Na figura 2, tem-se uma vista geral da unidade de compostagem.



Figura 2 Vista geral da unidade de compostagem de resíduos.

3.2 Origem e descrição e origem dos substratos

Todos os resíduos utilizados no processo de compostagem foram oriundos das atividades desenvolvidas pela própria Cooperativa.

Foram utilizados como substratos, os seguintes resíduos sólidos:

- a) Resíduos do Incubatório de ovos;
- b) Conteúdo ruminal de bovinos;
- c) Lodo do Flotador, resultante do processo de tratamento de efluentes industriais;
- d) Lodo formado na superfície das lagoas anaeróbias do sistema de Tratamento de efluentes industriais;
- e) Cinza de caldeira provenientes da queima de biomassa;
- f) Resíduos provenientes do processo de pré-limpeza de cereais (milho e soja);

A Figura 3 faz um demonstrativo de como os resíduos são encaminhados para a unidade de compostagem, a fim de que sejam transformados em adubo orgânico.

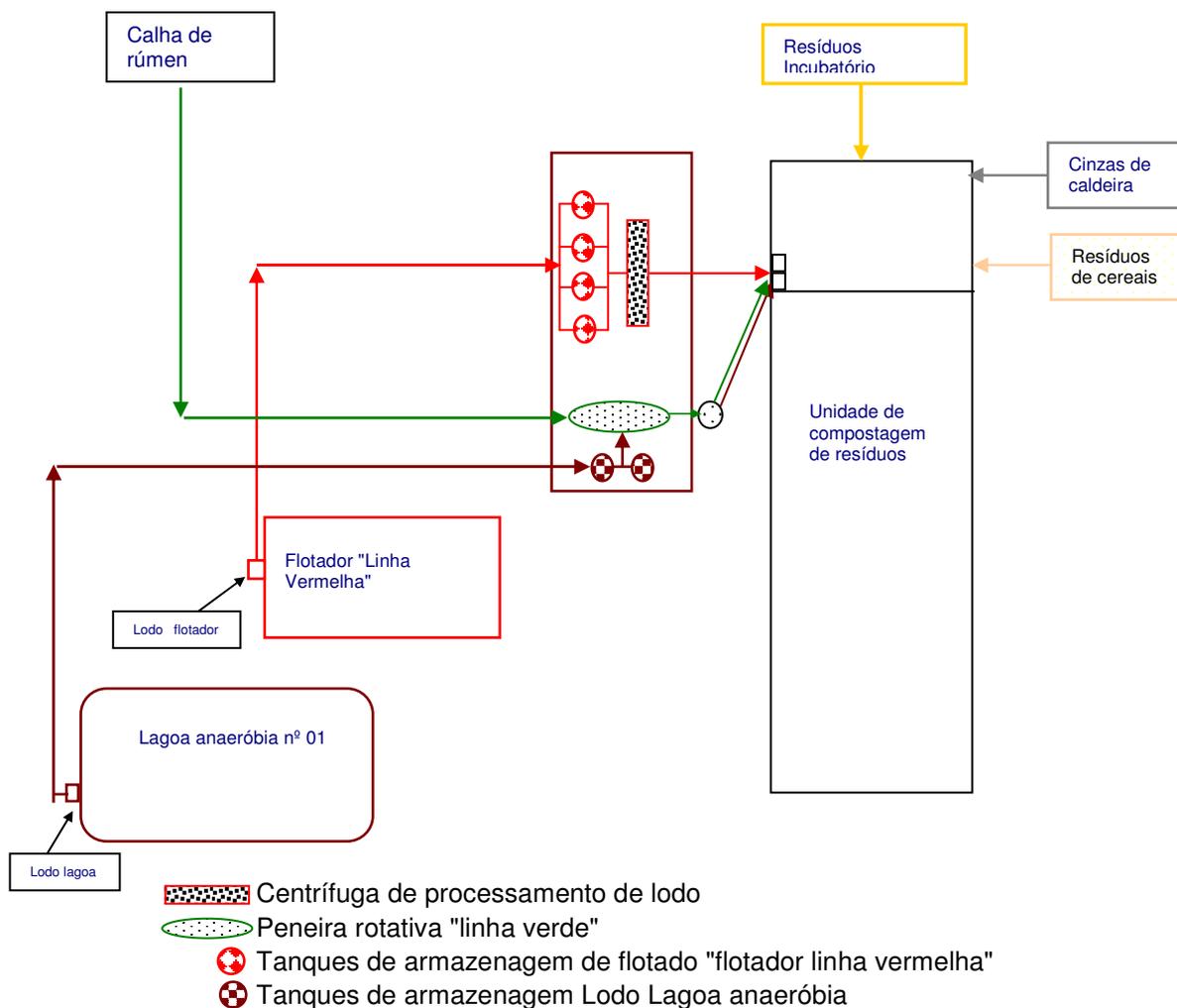


Figura 3 Fluxograma representativo do encaminhamento dos diversos tipos de resíduos (sólidos e semi-sólidos) a unidade de compostagem.

3.2.1 Resíduos de Incubatório

Incubatório é o local onde os ovos são incubados. Após 21 dias, os pintos nascem e são examinados, classificados e vacinados. Os pintinhos com um dia de vida são colocados em caixas e transportados em caminhões climatizados (pinteiras), para as granjas dos integrados, produtores rurais parceiros, que criam as aves, sob supervisão veterinária e técnica da empresa até o ponto de abate.

Os resíduos do incubatório são compostos por cascas de ovos, ovos não eclodidos e pintainhos não comerciais.

Estes resíduos são destinados à unidade de compostagem, sendo o percentual de ovos não eclodidos cerca de 15%.

O incubatório da Cooperativa gera em torno de duas toneladas de resíduos ao dia. Estes resíduos são coletados diariamente e transportados para a unidade de compostagem em caminhão próprio e adequado.

A produção de resíduos num incubatório é considerável e crítica, pois se trata de material extremamente putrescível, excelente substrato para microrganismos e potencialmente contaminado, representando grande perigo a biossegurança do incubatório, necessitando de rápida eliminação.

A Figura 4 mostra os resíduos de incubatório, quando do seu descarregamento na unidade de compostagem.



Figura 4 Aspectos dos resíduos de incubatório quando de sua chegada a unidade de compostagem.

3.2.2 Conteúdo ruminal de bovinos

Rúmen caracteriza-se por todo alimento ingerido por ruminantes que se encontra no interior do tubo digestivo dos mesmos. Neste caso, este resíduo é proveniente do abatedouro de bovinos da cooperativa, sendo resultante da limpeza do rúmen, constituído, principalmente, por fibras ingeridas pelos animais. Esse material, basicamente composto por lignina e celulose é de difícil hidrólise, esta de fundamental importância no processo de compostagem, pois se relaciona ao equilíbrio da relação C/N.

Após a retirada do material, através de calha específica, este resíduo é encaminhado até uma peneira rotativa, localizada na linha verde, onde o sólido

é retido na peneira e encaminhado para a unidade de compostagem, conforme mostrado na Figura 5. A média de bovinos abatidos pelo frigorífico é da ordem de 3000 animais/mês.



Figura 5 Aspecto do conteúdo ruminal na chegada a central de compostagem, mostrando sua constituição fibrosa.

3.2.3 Lodo do flotador

O lodo do flotador é resultante do processo de tratamento físico dos efluentes industriais da “linha vermelha”, caracterizada por efluentes que contém sangue, provenientes de várias áreas do abate. O parque industrial da Cooperativa possui uma única estação de tratamento de efluentes industriais para as águas residuárias geradas em seus abatedouros de bovinos, suínos e aves. O sistema de tratamento de efluentes da linha vermelha é composto por sistema de peneira rotativa, tanque de equalização, flotador por ar dissolvido, seguido pelo sistema de lagoas de estabilização.

O lodo do flotador é gerado quando o efluente passa pelo flotador. O sistema de tratamento é apenas físico, composto pelo sistema de micro bolhas de ar, que faz com que as partículas sólidas contidas no efluente flitem e sejam retiradas através de raspadores mecânicos, que separam o material flotado, armazenando em uma caixa anexa ao flotador. Por meio de bombeamento, este resíduo é encaminhada para a área de processamento do lodo, onde, por meio do sistema de tri-decanter, são centrifugados, num processo realizado em uma centrífuga de 3 fases (sólido/líquido/líquido), onde

são separados o sólido, o óleo e a água. Os sólidos (lodo do flotador), Figura 6, são encaminhados para a unidade de compostagem, o óleo (graxa ácida) é armazenado em tanque específico e, posteriormente, comercializado e a água retorna ao processo de tratamento de efluentes.

A geração deste resíduo, depois de centrifugado, corresponde à cerca de 1,5 t. dia⁻¹. Considerando o processo de abate de 5 dias, tem-se uma geração média semanal de 7,5 t. semana⁻¹.

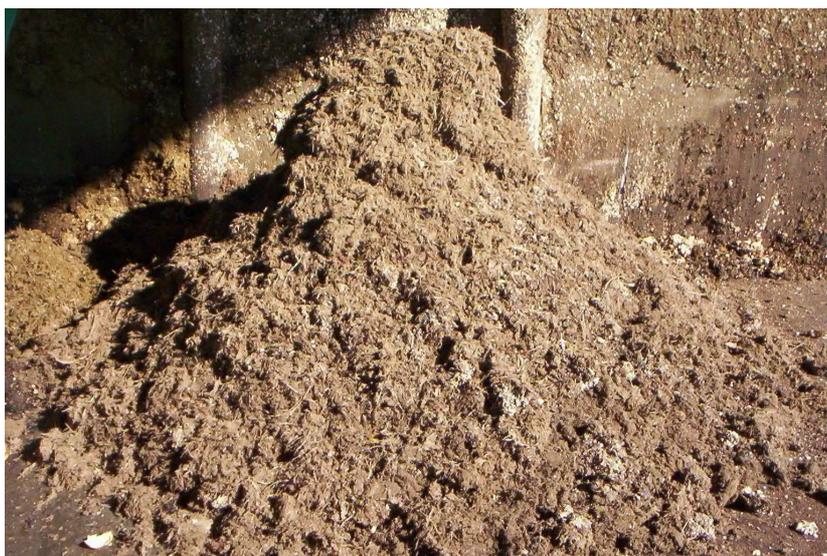


Figura 6 Aspecto do flotador após o processamento, na chegada a central de compostagem.

3.2.4 Resíduos vegetais de cereais

Os resíduos vegetais de cereais são oriundos do processo de beneficiamento de grãos. Estes resíduos são gerados em todas as filiais da cooperativa que trabalham com o beneficiamento de grãos, originados, principalmente, nos processos de pré-limpeza. Todos estes resíduos gerados nas filiais da cooperativa, são encaminhados para a Unidade de Moagem de Resíduos Vegetais da Cooperativa, que está localizada também no parque industrial. Na unidade de moagem de resíduos, é feita a classificação e os resíduos que não podem ser comercializados “in-natura” ou não propiciam sua utilização em ração animal são encaminhados para a unidade de compostagem de resíduos.

Eles são compostos por impurezas dos grãos, cascas de cereais e restos vegetais, conforme Figura 7. Este tipo de resíduo não tem geração constante, pois depende da época da safra.

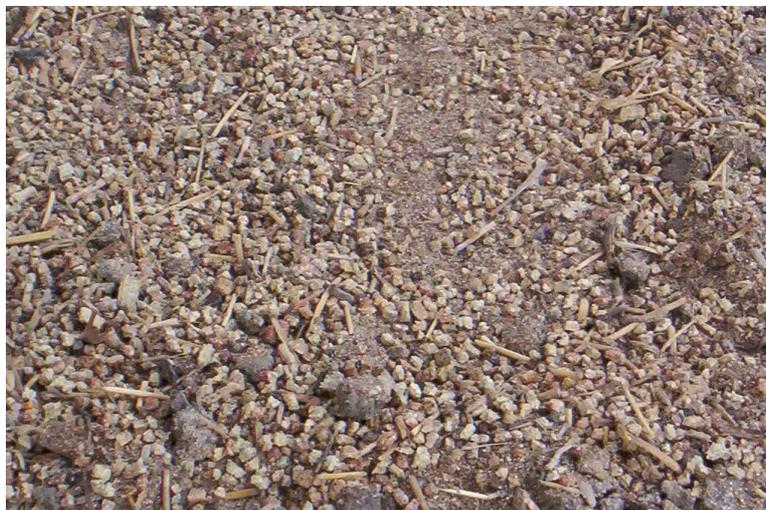


Figura 7 Aspectos dos resíduos de cereais, quando de sua chegada a central de compostagem, mostrando granulometria grosseira.

3.2.5 Cinzas de caldeira

As cinzas de caldeiras são geradas no processo de produção de vapor, através da queima de cavacos de madeira em duas caldeiras, cada uma com a capacidade de produção de vapor de 12 toneladas por hora. O volume de cinzas geradas pela empresa está totalmente ligado à quantidade de biomassa que é queimada e a necessidade de vapor das indústrias. No processo atual, as cinzas não são utilizadas no processo de compostagem.

3.2.6 Lodo da lagoa de tratamento de efluentes

O lodo da lagoa é formado na superfície da lagoa anaeróbia 1 de tratamento dos efluentes industriais. Este material é retirado e encaminhado para a área de processamento de lodo, onde é desaguado e encaminhado para a unidade de compostagem. A produção atual é de cerca de 2 toneladas de resíduo já centrifugado por semana.

3.3 Caracterização química dos substratos a serem compostados

Todos os resíduos utilizados no processo de compostagem foram previamente caracterizados por meio de análises físico-químicas, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 Caracterização físico-química dos resíduos a serem compostados

Elemento	Resíduo					
	Rúmen	Incubatório	Cereais	Lodo lagoa	Lodo flotador	Cinza de caldeira
Nitrogênio (%)	1,32	2,55	2,08	3,92	7,29	0,08
Fósforo (%)	0,232	0,215	0,27	0,231	0,375	0,155
Potássio (%)	0,20	0,2	1,2	0,2	0,1	12
Cálcio (%)	0,67	22,87	0,78	3,	0,67	20,08
Magnésio (%)	0,195	0,46	0,27	0,27	0,135	2,3
Enxofre (%)	0,1	0,242	0,095	0,188	0,5	0,85
Carbono (%)	29,99	11,68	48,31	19,48	59,99	7,79
Matéria Orgânica (%)	51,59	20,1	83,09	33,5	48,24	13,4
Cobre (Mg Kg⁻¹)	9	5,5	13	106	74	200,5
Zinco (Mg Kg⁻¹)	34	20,5	48,5	435	470	204
Ferro (Mg Kg⁻¹)	313	35	1110	3000	54,5	5800
Manganês (Mg Kg⁻¹)	47	5	63,5	90	35,5	157,5
Boro (Mg Kg⁻¹)	4,5	74,25	9,22	8,55	3,38	18,9
Umidade (%)	87	34	11,09	80,15	55,7	0,5
pH	8,5	9	8,7	8,9	8,6	8,8
Relação C/N	23/1	5/1	23/1	5/1	8/1	97/1

3.4 Montagem das leiras de compostagem

As leiras de compostagem foram confeccionadas nos dias 23 e 24 de fevereiro de 2007. As composições em peso dos tratamentos são apresentadas na Tabela 02.

Tabela 2 Composição e quantidades de substratos utilizadas em cada um dos 5 tratamentos

COMPOSIÇÃO DOS TRATAMENTOS							
Quantidade de resíduos utilizados (kg)							
Trat.	Conteúdo ruminal (bovinos)	Incubatório	Cereais	Lodo lagoa	Lodo flotado	Cinzas caldeira	Total
1	167	167	167	166	166	167	1000
2	150	150	130	120	150	300	1000
3	250	250	100	50	50	300	1000
4	267	300	266	167	0	0	1000
5	300	300	200	100	100	0	1000

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com 2 repetições e cinco tratamentos, perfazendo um total de 10 leiras.

Em três dos tratamentos (T1, T2 e T3) foram utilizadas cinzas de caldeira, resíduo este comumente não utilizado no processo normal de compostagem desenvolvido pela cooperativa.

A composição dos tratamentos foi determinada através das análises de caracterização química inicial dos resíduos (Tabela 1).

Para a montagem das leiras, os resíduos foram pesados em balança (Figura 8), sendo que cada leira teve como peso inicial 1000 kg de massa fresca.

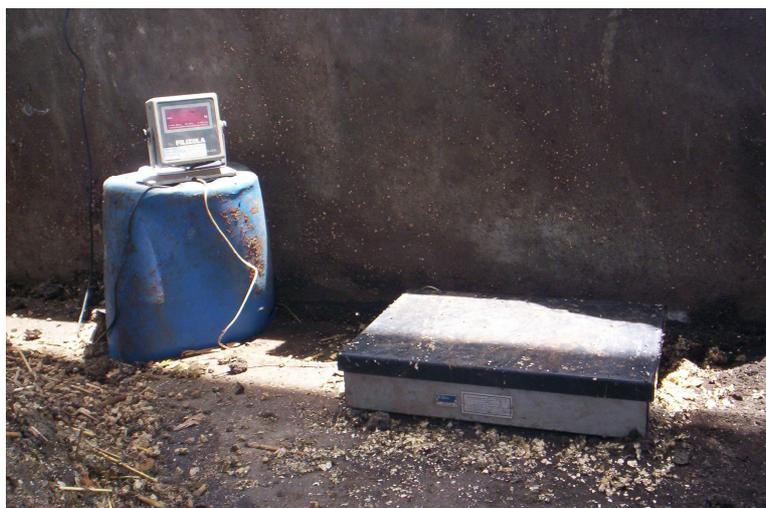


Figura 8 Apresenta a balança (Filizola para 200 Kg) utilizada para a pesagem dos resíduos constituintes de cada tratamento.

Os resíduos foram dispostos em camadas, formando leiras em formato piramidal, conforme mostrado na Figura 9..

Utilizaram-se os resíduos de cereais para formar uma camada de absorção dos resíduos mais úmidos, procurando evitar a formação de chorume e facilitar a entrada de ar, mesmo nas camadas inferiores. Todas as leiras foram recobertas ao final com material vegetal que apresentava uma granulometria grosseira.



Figura 9 Aspectos da montagem das leiras recobertas com material vegetal de granulometria grosseira.

Para a identificação dos tratamentos, cada leira foi devidamente identificada, conforme mostrado na Figura 10.

Foram constituídos leiras com revolvimento mecânico (sistema *windrow*), utilizando uma pá carregadeira (bob cat).



Figura 10 Disposição das leiras e suas arquiteturas e identificação

3.5 Caracterização química dos tratamentos antes e após o processo de compostagem

Após a montagem das leiras, bem como no término do processo, foram coletadas amostras de todos os tratamentos e encaminhadas para o laboratório para a análise de caracterização. As amostras foram coletadas em pontos diferentes de cada leira e, ao final, formando apenas uma amostra composta por leira. Para a coleta das amostras foi utilizado um trado.

Para a caracterização inicial e final dos tratamentos foram avaliados os seguintes parâmetros: Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Carbono (C), Matéria orgânica (MO), pH, umidade, relação Carbono/Nitrogênio e metais pesados (cobre, zinco, cádmio, níquel, chumbo).

3.6 Metodologias utilizadas para a análise de caracterização dos tratamentos antes e após o processo de compostagem

Para a avaliação do Nitrogênio (N), foi utilizado o método KJELDAHL. Para a determinação do Potássio (K), usou-se o método de fotometria de chama. A umidade foi determinada a 110^o C. Para as determinações de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn) e Manganês (Mn) foi utilizado o espectrofotômetro de absorção atômica. O Enxofre (S) foi analisado por turbidimetria. Fósforo (P) e Boro (B), por espectofotometria.

Para a determinação do Carbono (C), fez-se a queima em mufla.

O pH foi determinado na amostra in-natura, utilizando uma solução de cloreto de cálcio (Cl₂Ca).

3.7 Monitoramento do processo de compostagem

Durante o processo de decomposição e formação do húmus, foram avaliados diariamente a temperatura e semanalmente pH, umidade e redução do volume.

3.7.1 Temperatura

A temperatura foi monitorada por meio de termômetro digital tipo espeto, conforme mostrado na Figura 11, com medições diárias, a uma profundidade de cerca de 40 cm em 6 pontos diferentes de cada leira, a fim de se obter uma média da temperatura.

Por ocasião das medidas de temperatura das leiras, a temperatura ambiente também foi monitorada.



Figura 11 Termômetro digital utilizado para o monitoramento das temperaturas das leiras e ambiente.

3.7.2 pH e umidade

Semanalmente, eram coletadas amostras de cada leira para avaliações do teor de água.

As amostras coletadas foram secas em estufa à temperatura de 110°C, para a determinação do teor de água. As determinações foram realizadas pelo laboratório da Cooperativa. De acordo com os resultados, foram realizadas as reposições de água, por ocasião dos revolvimentos.

Foram coletadas amostras do material para a determinação do pH, através de solução de cloreto de cálcio (Cl_2Ca), de acordo com a metodologia utilizada pelo laboratório da Cooperativa.

3.7.3 Avaliação da redução do volume e peso

A redução do volume foi monitorada, semanalmente, a cada revolvimento com o auxílio de caixa de madeira, com as seguintes dimensões: largura 1,5 m, altura de 0,60 m e comprimento de 2,0 m, onde os resíduos eram acondicionados para que se processasse a cubicagem da leira. Com o auxílio de uma trena, media-se a altura atingida pelo material, determinando-se, assim, o volume de cada leira.

As Figuras 12,13 e 14 mostram o procedimento para a determinação do volume das leiras.



Figura 12 Caixa utilizada para a cubicagem das leiras.

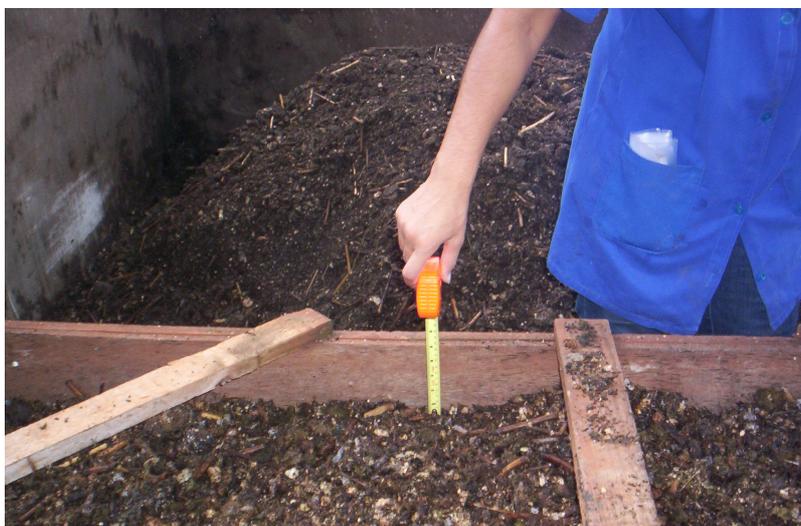


Figura 13 Mostrando o processo de medida da altura do material para processamento da cubicagem.



Figura 14 Após a distribuição do material para a tomada das medidas para a cubicagem.

A avaliação da redução do peso das leiras foi realizada na montagem e no final do experimento, utilizando-se de balança para a pesagem dos resíduos.

3.7.4 Revolvimentos

Os revolvimentos eram realizados semanalmente com a utilização de uma máquina (bob cat), conforme Figura 15.



Figura 15 Revolvimento das leiras realizado com máquina (bob cat).

3.8 Delineamento e análise estatística

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 2 repetições. Os dados obtidos para cada leira foram submetidos ao teste F (Fisher) para análise de variância e ao teste LSD para comparação de médias, a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estimativa da redução de volume dos tratamentos

O processo de compostagem implica na perda de carbono na forma de CO₂, visto que é um processo aeróbio, resulta em perda de massa, bem como na redução do volume inicial do material. Os dados de reduções de volume durante o período experimental podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 Redução do volume ocorrida no período experimental nos tratamentos

Trat.	Vol. Inicial (m ³)	Volume final (m ³)	Volume red. (m ³)	% redução
T ₁	1,37	0,71	0,66	48,17 a
T ₂	1,25	0,74	0,51	40,80 c
T ₃	1,16	0,75	0,41	35,34 d
T ₄	1,46	0,80	0,66	45,20 b
T ₅	1,47	0,84	0,63	42,86 bc

Letras iguais correspondem a médias iguais ao nível de 5% de significância, de acordo com o teste de Fisher

Pode-se observar, pelos dados, que a maior redução de volume ocorreu no tratamento 1, onde partindo de um volume inicial de 1,37 m³, alcançou, após cerca de 100 dias de compostagem, um volume final de 0,71 m³, ou seja, obteve-se uma redução de 48,17 %. O tratamento 3 foi o que teve menor percentual de redução de volume, com 35,34 %.

Notou-se que os tratamentos com maiores teores de cinzas (T2 e T3), tiveram menores reduções em seus volumes. Provavelmente, a quantidade de cinzas, com altos teores de cálcio (20,08%) e magnésio (2,3%) causou uma alcalinização do meio, impedindo a proliferação de alguns microorganismos que atuam na fase inicial de decomposição (fase mesófila), pH mais baixo. Certamente, durante o processo, o próprio promoveu os ajustes de pH, porém a perda inicial permitiu uma menor perda de carbono, o que proporcionou uma menor perda de volume.

Os tratamentos 4, 5 e 2 obtiveram as reduções de 45,20%, 42,86 e 40,80%, respectivamente.

De acordo com KIEHL (1985), a redução da massa de compostagem varia de acordo com vários fatores, como tamanho da leira, aeração, umidade, temperatura e relação C:N, sendo esperada uma redução aproximada de 50%.

Os resultados obtidos estão de acordo com KIELH (1985), pois, os tratamentos 1 e 4, com 48,7 e 45,2 % de redução de volume, respectivamente, foram os que mais se aproximaram do valor de 50% esperado, muito embora os demais tratamentos apresentem menores valores.

A medida em que foi ocorrendo à decomposição dos resíduos, ocorreu também à redução do seu volume, conforme mostra as Figura 16, onde é possível acompanhar a redução do volume nos tratamentos durante o período experimental.

A primeira cubicagem ocorreu uma semana após o início do experimento, ou seja, por ocasião da segunda pesagem. Por isso, são apresentados 13 resultados de cubicagens, conforme mostrados na figura 16, e não quatorze, conforme o número de semanas em que se deu a condução do experimento.

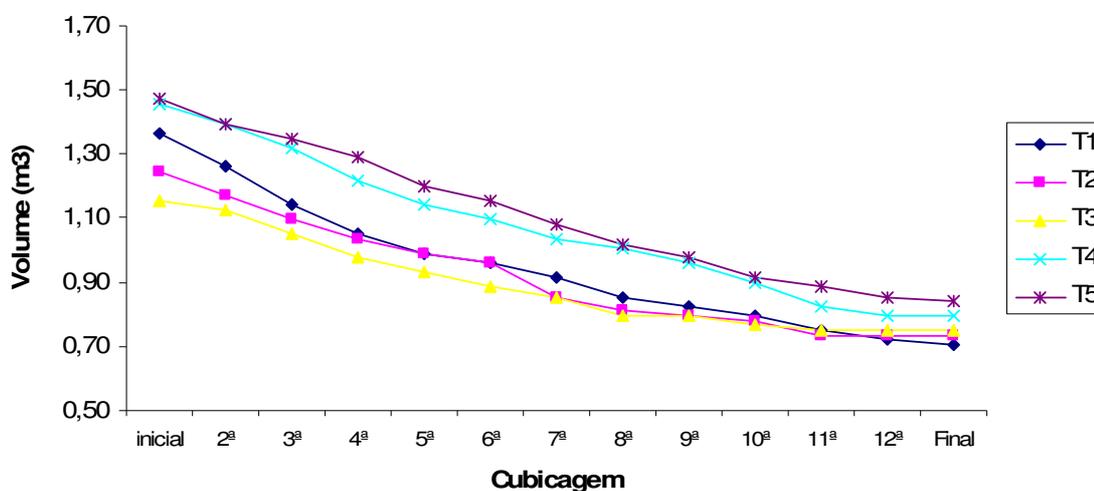


Figura 16 Evolução da redução do volume (m^3) nos 5 tratamentos avaliados.

Verificou-se uma maior redução do volume nas primeiras semanas. Avaliando a redução do volume até a sexta semana de condução do experimento, obteve-se uma redução de 70,07% no tratamento 1, 76,08/% no

tratamento 2, 76,72% no tratamento 3, 75,34% no tratamento 4 e 78,91% para o tratamento 5.

Analisando a redução do volume, de acordo com GIFFONI & LANGE, (2005), na compostagem de resíduos, a decomposição da matéria orgânica é diferenciada segundo as características físicas, químicas e biológicas dos seus diversos componentes. Os açúcares, amidos e proteínas simples são decompostos primeiro; a seguir, há a decomposição da proteína bruta e da hemicelulose.

Comparando-se os dados obtidos com dados de outros trabalhos, AMORIN *et al* (2005), ao avaliarem os efeitos das estações do ano sobre os processos de compostagem e vermicompostagem, obteve para o processo de compostagem na avaliação de redução de matéria seca (MS) os valores de 53,7; 53,4; 51,4 e 47,8% nas estações de verão, outono, inverno e primavera, respectivamente.

GORGATI (2001), trabalhando com a compostagem de lixo urbano, obteve reduções médias de 52,5%, 34,33%, 51,38% e 60,07% , nas estações primavera, verão, outono e inverno respectivamente, estando alguns valores próximos aos obtidos neste trabalho.

COSTA *et al.* (2005 a), ao pesquisarem resíduos da indústria de desfibrilação de algodão inoculado com conteúdo ruminal, após 45 dias de compostagem, obtiveram 46% de redução no volume das leiras, se aproximando dos valores obtidos para os tratamentos T1, T2 e T3.

COSTA (2005), trabalhando com resíduos de novilhos superprecoces, obteve reduções de volume no período de compostagem de acordo com as dietas dos animais na ordem de 44,64% para a dieta 1, 50% para a dieta 2 e 47,97% para a dieta 3. Esses dados, também estão em consonância aos obtidos neste trabalho.

MORALES (2006), ao fazer a compostagem de conteúdo ruminal de bovinos, comparando o desempenho do processo nas estações de verão e outono, obteve valores de 38,33% de redução no verão e 46,66% no outono.

4.2 Estimativa da redução do peso das leiras de compostagem

Os dados de redução de peso das leiras são apresentados na Tabela 4, onde é apresentado o peso inicial, o peso final, o peso reduzido e o percentual de redução.

Tabela 4 Redução do peso nos tratamentos

Trat.	peso			
	peso inicial (kg)	peso final (kg)	peso reduzido (kg)	% redução
T ₁	1000	458,50	541,50	54,15 b
T ₂	1000	520,00	480,00	48,00 c
T ₃	1000	559,10	440,90	44,09 d
T ₄	1000	391,50	608,50	60,85 a
T ₅	1000	419,50	580,50	58,05 a

Letras iguais correspondem a médias iguais ao nível de 5% de significância de acordo com o teste de Fisher

Com relação à redução de peso na massa de compostagem, a maior redução ocorreu no tratamento 4, com um percentual de 60,85%; a menor aconteceu no tratamento 3, novamente mostrando a baixa taxa de decomposição dos tratamentos com maior quantidade de cinza em sua composição.

Como forma de comparar as reduções de peso e volume, juntamente, a figura 18 faz um comparativo entre estas duas variáveis, conforme mostrado na Figura 17.

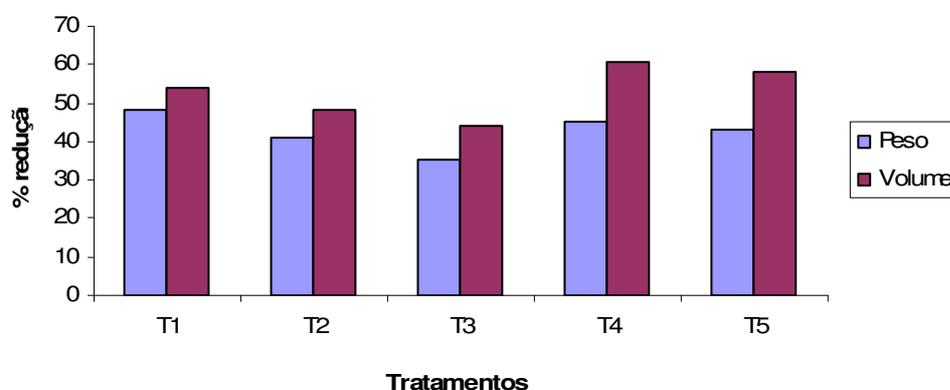


Figura 17 Comparativo do percentual (%) de redução de peso e volume nos tratamentos.

Observa-se que o tratamento 3 foi o que obteve a menor redução de volume (35,34%) e também a menor redução de peso (44,09%). E a maior redução de volume foi registrada no tratamento 1 (48,17%), enquanto a maior redução de peso, registrada no tratamento 4 (60,85%).

4.3 Monitoramento da temperatura

A Tabela 5 mostra os valores registrados durante o período experimental para o monitoramento da temperatura, onde a média das temperaturas ambientais foi de 25 °C e a máxima de 33°C. Para as temperaturas registradas nos tratamentos, as médias foram de 51, 52, 50, 56 e 59°C respectivamente para os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5.

Tabela 5 Temperaturas médias semanais, temperaturas médias no período e temperaturas máximas obtidas durante o período experimental em C°

Semana	Temp. C°	T amb.	T1	T2	T3	T4	T5
1ª		30	55	54	57	56	57
2ª		30	64	66	65	67	66
3ª		28	63	65	64	66	67
4ª		28	63	64	64	67	67
5ª		33	62	63	60	71	72
6ª		30	60	61	58	67	67
7ª		25	56	54	51	63	65
8ª		30	55	58	52	65	67
9ª		24	52	57	52	63	68
10ª		28	48	51	46	52	60
11ª		18	45	43	41	44	54
12ª		22	41	44	37	47	54
13ª		18	32	36	35	35	41
14ª		17	23	25	26	27	27
Temp. Média no período		25	51	52	50	56	59
Temp. máxima no período		33	64	66	65	71	72

Segundo KIEHL (1985), a elevação da temperatura logo nos primeiros dias da montagem das leiras, é o primeiro sintoma de que a compostagem iniciou e que, geralmente, a temperatura alcança de 40 a 50C°, podendo atingir

de 60 a 70°C antes de 15 dias. Relacionado a isso, todos os tratamentos apresentaram médias semanais acima dos 60°C, já na segunda semana de condução do experimento.

GORGATI (2001), ao fazer compostagem com lixo urbano, observou temperaturas máximas de 62,2; 69,0; 77 e 74 °C, respectivamente, nas estações de primavera, verão, outono e inverno, respectivamente, sendo observadas nos primeiros 10 dias, com duração da fase ativa em torno de 25 dias. Comparando aos dados obtidos neste trabalho, as temperaturas máximas semanais registradas foram 64, 66, 65, 71 e 72°C respectivamente, para os tratamentos de T1, T2, T3, T4 e T5.

Dessa forma, a temperatura é considerada o principal indicador do processo de fermentação, refletindo diretamente na eficiência do processo.

As Figuras 18, 19, 20, 21 e 22 apresentam as temperaturas médias semanais medidas em cada tratamento durante o período experimental. O comportamento observado durante todo o período de estudos, apresentou a tendência natural de elevação nos primeiros quinze dias, e declínio na medida que foi ocorrendo o processo de estabilização dos resíduos.

Em todos os tratamentos utilizados, as temperaturas na massa dos compostos se aproximaram às temperaturas ambientes na fase final de humificação do composto.

Para o tratamento 1, as temperaturas começaram a apresentar caimento após a 8ª semana de condução do experimento, atingindo a fase de maturação apenas após a 12ª semana .

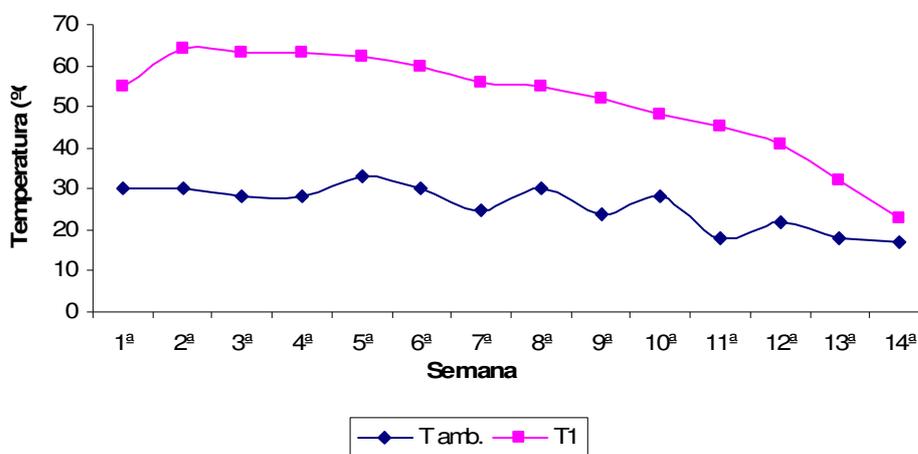


Figura 18 Médias semanais de Temperatura registradas no tratamento 1.

No tratamento 2, a fase de maturação ou cura, com temperaturas mesófilas começou a ser registrada após a 11^a semana de condução do experimento.

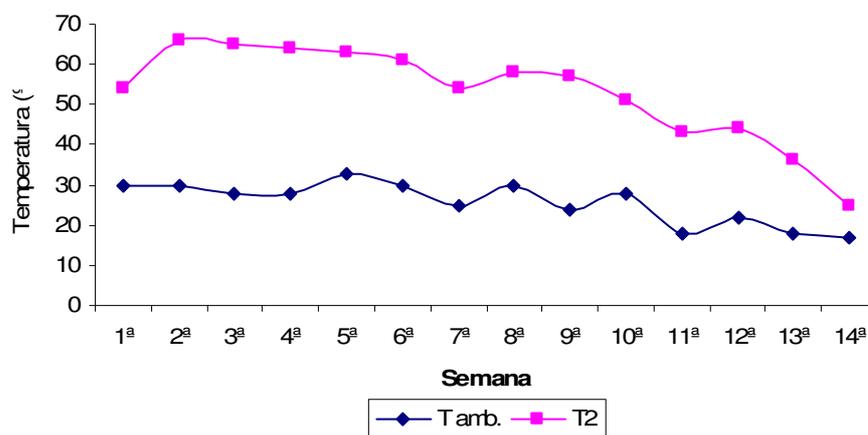


Figura 19 Médias semanais de Temperatura registradas no tratamento 2.

Para o tratamento 3, as temperaturas começaram a entrar na fase termófila após a 11^a semana.

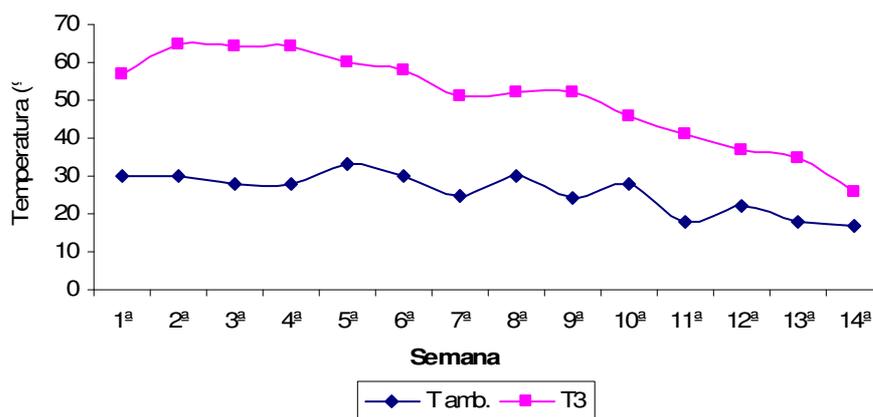


Figura 20 Médias semanais de temperatura registradas no tratamento 3

Comparando os resultados obtidos com PEREIRA NETO (1996), que apresenta como valor médio ideal nos processos de compostagem, a

temperatura de 55°C, verifica-se que a melhor média foi registrada no tratamento T4, o qual registrou a média de 56°C.

O desenvolvimento de temperaturas termófilas durante o processo de compostagem é consequência da atividade microbológica durante os processos de oxidação da matéria orgânica.

No tratamento 4, as temperaturas termófilas foram registradas até a 10ª semana de condução do experimento.

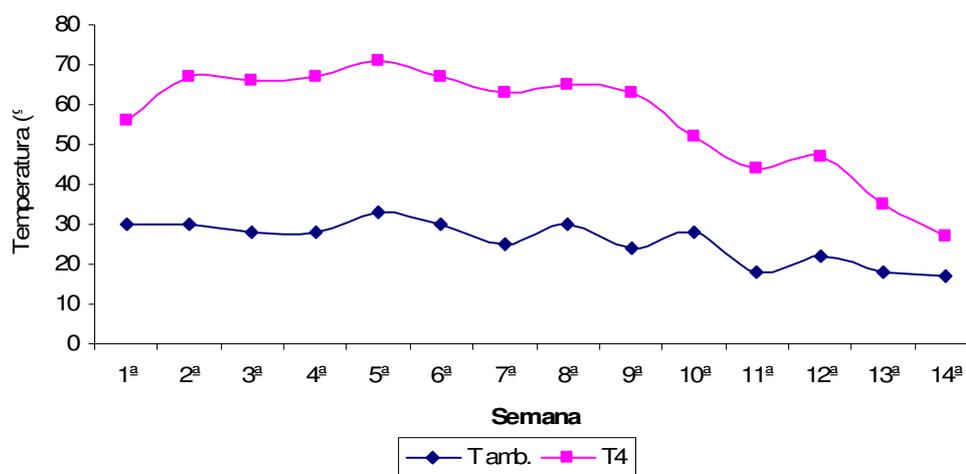


Figura 21 Médias semanais de temperatura registradas no tratamento 4.

As maiores médias de temperatura foram registradas no tratamento T5, bem como a temperatura máxima registrada, a qual foi de 72°C.

As temperaturas termófilas foram registradas até a 12ª semana de monitoramento, atingindo a fase mesófila apenas após a 13ª semana.

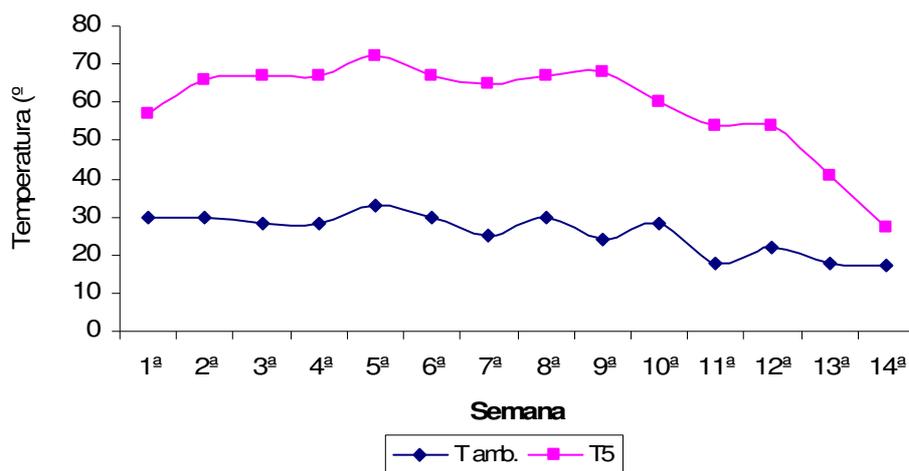


Figura 22 Médias semanais de temperatura registradas no tratamento 5.

Entre as temperaturas dos tratamentos T4 e T5 (maiores médias) e os tratamentos T1, T2 e T3 (menores médias), provavelmente estão relacionadas com os materiais utilizados nas suas composições, o que certamente influenciou no desenvolvimento dos microorganismos e, conseqüentemente, na temperatura, que é função direta das atividades biológicas nos materiais.

4.4 Monitoramento da umidade

Através do monitoramento da umidade das leiras, foi possível determinar a necessidade ou não de umedecimento das mesmas, os quais eram realizados durante os procedimentos de revolvimento.

A Figura 23 mostra o acompanhamento dos teores de umidades que foram monitorados semanalmente.

Até a 10ª semana, a umidade manteve-se entre 45 e 55%.

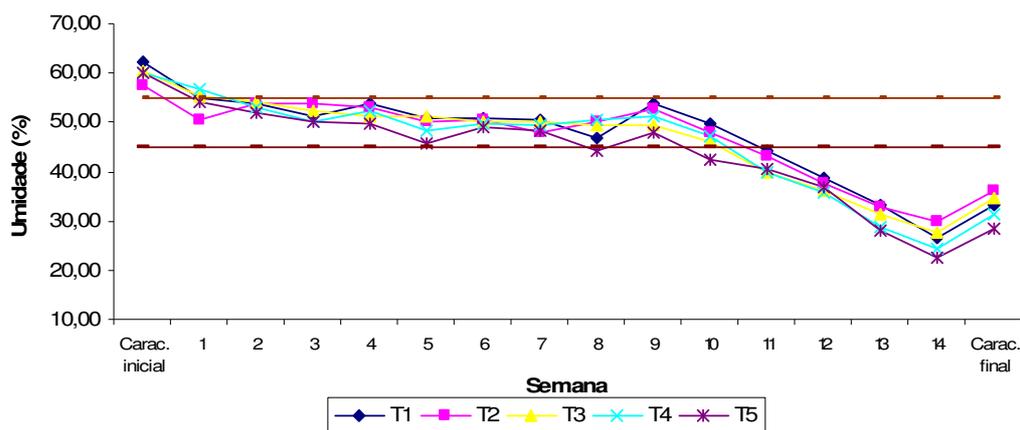


Figura 23 Comparativo dos teores de umidade entre os tratamentos

O umedecimento das leiras foi realizado através de mangueira, até o período em que as leiras começaram a registrar o decaimento das temperaturas. Após, cerca da nona semana de condução do experimento, não se adicionou mais água as leiras. Devido a uma questão de estrutura, na ocasião de chuvas fortes, ocorreu o umedecimento de algumas leiras, não chegando a afetar as temperaturas. No final do processo, por ocasião da caracterização final do composto, os resultados de umidade mostraram uma elevação em relação à medição anterior, fato este devido a uma forte chuva que ocorreu anteriormente a coleta das amostras para a caracterização final.

Com relação aos teores ideais de umidade no decorrer do processo, KIEHL (1985) recomenda que a umidade seja mantida na faixa de 55%, pois umidades abaixo de 40% reduzem a atividade dos microorganismos, abaixo de 30% torna-se um fator limitante para a decomposição e abaixo de 12%, cessa, praticamente, toda a atividade biológica, tornando o processo extremamente lento. No entanto, a umidade nem sempre se manteve na faixa de 55 %, conforme recomendado pelo autor. Nas primeiras semanas, obtiveram-se valores mais elevados e, posteriormente, mesmo com umedecimento semanal das leiras por ocasião dos revolvimentos, os índices de umidade tiveram abaixo dos recomendados. A irrigação do composto para reposição de água perdida só deve ser feita por ocasião dos revolvimentos, pois a irrigação de uma pilha montada, sem revolvê-la é imperfeita, pois a água caminha por determinadas vias preferenciais e não se distribui uniformemente por toda a leira.

A umidade do material foi monitorada com a retirada de amostras semanais, representativas da massa em compostagem, retiradas sempre um dia antes do revolvimento do material. A água foi incorporada à massa, através de uma mangueira, por ocasião do reviramento das pilhas, promovendo o aumento da umidade do material quando necessário.

O tratamento 5 apresentou os teores mais baixos de umidade durante o processo. Isso, provavelmente, se deva a maior quantidade de resíduos de grãos, que devido a sua maior granulometria, permitem uma maior penetração de ar nas pilhas e, conseqüentemente, maior perda de umidade. Além do mais, também possuíam em sua composição maior quantidade de matérias como o rúmen bovino e os resíduos de incubatório, que propiciam uma maior atividade dos microorganismos, ocasionando a maior perda de água.

4.5 Avaliação dos índices de pH

Segundo KIEHL (1985), este parâmetro fornece uma boa informação sobre o estado de decomposição da matéria orgânica que foi submetida a um processo de fermentação.

A Figura 24 mostra os valores de pH registrados durante o monitoramento semanal deste parâmetro.

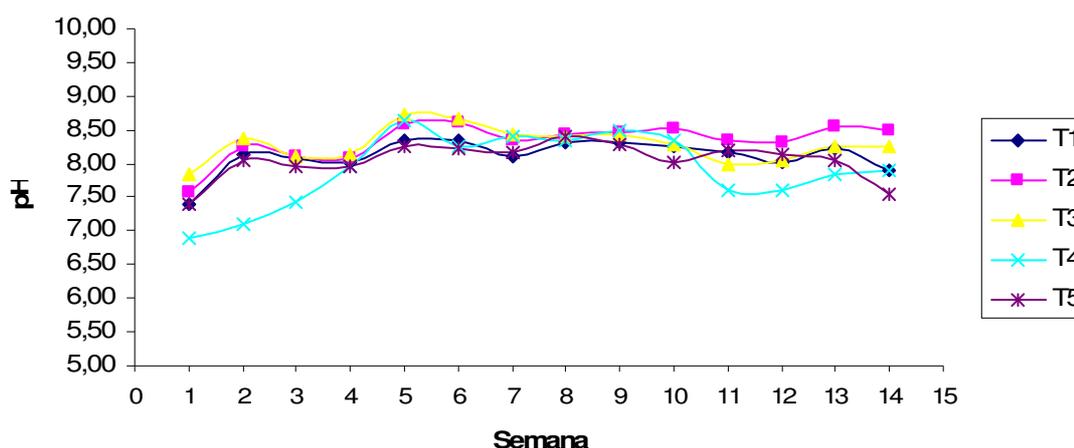


Figura 24 Comparativo dos índices de pH durante o período experimental.

Observou-se que os tratamentos com maiores porcentagens de cinzas apresentaram valores finais mais elevados de pH, porém não tiveram as melhores temperaturas.

4.6 Densidade

A Tabela 6 apresenta os valores de densidade dos tratamentos avaliados.

Os tratamentos compostos com grandes quantidades de cinzas de caldeiras (T2 e T3) apresentaram as menores taxas de decomposição da matéria orgânica, uma vez que a cinza é um resíduo resultante da queima de biomassa. Por outro lado, como esperado, os tratamentos com maiores teores de matéria orgânica, apresentaram maiores reduções de peso e volumes.

Tabela 6 Densidade do substrato em cada tratamento

Trat.	Densidade (kg m ⁻³)
T ₁	645,77
T ₂	702,7
T ₃	745,47
T ₄	489,38
T ₅	499,4

De acordo com os resultados obtidos, observou-se que a utilização da cinza de caldeira no processo de compostagem em grandes quantidades aumenta a densidade do composto final.

4.7 Revolvimentos

Durante o período de compostagem, foram realizados revolvimentos semanais, com o objetivo de reduzir a temperatura e fornecer aeração às leiras. O processo de revolvimento faz com que as camadas externas passem a ocupar as partes internas, pois com o revolvimento as camadas são misturadas e o composto homogeneizado.

Mesmo com revolvimentos semanais, o tratamento 5 ainda registrou temperaturas acima de 70 °C por mais de uma semana. Por isso, a

intensificação dos revolvimentos na fase termófila, onde ocorre o aumento das temperaturas seria um meio de controlar melhor este parâmetro.

Temperaturas muito elevadas são importantes para o processo de compostagem, no entanto não devem ser mantidas por muito tempo, pois, de acordo com KIEHL (1985), inibem a presença de alguns microorganismos que são importantes para o processo de compostagem.

4.8 Caracterização inicial e final dos tratamentos

Na tabela 7, são apresentados os resultados obtidos de acordo com a caracterização química inicial dos tratamentos.

Tabela 7 Resultados das análises químicas inicial de cada um dos tratamentos

Elemento	Tratamentos				
	T1	T2	T3	T4	T5
N (%)	1,50	1,48	1,34	2,05	1,67
P (%)	0,69	0,79	0,87	0,43	0,38
K (%)	2,15	3,55	3,05	0,95	0,80
Ca (%)	14,62	15,72	15,10	15,29	18,77
Mg (%)	1,02	1,42	1,25	0,62	0,51
S (%)	0,28	0,31	0,25	0,34	0,34
C (%)	35,33	30,05	26,58	45,93	40,04
M.O. (%)	60,76	51,69	45,71	78,99	68,86
Relação C/N	24/1	20/1	20/1	22/1	24/1
Cu (Mg Kg ⁻¹)	89,00	136,50	111,00	37,25	29,00
Zn (Mg Kg ⁻¹)	183,25	232,75	174,00	119,00	111,00
Fe (Mg Kg ⁻¹)	21000,00	33000,00	24500,00	9000,00	5500,00
Mn (Mg Kg ⁻¹)	1429,00	2042,50	1617,50	175,25	129,25
B (Mg Kg ⁻¹)	73,24	107,44	100,58	16,43	14,40
Umidade (%)	55,09	49,51	51,97	58,96	54,01
pH	7,70	8,15	8,40	6,85	7,70

Para a caracterização final do composto obtido, foram coletadas amostras de todos os tratamentos e encaminhadas ao laboratório externo para análises, as quais estão apresentadas na tabela 8.

Tabela 8 Caracterização final dos tratamentos submetidos ao processo de compostagem

Elemento	Tratamentos				
	T1	T2	T3	T4	T5
N (%)	1,57 ab	1,20 a	0,97 c	1,93 a	1,71 a
P (%)	0,90 a	0,90 a	0,75 ab	0,67 b	0,63 b
K (%)	2,55 a	2,75 b	2,85 a	1,50 b	1,20 b
Ca (%)	15,33 a	15,25 a	16,00 a	17,25 a	19,29 a
Mg (%)	1,19 a	1,20 a	1,17 a	0,75 b	0,67 b
S (%)	0,35 a	0,36 a	0,40 a	0,43 a	0,42 a
C (%)	23,5 b	21,8 b	22,8 b	31,8 a	31,1 a
M.O. (%)	40,5 b	37,6 c	39,2 bc	54,7 a	53,5 a
Relação C/N	15/1 b	18/1 ab	23/1 a	16/1 b	18/1 ab
Cu (Mg Kg ⁻¹)	137 a	157,5 a	132,5 a	72,3 b	61 b
Zn (Mg Kg ⁻¹)	225,8 a	236,8 a	208,3 a	180,3 a	170,5 a
Fe (Mg Kg ⁻¹)	22000 ab	24000 ab	25000 a	14500 bc	10000 c
Mn (Mg Kg ⁻¹)	1750 a	1890 a	1850 a	345 b	301,5 b
B (Mg Kg ⁻¹)	102,4 a	115,7 a	119 a	40,5 b	34,9 b
Umidade (%)	33,20	36,15	34,50	31,30	28,40
pH	7,90	8,50	8,25	7,90	7,55

Letras iguais correspondem a médias iguais ao nível de 5% de significância de acordo com o teste de Fisher

SAGRILO *et al.* (2005) testaram composto orgânico proveniente processo de compostagem, através de resíduos provenientes do abate de animais de frigoríficos, resíduos do processamento de couro, resíduos vegetais, carvão de caldeiras, serragem, pó de basalto, fosforita e talco na cultura da mandioca. O composto apresentava a seguinte composição: 1,17% de N; 1,36% de P₂O₅; 0,12% de K₂O; 4,83% de Ca; 0,59% de Mg; 0,28% de S; 4,77% de Fe; 0,22% de Mn; 117,5 ppm de Cu; 122,5 ppm de Zn; 190,0 ppm de B; 0,45% de Na; 7,50 ppm de Co; 40,2% de umidade (65°C); 38,30% de M.O.; densidade de 0,53 g cm⁻³; relação C:N de 18,2; pH 8,6; 1,23% de Al; 0,23% de Cl. Alguns dados obtidos pelo autor estão próximos aos verificados neste trabalho e já outros bastante diferenciados.

Com relação à umidade do composto final obtido, os tratamentos 1, 2, 4 e 5 apresentaram valores considerados como bons, de acordo com KIEHL (1985), que interpreta como sendo uma faixa boa os valores entre 25 e 35% de umidade no composto curado. No caso do tratamento 2, este apresentou uma umidade indesejável, ou seja, maior que 35%. Já para a relação C/N, são consideradas as faixas entre 8 a 12 como ótimo, entre 12 a 18, bom e acima de 18, indesejável. Dessa forma, os tratamentos 1, 2, 4 e 5 apresentaram relação C/N boa, já o tratamento 3, apresentou uma relação C/N indesejável.

Também de acordo com KIEHL (1985), os fertilizantes orgânicos são fontes de nutrientes, tais como Nitrogênio, Fósforo e Enxofre, sendo que os teores de fósforo, em todos os tratamentos ficaram na faixa de valores considerados médios, assim como os teores de Magnésio e Enxofre. Já os teores de Cálcio, foram considerados altos em todos os tratamentos. O Potássio, considerado alto nos tratamentos 1, 2 e 3, tratamentos com adição de cinzas e médio nos tratamentos 4 e 5, sem a adição de cinzas.

Com relação aos teores de matéria orgânica, estes apresentaram redução durante o processo, ocasionada pelo processo de decomposição.

A perda de matéria orgânica no estudo realizado foi verificada comparando-se a caracterização inicial (Tabela 7) e a caracterização final dos tratamentos (Tabela 8).

Quanto à qualidade fertilizante do composto obtido, em estudo realizado por BUDZIAK *et al.* (2004), foi verificado que em geral o teor de matéria orgânica diminuiu com o tempo de compostagem, sugerindo a perda de CO₂ e CH₄ durante o processo.

Já, a utilização da cinza de caldeira elevou todos os teores de micro nutrientes das misturas, comprando-se a caracterização inicial com a caracterização final.

O tempo de compostagem nos diversos tratamentos foi de cerca 100 dias, obtendo-se um composto estabilizado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em razão dos inúmeros fatores envolvidos em um processo de compostagem de resíduos, a condução técnica do processo não é uma tarefa simples. Entre a preparação do material a ser compostado e a manutenção das condições ideais para o desenvolvimento do processo, encontram-se diversos parâmetros que devem ser controlados, a fim de que se tenha um composto com boa qualidade final, dentro do menor tempo possível.

Os tratamentos compostos com grandes quantidades de cinzas de caldeiras, T2 e T3, apresentaram as maiores densidades. Isso pode implicar em rejeições por conta dos produtores que compram o composto produzido pela cooperativa, já que estes compram o resíduo por peso. No entanto, ao se analisar o composto do ponto de vista de macro e micro nutrientes, observa-se um elevado potencial fertilizante, fator este que deve ser levado em conta pelos produtores rurais.

Do ponto de vista de geração de resíduos, ressalta-se que devido à diversidade de atividades desenvolvidas pela cooperativa, também é grande a diversidade de resíduos sólidos gerados em seus processos. Por causa desta grande diversidade e quantidade, o processo de compostagem se mostra como um meio eficiente e interessante para dar destinação aos resíduos gerados, pois o que era considerado como resíduo para o administrador da indústria, passa a ser considerado como matéria prima para a compostagem, transformando-a em um produto nobre, no ponto de vista de fertilização do solo.

Como propostas para melhorar e acelerar o processo de compostagem de resíduos desenvolvidos pela cooperativa, onde foi realizado o trabalho, propõe-se, como meio de acelerar o processo de compostagem desenvolvido através dos resíduos estudados e controlar o aumento das temperaturas, a intensificação dos revolvimentos das leiras, com pelo menos dois revolvimentos semanais na fase inicial do processo, injetando, assim, maior quantidade de ar nas pilhas e diminuindo a temperatura, principalmente nas misturas com maiores proporções de resíduos do incubatório e conteúdo ruminal de bovinos.

Propõe-se, também, uma melhoria na estrutura física da unidade de compostagem, de maneira a evitar a entrada de água das chuvas e diminuir a interferência desta na qualidade do composto, pois em caso de excesso de umidade nas leiras, pode ocorrer o processo de anaerobiose, além de um teor de água indesejável, após o composto estar pronto para carregamento. Deve-se ressaltar, ainda, que a chuva pode causar a lixiviação de nutrientes.

6 CONCLUSÃO

Com relação ao tempo para estabilização, em geral todos os tratamentos levaram cerca de 14 semanas.

A frequência de revolvimentos deve ser maior na fase inicial do processo.

Já, os resultados das temperaturas médias obtidas demonstram que os tratamentos T4 e T5 foram os que mantiveram as maiores temperaturas até a 14^a semana, quando comparados com os demais tratamentos. As maiores reduções de volume ocorreram nos tratamentos T1 e T4 com, respectivamente, 48,17% e 45,20%. As maiores reduções de peso ocorreram nos tratamentos T4 e T5 com 60,85% e 58,05%, respectivamente.

Com relação à qualidade do composto como fertilizante orgânico, os tratamentos T1, T4 e T5 apresentaram os melhores resultados com respeito aos índices de umidade, relação C/N e teores de macro nutrientes.

A utilização da cinza de caldeira apresentou resultados satisfatórios do ponto de vista de qualidade final do composto obtido, pois proporcionou a elevação de macro e micro nutrientes, sendo isso de fundamental importância para a adubação e condicionamento de solos.

Assim, os resultados obtidos permitem concluir que a compostagem é um sistema eficiente no tratamento de resíduos sólidos agroindustriais, promovendo o saneamento ambiental.

7 REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004. Resíduos Sólidos – Classificação**. SÃO PAULO, 2004.

AMORIM, A.C.; LUCAS, J.; RESENDE, K.T. **Compostagem e vermicompostagem de dejetos caprinos: efeitos das estações do ano**. Eng^a. Agríc., Jaboticabal, v.25, n.1, p.57-66, jan./abril.2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo>. Acesso em 18 de outubro de 2006.

ANDREOLI, C.V; BACKES, S.A.; CHERUBINI, C. **Avaliação do processo de compostagem utilizando podas verdes e resíduos do saneamento**. Anais FERTIBIO 2002. Rio de Janeiro, 2002. 5p.

BENITES, V. de M. **Produção de insumos agrícolas a partir de resíduos agroindustriais**. Fertbio, 2006. Bonito/MS.

BIDONE, F.R.A & POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos. EESC/USP, 1999. 120p.

BIDONE, F.R.A. **Resíduos Sólidos Provenientes de Coletas Especiais: Eliminação e Valorização**. Rio de Janeiro: ABES, 2001.

BUDZIAK, C. R., MAIA, C. M. B. F. & MANGRICH, A. S. **Transformações químicas da matéria orgânica durante a compostagem de resíduos da indústria madeireira**. *Quím. Nova.* maio/jun. 2004, vol.27, no.3. p.399-403. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo>. Acesso em 18 de outubro de 2006.

CORREIA, D.; ROSA, M. F.; NOROES, E. R. V. *et al.* **Uso do pó da casca de coco na formulação de substratos para formação de mudas enxertadas de cajueiro anão precoce**. *Rev. Bras. Frutic.*, Dez. 2003, vol.25, no.3, p.557-558. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbf/v25n3/18695.pdf>. Acesso em 25 de março de 2006.

COSTA, M. S. S. de M. **Caracterização dos dejetos de novilhos superprecoces: reciclagem energética de nutrientes**. Botucatu, 2005. 126p. Tese (Doutorado em Energia e Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista.

COSTA, M. S. S. de M., COSTA, L.A. de M., SESTAK, M. et al. **Compostagem de resíduos da indústria de desfibrilação de algodão**. *Eng. Agríc.*, May/Aug. 2005a, vol.25, no.2, p.540-548. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo>. Acesso em 13 de agosto de 2006.

COSTA, M.S.S. de M., COSTA, Luiz A. de M., et al. **Efeito da aeração no primeiro estágio da compostagem de carcaças de aves**. Eng^a Agrícola. Jaboticabal, v. 25, n. 2, 2005b. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo>. Acesso em 18 maio de 2007.

FEAM. **Como destinar resíduos sólidos urbanos**. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: FEAM, 2002. 45p.

FERNANDES, F. **Estabilização e higienização de biossólidos**. In: BETTIOL, W. & CAMARGO, O.A., eds. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p.45-67.

GIFFONI, P. O. & LANGE, L. C. **A utilização de borra de fosfato como matéria-prima alternativa para a fabricação de tijolos**. *Eng. Sanit. Ambient.* [online]. abr./jun. 2005, vol.10, no.2 [citado 14 Dezembro 2005], p.128-136. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo>. Acesso em 23 de março de 2007.

GOYAL. S. ,DHULL. S.K., KAPOOR K.K. **Chemical and biological changes during composting of different organic wastes and assessment of compost maturity**. Science Direct. Índia. 2005. 8p.

GOMES, W.R. & PACHECO, E. **Composto Orgânico**. Lavras: Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1988. 11p. Boletim Técnico, 11.

GORGATI, C. Q. **Fração orgânica de lixo urbano como substrato para biodigestor e como matéria prima para compostagem e vermicompostagem**. 1996. 79p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

IPT/CEMPRE. **Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado**. 1.ed. São Paulo: Instituto de Pesquisa Tecnológica/Ipt, 2000.

JAHNEL, M.C., MELLONI, C., ELKE, J.B.N. **Maturidade do composto de lixo urbano**. *Sciencia Agrícola*. 1999. v.56. p.301-304.

KIEHL, E.J.. **Fertilizantes Orgânicos**. 1 ed. São Paulo. Ceres. 1985. 492p.

LELIS, M.P.N. et al. **A influência da Umidade na velocidade de degradação e no Controle de Impactos ambientais da compostagem**. Congresso da ABES, 20. Rio de Janeiro/RJ. 1999. 10p.

LEITE, V. D; et al. **Processo de Tratamento Anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos urbanos e rurais**. *Eng^o Sanitária e Ambiental*. Vol.7. jan/març.2002.

LUCENA, M.V. & CHERNICHARO, C.A.L. **Avaliação experimental da compostagem de RSU submetidos a etapa prévia de tratamento anaeróbio**. 23^o Congresso da ABES. Campo Grande/MS. 2005. 09p.

MALHEIROS, S.M.P; PAULA, D.R. **Utilização de resíduos agroindustriais no processo de compostagem**. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Trabalhos técnicos. Rio de Janeiro, ABES, 1997.

MATOS, A.T. et al. **Compostagem de alguns resíduos orgânicos utilizando-se água residuária de suinocultura como fonte de nitrogênio**. *Revista Brasileira de Eng^a Agrícola e Ambiental*. v.2. n.2. p.199-203, 1998.

MATOS, A.T. **Tratamento de resíduos agroindustriais**. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Viçosa, 2005. 34p.

MORALES, M. M. **Avaliação dos resíduos sólidos e líquidos num sistema de abate de bovinos**. 2006. 73p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

MOTA, J.P; et al. **Contribuição para o estudo e avaliação da relação C/N na compostagem**. VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1-5 set.2002. Vitória/ES.

NUNES, R.V. **Aproveitamento de Resíduos de Incubatório e de Granja**. Congresso Nacional dos Estudantes de Zootecnia, 1998, Viçosa, MG. **Anais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1998. p.295-314.

OLIVEIRA, F.N.S *et al.* **Uso da Compostagem em Sistemas Agrícolas Orgânicos**. EMBRAPA Agroindústria Tropical. Fortaleza, 2004. Documentos, 89. 17p. Disponível em: http://www.cnpat.embrapa.br/publica/pub/SerDoc/doc_89.pdf. Acesso em 15 de março de 2006.

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

PEREIRA NETO, J.T. (1989). **Conceitos Modernos de Compostagem**. Engenharia Sanitária, v.28, n.3.

REIS, M.F.P., ESCOSTEGUY, P.V., SELBACH, P. **Teoria e Prática da Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos**. Passo Fundo, UPF, 2004.

SAGRILO, E; et al. **Aproveitamento agrícola de resíduos de frigorífico como fertilizante orgânico sólido para a cultura da mandioca**. XI congresso Brasileiro da Mandioca. CAMPO GRANDE/MS. 25 a 28 OUTUBRO de 2005.

SEVERINO, L.S. *et al.* **Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana**. Revista de Biologia e Ciências da Terra. V. 5. N^o1. 2004. 6p.

SILVA, C. D. da, COSTA, L. M., MATOS, A. T. de *et al.* **Vermicompostagem de lodo de esgoto urbano e bagaço de cana-de-açúcar**. Rev. bras. eng. agríc. ambient. set./dez. 2002, vol.6, no.3. Novembro 2005, p.487-491. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo>. Acesso m 21 de novembro de 2006.

STRAUS, E. L.; MENEZES L. V. T. **Minimização de Resíduos**. In: Anais do 17º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, p. 212 - 225, 1993.

UENO. T., et al. **Lactic acid production using two food processing wastes, canned pineapple syrup and grape invertase, as substrato e enzyme**. Biotechnology Letters..Japão. 2003. p.573-577.

VERAS, L.R.V & POVINELLI, J. **A vermicompostagem do lodo de lagoas de tratamento de efluentes industriais consorciada com composto de lixo urbano.** Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol. 9. Nº 3. jul/set 2004. 7p. Disponível em: <http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/engenharia/resaonline/v9n3/p218a224.pdf>. Acesso em 29 de maio de 2007.