



Universidade Estadual de Santa Cruz
Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente
Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente

**COMPOSTAGEM E VERMICOMPOSTAGEM DE BAGAÇO DE CANA-DE-
AÇÚCAR DA PRODUÇÃO DE CACHAÇA DE ALAMBIQUE, SALINAS-MG**

PRODEMA

JOSEFA NOELBA DE OLIVEIRA

Orientador: Prof. D.Sc. Paulo Hellmeister Filho
Co-orientador: Prof. M.Sc. Wesley Antunes Meireles

ILHÉUS – BAHIA
Abril/2010

JOSEFA NOELBA DE OLIVEIRA

**COMPOSTAGEM E VERMICOMPOSTAGEM DE BAGAÇO DE CANA-DE-
AÇÚCAR DA PRODUÇÃO DE CACHAÇA DE ALAMBIQUE, SALINAS-MG**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. D. Sc. Paulo Hellmeister Filho
Co-orientador: Prof. MSc. Wesley Antunes Meireles

ILHÉUS – BAHIA
Abril/2010

O48

Oliveira, Josefa Noelba de.

Compostagem e vermicompostagem de bagaço de cana-de-açúcar da produção de cachaça de alambique, Salinas, MG / Josefa Noelba de Oliveira. – Ilhéus, BA : UESC, 2010.

64f. : il.

Orientador : Paulo Hellmeister Filho.

Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Bibliografia: f. 60 - 64.

1. Bagaço de cana. 2. Composto (Fertilizante). 3. Vermicompostagem. 4. Cana-de-açúcar — Aspectos ambientais. I. Título.

CDD 633.61

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho envolveu a ajuda de diversas pessoas e instituições, às quais gostaria muito de agradecer:

Aos meus pais, José Pedro (*in memoriam*), que sempre nos ensinou que a educação e a perseverança são a base de tudo na vida e Maria Antônia, pelo incentivo e apoio, principalmente nos momentos mais difíceis;

Ao meu orientador, Paulo Hellmeister Filho, pelo estímulo, orientação e atenção;

Ao meu co-orientador Wesley Antunes pelo apoio e orientação, sempre presente no desenrolar dos trabalhos;

Aos professores doutores Raquel Maria de oliveira e Dan Eric Petit Lobão pelo apoio e participação da banca;

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais - Campus Salinas, pelo apoio e disponibilização de materiais e infraestrutura para a condução desta pesquisa;

Aos alunos da 1ª série do curso Técnico em agropecuária de 2009 que me acompanharam durante os experimentos;

Ao funcionário setor de Zootecnia I do Instituto Federal de Educação de Tecnologia, Edimar Cassiano, que contribui, diretamente, na condução dos experimentos;

A minha filha, Tâmara Jayane, pelo apoio, incentivo e paciência em todo o processo do mestrado;

A alguém muito especial que foi o meu porto seguro em épocas difíceis desse projeto;

Aos que, embora não citados, contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

*Aos meus pais, José Pedro (in memorian)
e Maria Antônia, exemplos de vida e de união
que através do amor e da dedicação me
ensinaram os valores da vida.*

MINHA HOMENAGEM

*À minha filha Tâmara, com sua imensa
doçura, amor e paciência, sempre esteve
ao meu lado, me incentivando e me apoiando.*

DEDICO

Lista de figuras

	Página
Figura 1 - Mudanças ocorrentes nos principais parâmetros de controle durante as fases de compostagem	12
Figura 2 - Curva padrão de variação de temperatura durante o processo de compostagem	17
Figura 3 - Variação do pH com o tempo de compostagem.	20
Figura 4- Localização da Área em Estudo	28
Figura 5 - Mapa da cidade de salinas com destaque para o IFNMG- campus Salinas	29
Figura 6- Galpão onde foi desenvolvido o experimento	30
Figura 7 - Pilhas montadas no experimento de compostagem	32
Figura 8 - Pilhas montadas no experimento de compostagem	32
Figura 9 – Controle de temperatura no experimento de compostagem	33
Figura 10 - Pilhas montadas no experimento de compostagem: Reviramento das leiras	34
Figura 11 - Experimento de vermicompostagem	36
Figura 12 - Temperaturas nas leiras de compostagem	41
Figura 13 – Índice de pH na etapa de compostagem	47
Figura 14 - Peso das minhocas na etapa de vermicompostagem	49

Lista de tabelas	Página
Tabela 1 – Contribuições do composto orgânico na agricultura	13
Tabela 2 - Características de alguns vermicompostos	26
Tabela 3 - Codisposições iniciais das pilhas de compostagem	31
Tabela 4 - Codisposições dos vasos de vermicompostagem	36
Tabela 5 - Temperatura e intervalo de tempo necessário para destruir os tipos mais comuns de microrganismos e parasitas ocasionalmente presentes em resíduos orgânicos	44
Tabela 6 - Requisitos de tempo e temperatura fixados em vários países para garantir a qualidade sanitária do composto.	45
Tabela 7 - Valores de pH observados na Compostagem	46
Tabela 8 - Relação Carbono/Nitrogênio Compostagem	48
Tabela 9 – Resultados analíticos físicos do material vermicompostado	52
Tabela 10 - Parâmetros físico-químicos dos vermicompostos e legislação vigente	51
Tabela 11 - Parâmetros comparativos (físicos e químicos) dos nutrientes estudados	53
Tabela 12 - Condutividade elétrica, salinidade e relação C/N	56

SUMÁRIO

	Página
Resumo	i
Abstract	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	
2.1 Objetivo Geral	3
2.2 Objetivos específicos	3
3 REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1 Cana-de-açúcar	4
3.2 Resíduos Agroindustriais	5
3.3 Bagaço de cana-de-açúcar	8
3.4 Compostagem	9
3.5 Vermicompostagem	21
4 METODOLOGIA	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
6. CONCLUSÃO	57
7 REFERÊNCIAS.....	58

RESUMO

Salinas, está localizada no Norte de Minas Gerais, e destaca-se pelo grande potencial na produção de cachaça que possui no bagaço da cana-de-açúcar seu principal co-produto. O excedente desse co-produto constitui fonte de preocupação por tomar espaço e poluir o ambiente, além de conter alto teor de açúcar residual, um constituinte altamente susceptível ao ataque de microrganismos. Diante desse panorama, o presente trabalho objetivou, através de experimentos, avaliar a potencialidade da utilização desse co-produto como substrato para atividades de compostagem e vermicompostagem, processos que tornam a matéria orgânica mais estável, buscando minimizar impacto ambiental e otimizar o aproveitamento do mesmo. O experimento foi realizado nas dependências do setor de Zootecnia I do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais – Campus Salinas, utilizando bagaço de cana-de-açúcar de duas formas: bagaço “*in natura*” da forma que sai das moendas e triturado onde foi avaliado tempo de compostagem e vermicompostagem e composição físico-química. Como fonte de nitrogênio para o composto foi utilizado o esterco bovino, em quantidade pré-estabelecida, e para manutenção da umidade em torno de 65% foi utilizado rega semanal com água. O processamento de compostagem empregado foi o de reviramento ou “Windrow”. A temperatura foi monitorada diariamente nos primeiros dez dias e a cada três dias até que a mesma apresentasse estabilizada o que ocorreu no trigésimo dia. Foi realizada análise dos compostos em várias etapas do processo e no do vermicomposto no final do processo para verificação da composição físico-química. Os resultados mostraram que é possível a utilização do bagaço na compostagem e vermicompostagem, sendo a forma triturada e com 75% de esterco a que mostrou melhor resultado. O trabalho mostrou que é viável a utilização do bagaço de cana-de-açúcar para os processos de compostagem e vermicompostagem.

PALAVRAS CHAVE: Composto, vermicomposto, bagaço de cana-de-açúcar.

ABSTRACT

Salinas, is located in north of Minas Gerais, and stands by the great potential in the production of cachaça you have on the cane sugar its principal co-product. The surplus of this co-product is a source of concern by taking space and pollute the environment, and contain high levels of residual sugar, a constituent highly susceptible to attack by microorganisms. Against this background, this study aimed, through experiments, to evaluate the potential of using this co-product as substrate for vermicomposting and composting activities, processes that make it more stable organic matter in order to minimize environmental impact and optimize the utilization of the same. The experiment was conducted on the premises of the sector Zootecnia I of the Federal Institute of Education, Science and Technology of north of Minas Gerais - Campus Salinas, using bagasse of cane-sugar in two ways: marc "in nature" as it emerges from the millings and crushed which assessed time composting and vermicomposting and physico-chemical composition. As nitrogen source for compost manure was used in pre-established amount, and for maintenance of humidity around 65% was used weekly irrigation with water. The composting process was employed reconsiderations or "windrow". The temperature was monitored daily in the first ten days, and every three days until it stabilized produce what occurred on the thirtieth day. Was accomplished analysis of compounds in various stages of the process and in the humus at the end of the process for verifying the physical and chemical composition. The results showed that it is possible use the bagasse to composting and vermicomposting, and the form and crushed with 75% manure, which showed the best result. The work showed that it is feasible to use bagasse, cane sugar for the processes of composting and vermicomposting.

KEYWORDS: Composite, vermicompost, bagasse of cane sugar.

INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial gerou fortes pressões sobre os setores industrial e agropecuário, forçando-os a produzir cada vez mais para atender à crescente demanda, esse crescimento veio acompanhado da geração de uma grande quantidade de resíduo sem que houvesse, no entanto, maiores cuidados com sua destinação correta.

Um dos setores que registrou grande crescimento foi o da produção de cana-de-açúcar. A produção nacional de cana-de-açúcar na safra 2007/2008, segundo levantamento da CONAB (2007) foi de 549,90 milhões de toneladas.

A importância da cana-de-açúcar é devida à sua múltipla utilidade, podendo ser empregada "*in natura*", sob a forma de forragem, para alimentação animal, ou como matéria-prima para a fabricação de rapadura, melado, aguardente, açúcar e álcool.

A indústria de aguardente de cana-de-açúcar tem mostrado um crescimento acentuado nas últimas décadas, e esse crescimento vem acompanhado da geração de grandes quantidades de resíduos, doravante denominados co-produtos, como o bagaço.

O bagaço é um co-produto fibroso resultante da extração do caldo da cana pelas moendas. Ao sair da moenda, o bagaço tem aproximadamente 30% da massa da cana e uma umidade em torno de 50% totalizando a quantidade de 131,98 milhões de toneladas na última safra. Em Minas Gerais só na safra de 2004/2005 totalizou aproximadamente 6,2 milhões de toneladas (IBGE, 2005).

Cerca de 60% desse bagaço resultante das moendas é utilizado nas fornalhas para produção de calor, restando, portanto, 40% encontram-se subutilizados, sendo assim de grande disponibilidade.

Segundo Evangelista et al. (2004), o bagaço resultante da exploração da cana e que não foi utilizado para produção de calor fica armazenado por um período, no pátio das indústrias ou em algum lugar da propriedade, o que acarreta alterações físico-químicas, principalmente pela atuação microbiana.

Outro fator importante e de relevância é o fato de que o excedente desse resíduo quando jogado ao solo sem prévio tratamento constitui fonte de preocupação por tomar espaço e poluir além de conter segundo Barcelos e Resende (2002) alto teor de açúcar residual, um constituinte altamente susceptível ao ataque de microrganismos. Contém ainda grande quantidade de constituintes resistentes à decomposição, tais como celulose (50%), hemicelulose (28%) e lignina (10%), de forma que a sua decomposição em condições naturais é lenta.

Uma forma de otimização do sistema produtivo é buscar alternativas que o tornem sustentável, para tanto, é necessário considerar o aproveitamento do bagaço, destinando-o a produção de composto e vermicomposto, que poderão apresentar-se como estratégias importantes e de custo mínimo para as propriedades rurais que poderão diminuir seus custos operacionais e ambientais e ganhar produtividade nas lavouras.

O composto é resultante de um processo controlado de decomposição bioquímica de materiais orgânicos, sendo um produto mais estável e utilizado como fertilizante.

Com relação ao processo de vermicompostagem, o produto final pode ser definido como adubo orgânico, obtido com o uso de substratos de origem animal e/ou vegetal, pré-compostados e, posteriormente, processados por minhocas.

Diante desse panorama o presente trabalho objetivou buscar um destino ambientalmente correto e sustentável para os 40% de bagaço de cana-de-açúcar excedente da fabricação de cachaça de alambique na região de Salinas-MG.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar e analisar alguns parâmetros físico-químicos de qualidade do processo de compostagem e vermicompostagem de bagaço de cana-de-açúcar oriundo da fabricação de cachaça de alambique da região de Salinas-MG.

Disponibilizar uma forma precisa de otimização do sistema produtivo com uma alternativa sustentável de aproveitamento do bagaço da cana.

Para realização do objetivo principal do trabalho, foram traçados os objetivos específicos listados abaixo:

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar proporções de bagaço de cana-de-açúcar e esterco bovino para compostagem e vermicompostagem;
- Avaliar duas granulometrias de bagaço de cana-de-açúcar para compostagem e vermicompostagem;
- Avaliar tempo de processamento para a compostagem e vermicompostagem utilizando o bagaço de cana-de-açúcar;
- Verificar através de análise a composição físico-química do composto e vermicomposto de bagaço de cana-de-açúcar;

- Analisar as diferenças entre os parâmetros físico-químicos dos diferentes tratamentos de compostagem e vermicompostagem.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar, é uma planta pertencente a família das gramíneas, originária da Ásia, onde teve registrado seu cultivo desde os tempos mais remotos da história (SILVA, 2001).

Trazida ao Brasil em 1532 por Martin Afonso de Souza. A cana-de-açúcar passou a ter significativa importância para o país. Inicialmente seu principal pólo de produção era a Zona da Mata Nordestina, tendo depois se expandido pela região sudeste, notadamente no estado de São Paulo (KAWABATA, 2008).

A cana-de-açúcar é plantada em vários estados brasileiros, estimando-se em 5,5 milhões de hectares a área colhida em 2004 (UNICA, 2004). Cerca de 85% da produção brasileira concentra-se nas regiões Centro Oeste, Sul e Sudeste, sendo os 15% restantes produzidos no Norte e no Nordeste. São Paulo é o maior produtor nacional, com cerca de 60% da produção, sendo Alagoas o segundo maior produtor nacional (8% da moagem na safra 2003/2004).

A produção nacional da cana-de-açúcar na safra 2007/2008, segundo levantamento da CONAB (2007) foi de 549,90 milhões de toneladas, superior em 15% da safra passada.

A importância da cana de açúcar pode ser atribuída à sua múltipla utilização, podendo ser empregada in natura, sob a forma de forragem, para alimentação animal, ou como matéria prima para a fabricação de rapadura, melado, aguardente, açúcar e álcool e na produção de energia elétrica através da queima do bagaço proveniente do processo de extração do caldo (KAWABATA, 2008).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, ela é cultivada em países tropicais e subtropicais para obtenção do açúcar, do álcool e da aguardente. Entretanto, depois de transformada em produto, a cana-de-açúcar também gera resíduos, que em geral é o bagaço, a vinhaça ou vinhoto, torta de filtros (resíduo da filtragem do caldo de cana) e a cinza do bagaço (produzida pela queima do bagaço).

3. 2 Resíduos Agroindustriais

A geração de resíduos é uma questão de enorme importância nas sociedades modernas, devido ao seu grande impacto de natureza econômica e ambiental. Resíduo pode ser definido como sendo tudo aquilo que não é aproveitado nas atividades humanas, podendo ser de origem industrial, comercial ou residencial.

Segundo a norma brasileira NBR 10004, de 1987 – Resíduos sólidos – Classificação, (ABNT, 1987) resíduos sólidos são:

... aqueles resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviáveis seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isto soluções técnicas e economicamente inviáveis em face a melhor tecnologia disponível.

Essa definição torna evidente a diversidade e complexidade dos resíduos sólidos.

Consoante as suas características e origens, existem vários tipos de resíduos. Quanto à sua origem (tipo de atividades que os produz), os resíduos poderão ser agrupados nas seguintes categorias principais:

- Resíduos urbanos
- Resíduos hospitalares
- Resíduos industriais

Quanto às suas características físicas e químicas, os resíduos podem ser agrupados nas seguintes categorias principais:

- Resíduos perigosos
- Resíduos não perigosos
- Resíduos inertes
- Resíduos biodegradáveis
- Resíduos líquidos

A geração de resíduos na agroindústria (aqui incluídos os gerados no beneficiamento de produtos agropecuários) é, marcadamente, sazonal, uma vez que a matéria-prima é de produção irregular no ano. Por essa razão, diz-se que existe alta instabilidade do volume produzido de resíduos agroindustriais (MATOS, 2005).

Ainda segundo Matos (2005), as usinas açucareiras e destilarias produzem, como um dos resíduos sólido, o bagaço de cana (resíduo da moagem da cana-de-açúcar). O processamento de 1000 toneladas de cana rende, nas usinas açucareiras, em média, 280 toneladas de bagaço.

As atividades agropecuárias e de processamento de produtos agropecuários têm proporcionado sérios problemas de poluição no solo, em águas superficiais e em águas subterrâneas. Como os resíduos de atividades agroindustriais (aí incluídas atividades agropecuárias) apresentam, em geral, grande concentração de material orgânico, o seu lançamento em corpos hídricos pode proporcionar grande decréscimo na concentração de oxigênio

dissolvido nesse meio, cuja magnitude depende da concentração de carga orgânica e da quantidade lançada, além da vazão do curso d'água receptor.

Segundo Fialho (2007), após a aplicação no solo de resíduos frescos ou compostos imaturos (ainda não estabilizados) ocorre uma rápida decomposição que pode gerar alta concentração de CO₂, baixos níveis de O₂, o qual pode levar à deficiência de O₂ na rizosfera e, conseqüentemente, condições anaeróbicas e redutoras do solo. A alta atividade microbiana também pode promover a degradação da matéria orgânica inerente ao solo. O N inorgânico pode ser imobilizado através da sua incorporação nas células microbianas tornando-se temporariamente indisponível para as plantas.

Produtos intermediários da degradação da matéria orgânica, como ácidos voláteis, álcoois e fenóis, são tóxicos para as plantas e as condições redutoras podem solubilizar metais tóxicos no solo (BERNAL et al., 1998a; BERNAL et al., 1998b; RIVERO et al., 2004, citado por FIALHO, 2007).

Além da possível contaminação direta, os maiores impactos provocados por resíduos sólidos orgânicos são decorrentes da fermentação do material, quando pode ocorrer a formação de ácidos orgânicos (“chorume” – líquido de elevada DBO formado com a degradação do material orgânico e a lixiviação de substâncias tóxicas) com geração de maus odores e diminuição do oxigênio dissolvido em águas superficiais. A produção de gases fétidos provoca desconforto aos seres humanos e animais, além de poder atrair vetores de doenças. O material orgânico é, também, habitat para proliferação de micro (bactérias, fungos, vírus, protozoários, etc.) e macrovetores (moscas, mosquitos, baratas e ratos) (MATOS *et al.*, 2005).

Segundo Cunha Queda e Almeida Duarte (2004) resíduos biodegradáveis são definidos como sendo resíduos cuja composição é maioritariamente orgânica e que podem ser degradados por processos bioenergéticos aeróbios ou anaeróbios. Abrangendo esta definição outros tipos de resíduos biodegradáveis que não sejam apenas de origem urbana, como por exemplo, os resíduos agrícolas, florestais agroindustriais, pecuárias, pesca,

aquicultura, e relacionados, excluindo os resíduos de plásticos, de embalagens, de produtos fitofarmacêuticos, de produtos de limpeza e desinfecção, de medicamentos veterinários, de embalagens de madeira entre outros.

A utilização de resíduos da indústria, já é rotina em muitas regiões canavieiras do país, com aumentos notórios na produção de cana-de-açúcar (FILHO et al., 1983 citado por BELAI, 2006).

A utilização de resíduos no solo, portanto, deve ser conduzida no sentido não só de eliminar sua nocividade, mas também de tornar atraente o seu uso, quer como fonte de nutrientes às culturas, quer como condicionadores do solo (GLÒRIA, 1992, citado por BELAI, 2006).

3.3 Bagaço de Cana-de-açúcar

O bagaço é resultante da extração do caldo da cana-de-açúcar pelas moendas, e é caracterizado como um subproduto com altos teores de parede celular, baixa densidade energética e pobre em proteínas e minerais (PIRES et al., 2004 citado por KAWABATA, 2008). Em Minas Gerais só na safra de 2004/2005 totalizou aproximadamente 6,2 milhões de toneladas (IBGE, 2005).

O bagaço de cana-de-açúcar “in natura” é composto por 45% de fibras lignocelulósicas, 50% de umidade e 2 a 3% de sólidos solúveis em água. Quimicamente constitui-se de 41% de celulose, 25% de hemicelulose e 20% de lignina, aproximadamente, com base na massa seca de bagaço (KAWABATA, 2008).

O bagaço é um subproduto no qual ficam apenas alguns constituintes do material original e, no caso da cana, resta fibra e alguma quantidade de açúcar.

O bagaço resultante da exploração de cana pode ser queimado para o processo de produção de calor nas caldeiras, mas não substitui 100% da lenha e acaba sobrando de 37 a 50 Kg por tonelada de cana moída. A sobra de

bagaço é preocupante, pois toma espaço e polui devendo ser encontrada uma forma de utilizá-lo. Nas grandes destilarias, o bagaço prensado tem sido comercializado até para a fabricação de conglomerados (CARDOSO, 2006).

Cerca de 60% desse bagaço resultante das moendas é utilizado nas fornalhas para produção de calor, restando, portanto, 40% de bagaços subutilizados, sendo assim de grande disponibilidade. (STUPIELLO, 1997).

O bagaço de cana hoje tem sido alvo de vários estudos visando seu potencial energético no que diz respeito à geração de energia elétrica, porém, seu uso não está restrito a esse fim (SILVA et al, 2007)

Devido à grande quantidade produzida e a suas características físicas e químicas, esse material encontra um vasto campo de utilização, dentre eles a produção de ração animal (EVANGELISTA, 2004), na indústria química, na fabricação de papel, papelão e aglomerados, como material alternativo na construção civil (KAWABATA, 2008), e na produção de biomassa microbiana. Além de tudo isso, estudos têm sido realizados utilizando o bagaço de cana como biomassa adsorvente de contaminantes orgânicos com resultados satisfatórios (SANTOS, 2005).

3.4 Compostagem

A compostagem não é uma prática recente. Um dos primeiros registros da aplicação desta técnica na agricultura data do período do Império de Akkad, na Mesopotâmia, há cerca de 4500 anos atrás. Desde então várias civilizações, incluindo chineses, egípcios, gregos e romanos, amontoavam em pilhas a matéria vegetal, estrume, restos de comida e outros tipos de resíduos orgânicos e, os deixavam decompor e estabilizar até estarem prontos para serem devolvidos ao solo.

No entanto, após a II Guerra Mundial, a crescente utilização de fertilizantes químicos aumentou e os métodos tradicionais de fertilização caíram em desuso (ALMEIDA *et al.*, 2005). A compostagem é uma tecnologia

adequada ao tratamento, à reciclagem e à valorização de biomassas como, por exemplo, a fração orgânica de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), resíduos orgânicos de origem agropecuária, agroindustrial e florestal, assumindo cada vez mais importância em virtude da produção de resíduos ter aumentado nos últimos anos (CUNHA QUEDA, 1999).

Mesmo praticada pelo homem desde a história antiga, até recentemente, ela ocorria de forma empírica. No entanto, só a partir de 1920, com Albert Howard, é que o processo passou a ser pesquisado cientificamente e realizado de forma racional (FERNANDES, 1999). Nas décadas seguintes, muitos trabalhos científicos lançaram as bases para o desenvolvimento dessa técnica, que hoje pode ser utilizada em escala industrial.

A compostagem é uma metodologia que vem sendo aprimorada pelo homem com o objetivo de se obter condições adequadas para que o processo de biodegradação da matéria orgânica putrescível ocorra de forma dinâmica e eficiente.

Podendo ser definida como um processo biológico de biodegradação e biossíntese aeróbio de biomoléculas orgânicas com produção de gás carbônico, água e biomoléculas que farão parte da constituição dos novos organismos e de produtos de seu metabolismo (MELO et al., 2007).

Segundo Kiehl (1985), o termo compostagem indica a ação ou o ato de preparar adubo ou fertilizante que recebe o nome de composto orgânico. É uma técnica utilizada para se obter mais rapidamente a estabilização da matéria orgânica ou humificação. Na natureza esse processo de decomposição, em condições normais, ocorre em tempo indeterminado.

No tocante a aspectos sanitários, Pereira Neto (1994) cita que a compostagem tem grande importância para o tratamento de resíduos, por atender a todas as prerrogativas ambientais, como: contribuir para evitar os aspectos estéticos desagradáveis da presença de resíduos no ambiente; absorver qualquer tipo de resíduo orgânico sólido produzido pela sociedade;

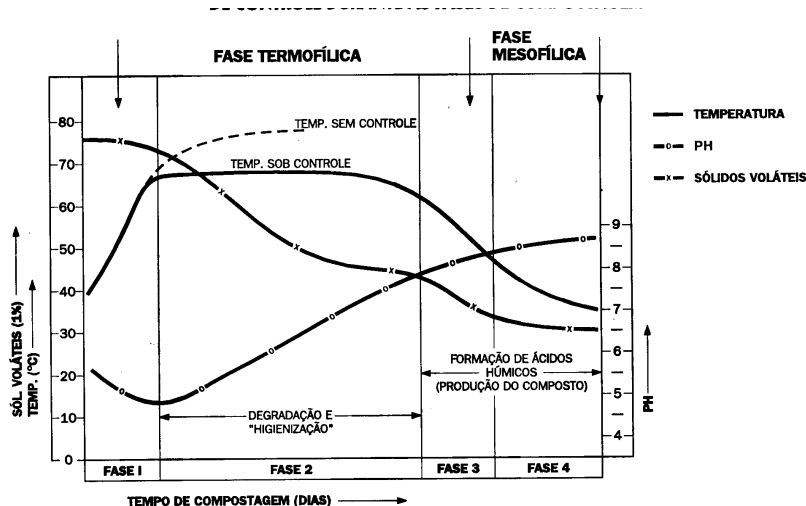
reciclar nutrientes e energia, contribuindo para a economia dos recursos naturais; não exigir mão-de-obra especializada; requerer pouca energia externa e instalações simples e baratas; ter baixo custo e ser aplicável a qualquer escala operacional, além de produzir um fertilizante de grande aplicabilidade para a agricultura.

Trata-se de um processo aeróbio controlado, em que diversos microrganismos são responsáveis, numa primeira fase, por transformações bioquímicas na massa de resíduos, nessa fase ocorre a higienização do material, ou seja, organismos patogênicos, ovos de helmintos e outros agentes causadores ou transmissores de doenças são eliminados, tornando mais seguro o uso do composto.

À medida que o processo de compostagem se inicia, há proliferação de populações complexas de diversos grupos de microrganismos (bactérias, fungos e actinomicetos), que vão se sucedendo de acordo com as características do meio. De acordo com suas temperaturas ótimas, esses microrganismos são classificados em psicrófilos (0 – 20°C), mesófilos (15 – 43°C) e termófilos (40 – 85°C) (PROSAB, 1999)

De acordo com o Manual Prático para a Compostagem de biossólidos (PROSAB, 1999), as reações bioquímicas de degradação da matéria orgânica processam-se em ambiente predominantemente termofílico, também chamada de fase de maturação, que dura cerca de 25 a 30 dias. A fase de humificação em leiras de compostagem, processa-se entre 30 e 60 dias, dependendo da temperatura, umidade, composição da matéria orgânica (concentração de nutrientes) e condições de arejamento.

Após a fase termofílica, por volta dos 40 dias de compostagem (Figura 1) a temperatura volta a se equilibrar com a temperatura ambiente e o processo atinge a chamada fase de maturação ou cura, em que ocorrem reações que levam a humificação do produto (Pereira neto & Stentiford,1992 citado por Melo et al., 2007).



FASE 1 – AQUECIMENTO
 FASE 2 – FASE ATIVA DE DEGRADAÇÃO
 FASE 3 – FASE DE RESFRIAMENTO
 FASE 4 – MATURAÇÃO (OU CURA)

Fonte: PEREIRA NETO (1996) citado por SUSZEK (2005).

Figura 1 - Mudanças ocorrentes nos principais parâmetros de controle durante as fases de compostagem.

Para a preparação do composto são necessários dois tipos de material: os que se decompõem facilmente, como o esterco, e os materiais que se decompõem de forma mais lenta, como serragem de madeira, bagaço de cana-de-açúcar, folhas etc.

O composto pode ser produzido de maneira simples, em processos denominados de sistemas abertos, onde a aeração é promovida pelo revolvimento do material em compostagem, ou em processos mais sofisticados, denominados de sistemas fechados, em que o controle da oxigenação é feito por meio de circulação forçada de ar (MELO et al., 2007).

Segundo Kiehl (1985) o tempo necessário para promover a compostagem de resíduos orgânicos depende da relação C/N

(Carbono/Nitrogênio), do teor de nitrogênio da matéria prima, das dimensões das partículas, da aeração da meda ou leira e do número e da frequência dos revolvimentos. A decomposição da matéria orgânica, sob condições ótimas de umidade, aeração e temperatura, é rápida e resulta em um produto com boas características químicas, podendo ser usado na agricultura e em jardinagem (TEIXEIRA et al., 2004).

Os materiais orgânicos com relação C/N menor decompõem-se mais rapidamente do que aqueles onde essa relação é maior. Na literatura, é recomendado que a relação inicial seja de cerca de 30/1. Quando a relação é muito superior a 30/1 o crescimento dos microrganismos é retardado pela falta de nitrogênio, conseqüentemente, a degradação da massa de compostagem é mais demorada. Se por outro lado, a relação C/N for muito baixa, o excesso de nitrogênio acelera o processo de decomposição e cria áreas anaeróbias no sistema. O excesso de nitrogênio é liberado na forma de amônia, causando maus odores, além de perda de nitrogênio (TEIXEIRA et al., 2004).

O produto final da compostagem, ou seja, o composto orgânico é reconhecidamente um excelente condicionador para o solo, podendo proporcionar melhorias em suas propriedades físicas, aumentando a capacidade de retenção de água e a macroporosidade; nas químicas, aumentando a disponibilidade de macro e micronutrientes; físico-químicas, aumentando a capacidade de troca catiônica e, nas biológicas, estimulando a proliferação de microrganismos úteis, agindo no controle de fitopatógenos (FEBRER, 2002).

TABELA 1 – Contribuições do composto orgânico na agricultura.

CONTRIBUIÇÃO	AÇÃO
Agregação e estruturação do solo	Funciona como um agente cimentante
Melhoria da porosidade do solo	redução dos riscos de erosão hídrica; melhor aeração; melhor controle da temperatura do meio.
Aumenta a consistência do solo	Torna-o menos denso, mais friável e menos plástico e pegajoso.
Aumenta a capacidade de troca iônica	Absorção de cátions e ânions existentes no solo.
Quelação de metais	captura de micronutrientes disponíveis no

	solo
Poder tampão	Auxilia na resistência natural do solo às mudanças bruscas de reação pela quantidade de colóides e húmus presente no composto.

Fonte: KIEHL, 1985; LIMA, 1995; RICHARD, 2002, citados por DALPIAN, 2004.

Os principais fatores que influenciam o processo de compostagem são os que afetam direta ou indiretamente o metabolismo dos microrganismos que são responsáveis pela decomposição dos resíduos e sua transformação em composto (CUNHA QUEDA, 1999).

Sendo um processo biológico, os fatores mais importantes que influenciam na degradação da matéria orgânica são a aeração, os nutrientes e a umidade.

Em relação ao substrato, os fatores que influenciam o processo de compostagem são: natureza do substrato, conforme seja de origem agrícola, florestal, urbana, industrial; tamanho das partículas, o tamanho ideal é de 1 a 5 cm, uma vez que, quanto menor o tamanho, maior facilidade para o ataque microbiano e maior velocidade de transformação (COSTA *et al.*, 1991); a composição dos materiais e a quantidade de nutrientes pode ser um fator que limita o crescimento e o desenvolvimento dos microrganismos que intervêm no processo de compostagem (COSTA *et al.*, 1991).

É necessário, portanto, que haja um equilíbrio dos macronutrientes como seja o carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio (CUNHA QUEDA, 1999). Os micronutrientes essenciais para o metabolismo dos microrganismos encontram-se, geralmente, em quantidades suficientes nos materiais orgânicos originais utilizados na compostagem (BRITO, 2005).

3.4.1 Parâmetros físico-químicos fundamentais no processo de Compostagem

3.4.1.1 Aeração

O arejamento da pilha favorece a oxigenação e a secagem no seu interior, isto é, fornece o oxigênio para a atividade biológica, remove umidade da massa em compostagem e remove calor, diminuindo a temperatura da massa (PEREIRA NETO, 1989).

Sendo a compostagem um processo aeróbio, o fornecimento de ar é vital à atividade microbiana, pois os microrganismos aeróbios têm necessidade de O₂ para oxidar a matéria orgânica que lhes serve de alimento.

Segundo Haug (1993) citado por Brito (2008), o oxigênio é necessário para os microrganismos obterem energia resultante da oxidação do carbono orgânico, o qual, posteriormente, liberta-se como carbono inorgânico, na forma de dióxido de carbono. A falta de oxigênio causa um ambiente redutor resultando em compostos incompletamente oxidados.

Durante a compostagem, a demanda por O₂ pode ser bastante elevada e a falta deste elemento pode se tornar em fator limitante para a atividade microbiana e prolongar o ciclo de compostagem.

A circulação de ar na massa do composto é, portanto, de importância primordial para a compostagem rápida e eficiente. Esta circulação depende da estrutura e umidade da massa e também da tecnologia de compostagem utilizada.

A aeração também influi na velocidade de oxidação do material orgânico e na diminuição da emanção de odores, pois quando há falta de aeração o sistema pode tornar-se anaeróbio.

Apesar de 21% do ar atmosfera ser oxigênio, os micróbios aeróbios conseguem sobreviver em atmosferas com 5% de oxigênio. No entanto, abaixo de 10% de oxigênio, este elemento poderá ser limitante. Quando o nível de oxigênio fica abaixo de 5%, criam-se zonas de anaerobiose. Se a atividade anaeróbia não for excessiva, a pilha de compostagem funcionará como um filtro que impedirá a libertação dos gases com maus odores que posteriormente serão degradados no seu interior. Se a atividade anaeróbia for intensa

resultarão cheiros desagradáveis que não devem acontecer se o processo de compostagem for bem conduzido. Se o composto começar a cheirar mal é provável que a leira esteja muito molhada e que necessite de arejamento ou de um material poroso, a exemplo da casca de arroz, para reduzir o teor de umidade (SILVA, 2000).

Seja qual for a tecnologia utilizada, a aeração da mistura é fundamental no período inicial da compostagem, na fase de degradação rápida, onde a atividade microbiana é intensa.

Na fase seguinte, a maturação, a atividade microbiana é pouco intensa, logo a necessidade de aeração é bem menor.

3.4..1.2. Temperatura

A compostagem aeróbia pode ocorrer tanto em regiões de temperatura termofílica (45 a 85°C) como mesofílica (25 a 43°C).

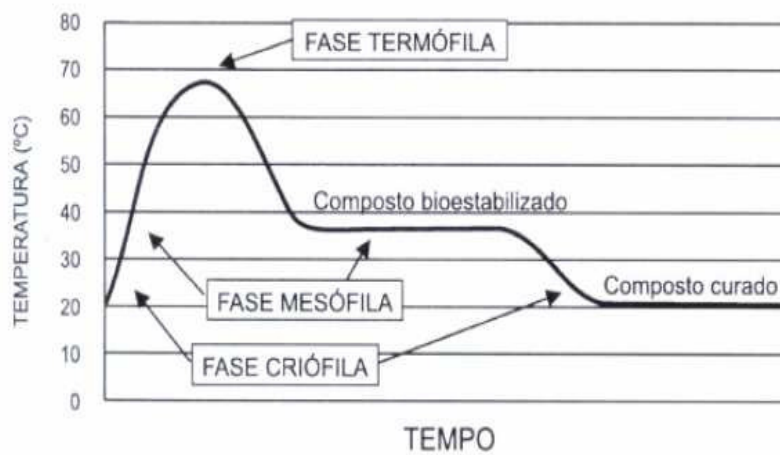
Embora a elevação da temperatura seja necessária e interessante para a eliminação de microrganismos patogênicos, alguns pesquisadores observaram que a ação dos microrganismos sobre a matéria orgânica aumenta com a elevação da temperatura até 65°C e que acima deste valor o calor limita as populações aptas, havendo um decréscimo da atividade biológica.

A temperatura é um fator indicativo do equilíbrio biológico, de fácil monitoramento e que reflete a eficiência do processo. Se a leira, em compostagem, registrar temperatura da ordem de 40-60°C no segundo ou terceiro dia é sinal que o ecossistema está bem equilibrado e que a compostagem tem todas as chances de ser bem sucedida. Caso contrário é sinal de que algum ou alguns parâmetros físico-químicos (pH, relação C/N, umidade) não estão sendo respeitados, limitando assim a atividade microbiana.

Depois de iniciada a fase termófila (em torno de 45°C), o ideal é controlar a temperatura entre 55 e 65 °C. Esta é a faixa que permite a máxima

intensidade de atividade microbológica. Acima de 65°C a atividade microbológica cai e o ciclo de compostagem fica mais longo.

Atualmente, a aeração também é usada como meio de controlar a temperatura. Em certos casos o insuflamento de ar comprimido na massa do composto pode ser de 5 a 10 vezes maior do que o estritamente necessário à respiração microbiana, tendo assim a função de dissipar o calor liberado no processo.



Fonte: KIEHL (2001)

Figura 2 - Curva padrão de variação de temperatura durante o processo de compostagem

3.4.1.3 Umidade

A água é fundamental para a vida microbiana. No composto, o teor ótimo de umidade, de modo geral, situa-se entre 50 e 60%. O ajuste da umidade pode ser feito pela criteriosa mistura de componentes ou pela adição de água.

Na prática se verifica que o teor de umidade depende também da eficácia da aeração, das características físicas dos resíduos (estrutura, porosidade). Elevados teores de umidade (>65%) fazem com que a água ocupe os espaços vazios do meio, impedindo a livre passagem do oxigênio, o que poderá provocar aparecimento de zonas de anaerobiose. Se o teor de

umidade de uma mistura é inferior a 40% a atividade biológica é inibida, bem como a velocidade de biodegradação.

Porém, como há perdas de água devido à aeração, em geral, o teor de umidade do composto tende a diminuir ao longo do processo. O teor de umidade é um dos parâmetros que devem ser monitorados durante a compostagem para que o processo se desenvolva satisfatoriamente.

Segundo Silva (2000), a umidade está diretamente relacionada com o tamanho das partículas e com o tamanho e formato das pilhas. Quanto menores e mais finas forem as partículas, maior será a capacidade de retenção da umidade. Com relação ao tamanho das pilhas pode-se concluir que pilhas pequenas tendem a perder mais umidade. À medida que a matéria orgânica vai se humificando sua capacidade de reter umidade também aumenta.

Caso perceba-se um excesso de umidade nas pilhas deve-se realizar revolvimentos das mesmas para que essa umidade possa ser reduzida. Há uma regra para determinar quando e quantas vezes se deve revolver. Segundo Kiehl (1985), quando o conteúdo de umidade estiver acima do limite máximo recomendado, deve-se iniciar o revolvimento no 3º dia, repetindo até o 10º ou 12º dia conforme o seguinte esquema:

- Umidade entre 60 e 70%, revolver a cada 2 dias por 4 ou 5 vezes;
- Umidade entre 40 e 60%, revolver a cada 3 dias por 3 a 4 vezes;
- Umidade abaixo de 40%, requer irrigação, a não ser que o processo de compostagem esteja na fase final.

A falta de critério no controle da umidade poderá ocasionar: geração de chorume; emanção de odores fétidos; atração de vetores (moscas, mosquitos, baratas, ratos etc.); o desenvolvimento de reações anaeróbias, podendo levar inclusive à paralisação metabólica do processo e, conseqüentemente, à produção de composto orgânico de má qualidade (LELIS, 1998).

3.4.1.4. Relação C/N

Os microrganismos necessitam de carbono, como fonte de energia, e de nitrogênio para síntese de proteínas. É por esta razão que a relação C/N é considerada como fator que melhor caracteriza o equilíbrio dos substratos.

Teoricamente, a relação C/N inicial ótima do substrato deve se situar em torno de 30. Na realidade, constata-se que ela pode variar de 20 a 70 de acordo com a maior ou menor biodegradabilidade do substrato. Tanto a falta de nitrogênio quanto a falta de carbono limita a atividade microbológica. Se a relação C/N for muito baixa pode ocorrer grande perda de nitrogênio pela volatilização da amônia. Se a relação C/N for muito elevada os microrganismos não encontrarão N suficiente para a síntese de proteínas e terão seu desenvolvimento limitado. Como resultado, o processo de compostagem será mais lento.

Independentemente da relação C/N inicial, no final da compostagem a relação C/N converge para um mesmo valor, entre 10 e 20, devido à perdas maiores de carbono que de nitrogênio, no desenvolvimento do processo.

3.4.1.5. Estrutura

Quanto mais fina é a granulometria, maior é a área exposta à atividade microbiana, o que promove o aumento das reações bioquímicas, visto que aumenta a área superficial em contato com o oxigênio.

Alguns autores obtiveram condições ótimas de compostagem com substratos apresentando de 30 a 36% de porosidade.

De modo geral, o tamanho das partículas deverá estar entre 25 e 75 mm, para ótimos resultados.

3.4.1.6. pH

É fato conhecido que níveis de pH muito baixos ou muito altos reduzem ou até inibem a atividade microbiana.

Quando são utilizadas misturas com pH próximo da neutralidade, o início da compostagem (fase mesófila) é marcado por uma queda sensível de pH, variando de 5,5 a 6,0, devido à produção de ácidos orgânicos.

Quando a mistura apresentar pH próximo de 5,0 ou ligeiramente inferior há uma diminuição drástica da atividade microbiológica e o composto pode não passar para a fase termófila.

A passagem à fase termófila é acompanhada de rápida elevação do pH, que se explica pela hidrólise das proteínas e liberação de amônia. Assim, normalmente o pH se mantém alcalino (7,5-9,0), durante a fase termófila.

Segundo Haug (1993), à medida que os fungos e as bactérias digerem a matéria orgânica liberam ácidos que se acumulam e acidificam o meio. Este abaixamento do pH favorece o crescimento de fungos e a decomposição da celulose. Posteriormente estes ácidos são decompostos até serem completamente oxidados. No entanto, se existir escassez de oxigênio, o pH poderá descer a valores inferiores a 4,5 e limitar a atividade microbiana, retardando, assim, o processo de compostagem. Nestes casos deve-se remexer as pilhas para o pH voltar a subir.

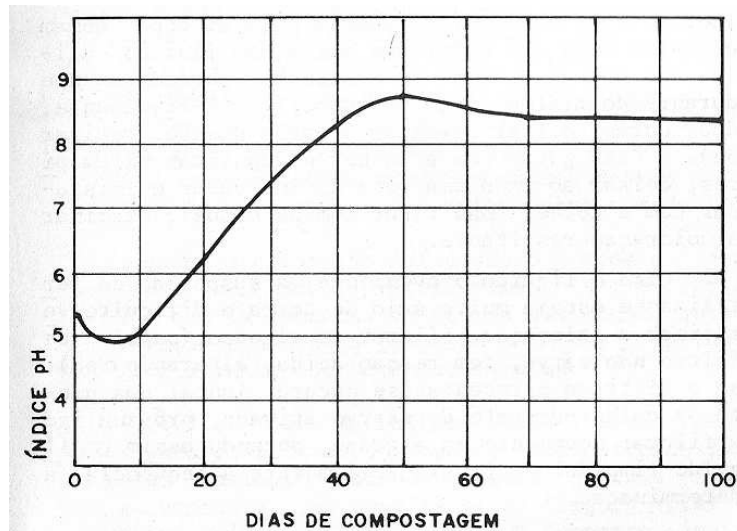


Figura 3 - Variação do pH com o tempo de compostagem
Fonte: Kiehl (1985)

De qualquer forma, e principalmente se a relação C/N da mistura for conveniente, o pH geralmente não é um fator crítico da compostagem.

3.5 Vermicompostagem

A transformação da matéria orgânica, resultante da ação combinada de minhocas e da microflora que vive em seu trato digestivo é definida como vermicompostagem (LAMIN et al. 1998) ou vermiestabilização (PEREIRA, et al. 2005).

A vermicompostagem é, portanto, um tipo de compostagem na qual se utilizam minhocas para digerir a matéria orgânica, provocando sua degradação e melhorando o arejamento e a drenagem do material em fase de maturação (BIDONE, 2001). É a humificação complementar do composto orgânico com o auxílio de minhocas, cuja finalidade é melhorar as características do produto final, que é denominada vermicomposto ou húmus de minhoca.

Segundo Lamim et al. (1998), a vermicompostagem foi desenvolvida a partir de pesquisas realizadas por programas de manejo de minhocas, em Rothamstead (Inglaterra), no período de 1940 a 1950. Após 1970, os pesquisadores engajaram-se no estudo do potencial das minhocas para

conversão de resíduos orgânicos em uma forma mais estabilizada de matéria orgânica.

A vermicompostagem pode ser entendida como um processo de dois estágios. Primeiro, a matéria orgânica é compostada de acordo com os padrões normais, com a redução de microrganismos patogênicos e retorno à condição de temperatura ambiente. Após a estabilização da temperatura, o material compostado é transferido para leitos rasos, onde então, faz-se a inoculação das minhocas e, após determinado tempo, obtém-se o vermicomposto pronto, com aumento na disponibilização de macro e micronutrientes e a formação de um húmus mais estável (SUSZEK, 2005).

De acordo com NDEGWA e THOMPSON (2001), um sistema integrado que toma qualidades pertinentes aos processos da compostagem termófila tradicional e da vermicompostagem fornece um produto livre de patógenos e com características desejáveis em menos tempo do que se fosse utilizado cada processo individualmente.

O processo de vermicompostagem é um sistema tecnológico de baixo custo para o tratamento de resíduos orgânicos em compostos de alto valor nutricional para as plantas (HAND et al., 1998 citado por PEREIRA et al., 2005), que vem sendo largamente utilizada para a estabilização do material em curto espaço de tempo (KIEHL, 1985).

Durante a vermicompostagem, as minhocas ingerem e digerem os resíduos orgânicos dejetando excrementos com forma especial, constituídos de agregados de terra e matéria orgânica, que recebem o nome de coprólitos que contêm nutrientes de plantas de alta concentração devido ao metabolismo das minhocas (LANDGRAF et al., 1998 citado por PEREIRA, 2005). No processo de vermicompostagem a aceleração da humificação da matéria orgânica ocorre pela ação das enzimas produzidas no tubo digestivo das minhocas e da atividade de microrganismos nele presentes (SUSZEK, 2005).

As minhocas são vermes segmentados formados por divisões denominadas metâmeros, muito semelhantes a anéis. São parcialmente dotadas de órgãos dos sentidos – não ouvem, possuem olfato muito fraco e não tem olhos; exceção deve ser feita ao sentido do tato, que é bem desenvolvido. Sofrem de fotofobia, tem aversão à luz ultravioleta e são hermafroditas. Entre os anéis 32 e 37, há uma formação distinta, de coloração branco-amarelada, denominada clitelo, responsável pela formação de um invólucro que contém ovos fertilizados, denominado casulo (BIDONE, 2001).

A espécie de minhoca comumente usada para a vermicompostagem é a *Eisenia foetida* por ser muito disseminada e ter larga faixa de tolerância à temperatura e poder viver em resíduos orgânicos com diferentes graus de umidade, além de serem bastante resistentes ao manuseio (EDWARD, 1998, citado por PEREIRA, 2005). Segundo Aquino e Nogueira (2001) citados por PEREIRA (2005) são amplamente utilizadas na vermicompostagem, porque além de se alimentarem de resíduos orgânicos semi-crus, têm alta capacidade para proliferar-se e apresentam crescimento rápido.

Segundo Migdalski (2001), o ambiente ideal para as minhocas é constituído de material rico em matéria orgânica ou que possuam uma pequena camada úmida na superfície. Outros fatores limitantes a sua sobrevivência são o pH e a oxigenação. Portanto, são esses os fatores que interferem no processo de vermicompostagem, pois refletem as necessidades e as restrições impostas pelas minhocas, garantindo sua perfeita adaptação ao meio.

Os principais fatores que podem ser referidos como importantes na vermicompostagem são: umidade, aeração, temperatura, relação C/N (concentração de nutrientes), pH e tamanho das partículas (MIGDALSKI, 2001; BIDONE, 2001). Esses fatores são descritos a seguir:

3.5.1 Umidade

A umidade do material a ser vermicompostado deve situar-se na faixa de 70% a 75% (BIDONE, 2001).

3.5.2 Oxigenação

Na vermicompostagem, as minhocas, que somente sobrevivem sob condições aeróbias, revolvem e mantêm o material em condições aeróbias (NDEGWA; THOMPSON, 2001).

Segundo Bidone (2001), são necessários apenas 3 mg/L de O₂ para que as minhocas vivam e proliferem. Esse valor pode ser obtido diretamente do ar atmosférico.

3.5.3 Temperatura

As minhocas só podem ser introduzidas no material a ser vermicompostado quando a temperatura estiver entre 20 e 28°C (morno ao tato); caso contrário, elas fugirão ou morrerão. De acordo com Guimarães (2005), a temperatura preferencial para as minhocas vermelhas da Califórnia é compreendida entre 18 e 25°C e para as minhocas africanas fica na faixa de 25 a 28°C.

3.5.4 Relação C/N

As necessidades nutricionais no processo situam-se na mesma faixa de relação C/N da compostagem. Uma relação entre 26 e 35 proporciona uma rápida e eficiente estabilização (BIDONE, 2001).

3.5.5 pH

O pH do material a ser vermicompostado deve estar entre 6,5 e 7. Entretanto, Bidone (2001) referencia que as minhocas ingerem toda matéria orgânica, desde que não seja muito ácida e não tenha cheiro pronunciado.

3.5.6 Tamanho das partículas

Pesquisas realizadas com vermicompostagem apresentaram excelentes resultados para substratos peneirados em peneiras de malha 2 mm. É preciso referir que, embora mais lentamente, as minhocas trabalham em materiais de maior granulometria (BIDONE, 2001).

O processo de compostagem através do metabolismo das minhocas leva a matéria orgânica recente a um estado de estabilização semelhante ao que ocorre na natureza, porém as frações orgânicas originadas apresentam estruturas diferentes das de um ácido húmico de turfa ou de solo. Ácidos húmicos de vermicomposto proveniente de esterco bovino apresentam acentuadas diferenças na composição estrutural quando comparados a ácidos húmicos de turfa ou de solo (KIEHL, 1985).

Na vermicompostagem ocorre à conversão de resíduos animais e vegetais em materiais, que adicionados ao solo, melhoram a estrutura e fertilidade do mesmo, podendo ser vendido como substrato comercial para o uso na horticultura (EDWARDS, 1998 citado por PEREIRA et al., 2005).

Para Soares et al. (2004) citado por Pereira (2005), o vermicomposto é rico em matéria orgânica e reconstitui as estruturas físicas e biológicas do solo, atuando como um fertilizante natural, que neutraliza o pH do solo e eleva a concentração de nutrientes aumentando a resistência das plantas contra pragas e doenças. Da mesma forma, Bidone (2001) destaca que o vermicomposto pode ser utilizado em qualquer tipo de cultura e sua elevada capacidade de troca de cátions e o efeito quelante exercido pelo material humificado, são características que viabilizam a utilização do vermicomposto como substrato atenuador de efluentes tóxicos.

Quando aplicado ao solo o vermicomposto provoca benefícios físicos e químicos, além de conter nutrientes essenciais às plantas numa forma mais disponível, especialmente o nitrogênio. Segundo Harris et al.(1990), a taxa de mineralização do nitrogênio no vermicomposto é maior, a liberação é mais lenta e gradual, reduzindo as perdas por lixiviação.

Nos dejetos de minhoca o nitrogênio é quase cinco vezes maior que antes de passar pelo trato digestivo, enquanto o fósforo é sete, o potássio é onze e o magnésio é três vezes maior (KIEHL, 1985). As excreções desses vermes constituem, portanto, um excelente substrato para o desenvolvimento da microfauna do solo.

Em trabalho realizado, Silva et al. (2002) avaliaram alterações químicas no substrato orgânico no decorrer do processo de vermicompostagem de diferentes combinações de lodo de esgoto urbano com bagaço de cana-de-açúcar, além de sua qualidade final como adubo orgânico, e concluíram que os vermicompostos produzidos indicaram condições químicas favoráveis para utilização agrícola, viabilizando, assim, o destino para ambos os resíduos.

3.5.7 Características do Vermicomposto

O húmus ou simplesmente vermicomposto é um material de coloração escura, inodoro, muito rico em flora bacteriana e estável. Possui composição química variável, conforme a matéria-prima utilizada como substrato.

Na Tabela 2, apresentam-se parâmetros físico-químicos de diferentes vermicompostos, obtidos em estudos de Lamim et al. (1997), Soares, Souza e Cavalheiro (2001), SILVA et al. (2002) e Rodrigues et al. (2003). Os resultados de Soares, Souza e Cavalheiro (2001) referem-se a análises de vermicomposto vendido comercialmente. Silva et al. (2002) estudaram a vermicompostagem de lodo de esgoto bruto e bagaço de cana-de-açúcar. Já Rodrigues et al. (2003) e Lamim et al. (1997) utilizaram esterco bovino como substrato para as minhocas.

Tabela 2 - Características de alguns vermicompostos

	Autores			
Parâmetro	LAMIM et al. (1998)	SOARES; CAVALHEIR O (2001)	SILVA et al. (2002b)	RODRIGUES et al. (2003)

<i>pH</i>	7,2	6,19	6,30	-
<i>MO (%)</i>	45,6	-	-	-
<i>C (%)</i>	-	12,64	-	-
<i>N (%)</i>	1,23	0,92	1,42	1,93
<i>P (%)</i>	-	1,00	1,38	0,96
<i>K (%)</i>	-	0,0001	2,93	0,52
<i>C/N</i>	14,72	13,73	-	-
<i>Ca (%)</i>	-	0,00007	0,11	2,66
<i>Mg (%)</i>	-	0,00001	1,1	0,60
<i>Fe (%)</i>	-	0,0017	-	2,89
<i>Cd (mg Kg-1)</i>	-	0,24	2,31	-
<i>Cr (mg Kg-1)</i>	-	0,35	63,46	-
<i>Cu (mg Kg-1)</i>	-	0,53	-	-
<i>Ni (mg Kg-1)</i>	-	-	13,67	-
<i>Pb (mg Kg-1)</i>	-	0,81	139,26	-

Comparado com o solo, os resíduos das minhocas contêm maiores quantidades de matéria orgânica, de nitrogênio total e, sob a forma de nitratos, de cálcio e magnésio permutáveis, maior disponibilidade de fósforo, além do pH, de porcentagem de saturação de bases e capacidade permutável mais elevado (BUCKMAN; BRADY, 1976). Entretanto, dependendo do substrato utilizado na produção do vermicomposto, deve-se atentar às quantidades de metais pesados que possam estar presentes nele, para que não representem contaminação do solo e plantas.

4 METODOLOGIA

O experimento desenvolvido neste trabalho foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa desenvolveu-se a compostagem do bagaço de cana-de-açúcar e esterco bovino como fonte de carbono e nitrogênio respectivamente. Na segunda etapa foi realizado a vermicompostagem dos compostos resultantes da primeira etapa do experimento.

4.1 Descrição da Área

“Salinas, local de estudo, situa-se aproximadamente nas coordenadas 16° 10' 19" Latitude (S) 42° 17' 33" Longitude (W). Sua economia baseia-se na agropecuária, indústria, principalmente de cachaça, e comércio, que atende toda a microrregião.

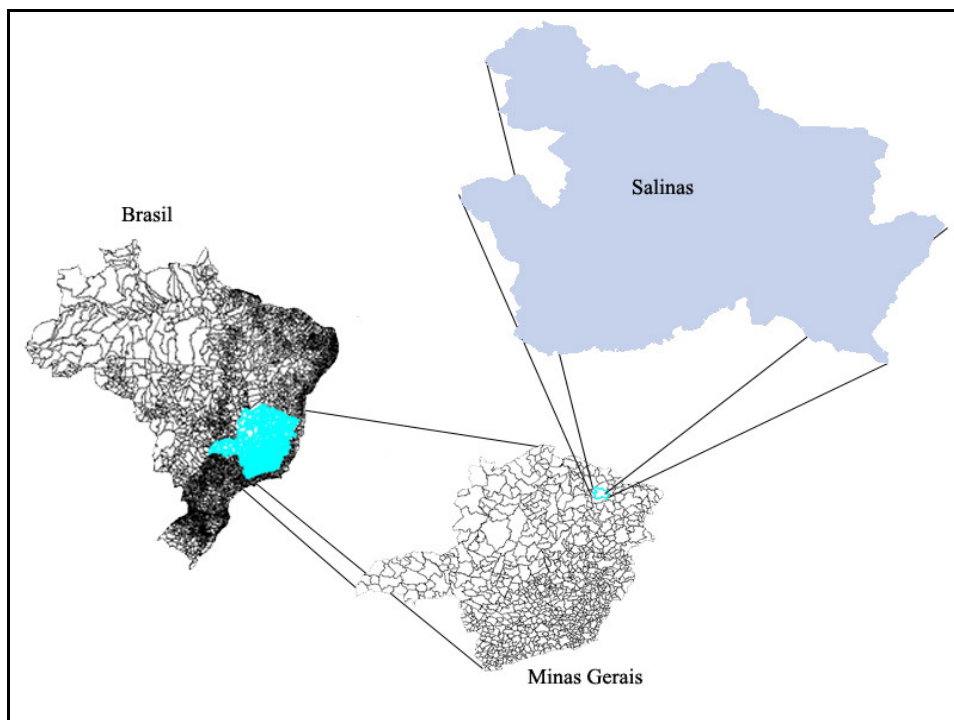


Figura 4 - Localização da Área em Estudo.

Fonte: Elaborada por Albuquerque (2009) a partir de dados do IBGE – www.ibge.com.br (2009)

Salinas se autodenomina a “Capital Mundial da Cachaça”, pela reconhecida qualidade de sua produção artesanal, atribuída ao solo do município, ao processo de fermentação – que utiliza pó de arroz, milho torrado, garapa da própria cana - e ao processo de envelhecimento em tonéis de madeira, cujo tipo confere sabor especial ao produto. É uma das cidades com maior produção de cachaça “*per capita*” do mundo, com uma produção de cerca de dois milhões de litros. Seu nome deve-se às ricas jazidas de sal nas margens do rio onde se formou o povoado.

O clima local é semi-árido, quente em quase todo o ano com um período de seca marcante, com chuvas mal distribuídas e um outro com chuvas torrenciais e espaçadas. Apresenta temperatura média anual de 25,8°C e precipitação de 855 mm.

4.2 Localização da área experimental

O experimento utilizando bagaço de cana-de-açúcar para compostagem e vermicompostagem, foi realizado na Unidade Educativa de Produção Zootecnia I do IFNM-CAMPUS SALINAS.

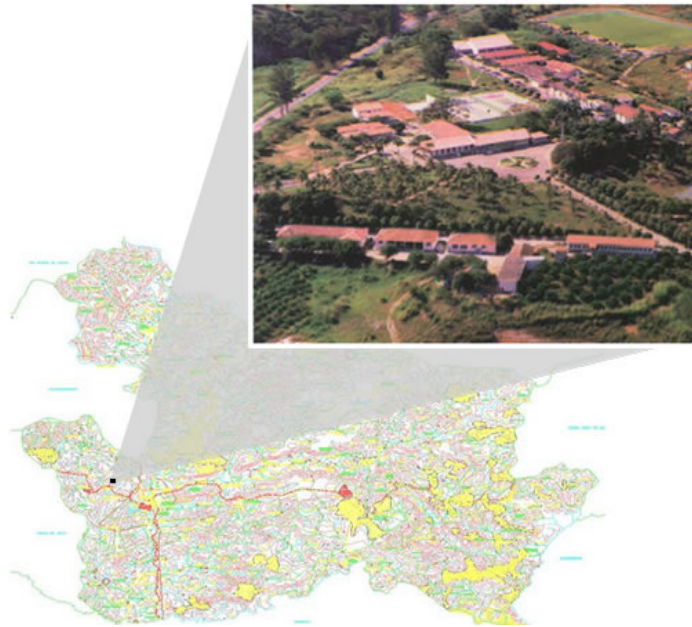


Figura 5 - Mapa da cidade de salinas com destaque para o IFNMG- campus Salinas
Fonte: Mapa:PlanoDiretor Municipal de Salinas – MG 2006
Foto: Acervo EAFSALINAS

4.3 Etapa de Compostagem

4.3.1 Preparo do Local

A compostagem foi conduzida em um galpão de criação de frango de corte, construído em alvenaria, coberto com telhas de amianto, tendo suas laterais de tela. O Galpão foi lavado e higienizado, mantido em um período de descanso de 15 dias para que não houvesse influência da fauna comumente presente na cama de frango.



Figura 6- Galpão onde foi desenvolvido o experimento
Fonte: arquivo do autor

4.3.2 Obtenção dos Resíduos

O bagaço de cana-de-açúcar foi obtido na fábrica de cachaça da Ind. Com. Export de Cachaça Sabinosa Ltda - ME, que fica localizada na Fazenda Vargem Grande / Bananal Rodovia MG-342 km 04, região de Salinas-MG, parte desse bagaço foi triturado em uma máquina ensiladeira de facas e outra parte foi utilizado inteiro da forma que sai das moendas. Ambos foram colocados em galpão coberto, com paredes laterais de tela, para que ocorresse a secagem por um período de sete dias. O esterco bovino foi obtido do setor de Zootecnia III do IFNMG Campus-Salinas, também pré-curtido.

4.3.3 Montagem das Pilhas de Compostagem

Para a fase de compostagem utilizou-se um galpão de criação de frango de corte, construído em alvenaria, coberto com telhas de amianto, tendo suas laterais em tela.

Foram montadas 18 parcelas equivalentes a 3 repetições de seis tratamentos, distribuídos após prévio sorteio, a saber:

Tabela 3 - Codisposições iniciais das pilhas de compostagem

Tratamento	Quantidades
T1	Bagaço de cana triturado 25% + Esterco bovino 75%
T2	Bagaço de cana inteiro 25% + Esterco bovino 75%
T3	Bagaço de cana triturado 50 % + Esterco bovino 50%
T4	Bagaço de cana inteiro 50% + Esterco bovino 50%
T5	Bagaço de cana triturado 75% + Esterco bovino 25%
T6	Bagaço de cana inteiro 75% + Esterco bovino 25%

O material foi distribuído em leiras a partir de um sorteio para a disposição das mesmas. As leiras tiveram o formato de cone medindo aproximadamente 1m x 1m x 1m (largura x comprimento x altura) como mostra a figura 7.



Figura 7 - Pilhas montadas no experimento de compostagem.

Utilizou-se nos tratamentos proporções equivalentes ao tratamento, iniciando-se e terminando-se a leira sempre com bagaço de cana.



Figura 8 - Pilhas montadas no experimento de compostagem: Pilha com bagaço de cana triturado (A) e Pilha com bagaço de cana in natura (B)

4.3.4 Controle de Temperatura

A temperatura das pilhas de compostagem foi monitorada diariamente nos primeiros nove dias e depois a cada três dias até a completa estabilização da mesma, com o auxílio de um termômetro de mercúrio de extrato líquido que mede as temperaturas entre -10 a +110°C. As medições foram realizadas em três pontos de cada pilha: base, centro e topo. Procurou-se efetuar as leituras sempre no mesmo horário do dia no período da manhã entre 7 e 8 horas.



Figura 9 – Controle de temperatura no experimento de compostagem

4.3.5 Controle de Aeração

O processo de aeração das pilhas de compostagem foi executado por reviramentos manuais com o auxílio de um garfo curvo e uma enxada utilizando o reviramento do tipo “Windrow”, sendo descrito por Magalhães et al. (2000) como simples e eficiente para a estabilização do material orgânico. O ciclo de reviramento das pilhas de compostagem foi estabelecido a cada 3 dias, de acordo com recomendação de Pereira Neto (1996).



Figura 10 - Pilhas montadas no experimento de compostagem: Reviramento das leiras (A) e (B).

4.3.6 Controle de Umidade

A umidade foi mantida em torno de 65% do ponto máximo de saturação dos materiais componentes, taxa considerada adequada para promover o crescimento mais rápido dos microrganismos envolvidos no processo, permitindo que as reações bioquímicas ocorram com maior rapidez (MAGALHÃES et al., 2006).

As leiras foram inspecionadas diariamente com o intuito de verificar, visualmente, o grau de umidade das mesmas. Visualmente, o teor ótimo de umidade é aquele em que o material parece estar úmido, porém não se apresenta aglutinado, guardando a porosidade necessária à aeração e

apresentando-se solto durante o reviramento (PEREIRA NETO E LELIS, 1999 citado por BRITO, 2008).

Para o controle de umidade nas pilhas de compostagem realizou-se também análises a cada três dias, seguindo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995) que consiste em apertar fortemente entre os dedos uma amostra, sentindo-a úmida, porém sem que nenhum líquido esorra. Quando a umidade apresentou valores abaixo de 65%, ou seja, ao ser pressionado apresentou-se seca ou tendendo a seca, efetuou-se irrigação com água em todos os tratamentos.

Utilizou-se em média 15 litros de água em cada leira, em cada irrigação.

4.3.7 Medição do pH

O pH foi monitorado a cada dez dias através da retirada de amostras de 10 g de composto em diferentes pontos das pilhas, onde foram adicionadas 25 mL de água destilada, segundo metodologia da EMBRAPA (1999). O pH foi estabelecido no líquido extraído da prensagem das amostras utilizando um aparelho mult-parameter analyser da marca Consort. Utilizou-se a mesma amostra para as medições de Salinidade e condutividade elétrica.

4.3.8 Determinação da qualidade dos compostos obtidos

Quando as temperaturas dos compostos apresentaram-se estáveis, os mesmos foram transferidos para a fase de vermicompostagem. Realizou-se amostragem de cada uma das pilhas, a partir de quarteamento até obter-se, aproximadamente, 0,200 Kg de amostra, que foi enviada para o laboratório para a determinação de pH, condutividade elétrica e Salinidade.

4.4 Etapa de vermicompostagem

Nesta etapa, o experimento teve início no dia 5 de setembro de 2009 e foi conduzido no mesmo galpão onde aconteceu a compostagem. O composto estabilizado foi colocado em galões cortados ao meio com capacidade de 0,01 m³. Os tratamentos avaliados são apresentados na Tabela 4. Utilizaram-se, portanto, os seis compostos obtidos na etapa de compostagem.

Tabela 4 - Codisposições dos vasos de vermicompostagem

Tratamento	Quantidades
T1	Bagaço de cana triturado 25% + Esterco bovino 75%
T2	Bagaço de cana inteiro 25% + Esterco bovino 75%
T3	Bagaço de cana triturado 50 % + Esterco bovino 50%
T4	Bagaço de cana inteiro 50% + Esterco bovino 50%
T5	Bagaço de cana triturado 75% + Esterco bovino 25%
T6	Bagaço de cana inteiro 75% + Esterco bovino 25%

Cada vaso recebeu 7 Kg de substrato. As minhocas introduzidas nos vasos foram das espécies *Eisenia foetida* (Vermelha da Califórnia), provenientes do minhocário do IFNM-Campus Salinas. Os vasos foram distribuídos aleatoriamente no espaço experimental, conforme Figura 11.



Figura 11 - Experimento de vermicompostagem.

Segundo Bidone (2001), a minhoca ingere, por dia, o equivalente ao seu peso, então, a quantidade de minhocas introduzida em cada vaso foi determinada por:

$$Q_m = \frac{Q_s}{t_v}$$

Em que:

Q_m = quantidade de minhocas a ser introduzida em cada caixa (Kg);

Q_s = quantidade de substrato em cada caixa (Kg);

t_v = tempo de vermicompostagem (dias).

Estabeleceu-se um tempo de 45 dias para o processo de vermicompostagem, portanto, pela equação obteve-se que, em cada vaso, deveriam ser introduzidos 0,233 Kg ou 233 g de minhocas. As minhocas foram distribuídas aleatoriamente nos vasos. Durante o período experimental, os vasos permaneceram cobertos por sombrite para atenuação da luminosidade (RODRIGUES et al., 2003).

4.4.1 Controle de Umidade

A fim de estabelecer a umidade necessária ao bom andamento do processo de vermicompostagem foi realizada a irrigação a cada três dias nas duas primeiras semanas e semanalmente até o final do experimento utilizando cerca de 1 l de água pura em cada galão.

4.4.2 Coleta do material para análise proveniente da vermicompostagem

A amostragem correta é de fundamental importância para que o resultado analítico dê uma idéia, a mais exata possível, da composição do material amostrado (KIEHL, 1985).

As análises físico-químicas foram realizadas nos laboratórios de bromatologia e microbiologia da IFNMG-Campus Salinas e da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES).

Após o período de vermicompostagem quando as propriedades do composto tiverem a aparência de granulado, foi feito o peneiramento para separação das minhocas que foram pesadas e separadas de acordo com o seu desenvolvimento corporal. O húmus resultante foi submetido à análise físico-química para determinação de qualidade nutricional.

4.5 Determinações Físicas do Material

Foram coletadas amostras em 3 (três) pontos aleatórios do material a ser analisado de modo que fossem representativas de todo o lote. Posteriormente essas amostras foram homogeneizadas e retiradas uma amostra que foi encaminhada ao laboratório em sacos plásticos resistentes e lacrados para não perder umidade. Estes sacos foram identificados com número da pilha, data, e tipo de material.

4.5.1 Capacidade de Retenção de Água (CRA)

A CRA foi determinada segundo metodologia utilizada por Argôlo (2002) adaptada da metodologia de Kiehl (1985), onde se utilizou uma pequena lata com furos no fundo da mesma, onde foi colocada a amostra e mergulhada em água para encharcar seu conteúdo e depois deixou-se escorrer por 30 minutos, pesando-se. Após, removeu-se a amostra que foi secada em estufa a 60 – 65°C.

$$\% \text{ CRA} = \frac{\text{P1} - \text{P2}}{\text{P2} - \text{P}} \times 100$$

Onde: P = Peso da lata

P1 = Peso da lata mais a amostra encharcada

P2 = peso da lata mais a amostra seca em estufa

4.5.2 Densidade Aparente (Da)

Foi determinada pelo método da proveta (adaptado da EMBRAPA, 1997), tomando-se uma proveta graduada de tara conhecida, onde foi colocada a mostra e posteriormente balanceada até alcançar o volume de 100 ml na proveta, que foi pesada para encontrar o peso do material.

$$Da \text{ (g cm}^{-3}\text{)} = a/b$$

Onde: a = peso da amostra seca a 105°C

b = volume da proveta

4.5.3 Densidade de Partículas (Real) (Dp)

Foi determinada através do balão volumétrico para solos (adaptado da EMBRAPA, 1997), utilizando um balão de 50 ml, onde foi colocado 4 g de cada amostra, completando até a marca de 50 ml com álcool etílico, misturado e registrado o volume de álcool utilizado.

$$Dp \text{ (g cm}^{-3}\text{)} = a/50 - b$$

Onde: a = peso da amostra seca a 105°C

b = volume de álcool gasto

4.5.4 Porosidade

Foi determinada utilizando-se os valores obtidos para densidade aparente (Da) e densidade de partículas (Dp).

$$\text{Porosidade total} = (1 - \underline{Da}) \times 100$$

Dp

Onde: Da = Densidade aparente

Dp = Densidade de partículas

4.6 Contagem e Pesagem de Minhocas

Foram coletadas 3 (três) amostras simples de cada leira vermicompostada que foram homogeneizadas obtendo uma amostra composta. Foi então pesada a amostra e posteriormente realizada a contagem manual separando-se as minhocas, segundo metodologia de Argolo (2002).

4.6 Determinações químicas do material

Foram coletadas amostras compostas das três repetições do material compostado e vermicompostado que foram submetidas a uma pré-secagem ao sol e depois encaminhadas ao laboratório da UNIMONTES.

4.6.1 Relação Carbono / Nitrogênio (C/N)

Foi determinado através da divisão da porcentagem do carbono total pelo nitrogênio total.

$$\mathbf{C/N = \frac{\% C_{TOT}}{\%N}}$$

4.6.2 Determinação do N,P,K,Ca, Mg, Cu, Fé, Mn, Zn (totais)

Para determinação do N, foi utilizado o método da oxidação com o ácido perclórico, para os demais elementos a mineralização foi a digestão nítrico-perclórica. A quantificação dos macro e micronutrientes foi realizada em base seca (65 °C). O pH foi medido em CaCl₂ (0,01 mol/l).

4.7 Modelo Estatístico

Para análise dos dados foi adotado o delineamento inteiramente casualizado. Onde foram montados dois experimentos idênticos em sua composição, um com e outro sem minhocas. Primeiro o material foi compostado e após estabilização da temperatura foram inoculados com minhocas da espécie *Eisenia foétida sp.* No primeiro experimento foram realizados 06 (seis) tratamentos com 03 (três) repetições, em um total de 18 (dezoito) parcelas. Na segunda etapa foram utilizados os seis tratamentos do primeiro experimento com inoculação de minhocas. Os resultados foram submetidos à análise estatística univariada através de análise de variância - ANOVA e comparações com teste de Tukey com $p < 0,05$.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Etapa de Compostagem

5.1.1 Temperatura

Os microrganismos apresentam metabolismo exotérmico, isto é, realizam decomposição da matéria orgânica gerando calor e elevando a temperatura da massa, graças às propriedades do material compostado (ARGÔLO, 2002).

O aumento elevado da temperatura nos primeiros dias de compostagem se dá devido ao desenvolvimento de reações bioquímicas mais intensas consequência da atividade microbiológica de degradação da matéria orgânica. Com a exaustão da fonte de carbono mais disponível, a temperatura diminui a 40°C, caracterizando o fim da fase termofílica (VITORINO & PEREIRA NETO, 1994).

A figura 12 apresenta as temperaturas medidas durante o período experimental.

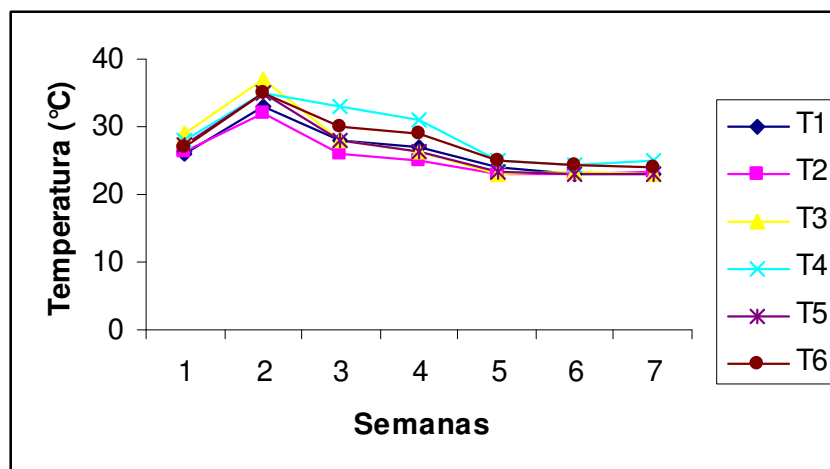


Figura 12 - Temperaturas nas leiras de compostagem

O comportamento observado durante todo o período de estudo, apresentou a tendência natural de elevação nos primeiros dez dias, e declínio na medida em que vai acontecendo o processo de transformação objeto deste.

Como podem ser observadas na figura 12 as temperaturas das seis leiras apresentaram comportamento semelhante, tendo a fase termofílica iniciada já nas primeiras horas de compostagem. A explicação para esse comportamento pode está associado ao tipo de substrato utilizado no processo, bagaço de cana-de-açúcar. Durante o período de coleta e transporte desses resíduos, por ser um produto rico em sacarose, o processo de degradação pode ter sido iniciado, fazendo com que no momento da montagem das leiras já existisse uma elevada quantidade de microrganismos responsáveis pelo processo.

Observa-se que a etapa mesofílica foi muito rápida em todas as leiras com um máximo de 48 horas. A fase termofílica permaneceu por um período de 9 dias, com uma temperatura máxima de 60°C. Sendo que quando decorridos 6 dias do início do experimento, houve uma queda de temperatura causada por falta de umidade, porém, logo que corrigido a umidade e aeração, a temperatura voltou aos valores anteriores.

Estes patamares de temperatura atingem critérios de uma boa qualidade sanitária para o composto obtido, pois a maioria dos organismos patogênicos e sementes são eliminadas a uma temperatura entre 55 e 70°C.

A partir do décimo dia de compostagem, iniciou-se a diminuição gradual do perfil da temperatura em todas as leiras, devido à baixa atividade microbiana pela falta do substrato de fácil assimilação, aproximando-se da temperatura ambiente aos trinta dias de compostagem.

Esse período relativamente curto da fase termofílica e rápida mudança para a fase mesofílica se deu provavelmente devido não ter havido um prévio equilíbrio da relação C/N, as temperaturas médias permaneceram na faixa termofílica nos primeiros 9 dias de experimento com algumas oscilações devido provavelmente ao desequilíbrio de nutrientes, o que incapacitou a manutenção da temperatura no interior das leiras. A temperatura máxima atingida nos tratamentos foi de 60°C. Posteriormente suas temperaturas tenderam a cair com ligeira elevação.

O tratamento T2 tendeu a uma maior temperatura na fase termofílica, tendo uma queda na fase mesofílica mais brusca.

Por outro lado, os picos de temperatura das leiras variaram de 50,1 a 60°C (gráfico 1), sendo que a literatura (KIEHL 1985; PEREIRA NETO, 1989), aponta temperaturas máximas de aproximadamente 70°C. Esse comportamento pode estar relacionado com a utilização de leiras de tamanho reduzido. O aumento do tamanho da leira e a composição dos materiais, que apresentam boas características de isolamento térmico, influenciam no acúmulo de calor em seu interior, fazendo com que a temperatura alcance valores bastante elevados.

Outro fator que pode ter influenciado na obtenção de valores baixos de temperatura máxima é o fato da perda de calor ser proporcional às dimensões das leiras. As leiras de menores dimensões têm superfície de exposição proporcionalmente maior em relação às leiras maiores e um volume

gerador de calor proporcionalmente menor, aquecendo-se com menor intensidade (HAUG, 1993).

Entretanto, apesar das temperaturas reduzidas, as mesmas são suficientes para eliminar a grande maioria dos organismos patogênicos presentes nos resíduos urbanos, já que a uma temperatura de 55°C durante cerca de 60 minutos quase todos os microorganismos presentes nos resíduos são eliminados, como mostra a Tabela 5.

Tabela 5 - Temperatura e intervalo de tempo necessário para destruir os tipos mais comuns de microrganismos e parasitas ocasionalmente presentes em resíduos orgânicos.

Microrganismo	Tempo e temperatura de morte
<i>Salmonella tyfosa</i>	20-30 minutos à 55-60 °C.
<i>Salmonella sp.</i>	60 e 20 minutos à 55 e 60 °C, respectivamente.
<i>Shigella sp.</i>	60 minutos a 65°C
<i>Esterichia coli</i>	15-20 minutos à 55 e 60 °C, respectivamente.
<i>Entamoeba histolytic</i>	alguns minutos à 45 °C e com alguns segundos à 55°C.
<i>Taenia saginata</i>	alguns minutos à 55 °C
<i>Trichinella aparilis</i>	rápida à 45°C e instantânea à 65°C
<i>Brucella abortus</i> e <i>Brucella suis</i>	3 minutos à 62-63 °C e com uma hora à 55°C.
<i>Micrococcus piogenes</i>	10 minutos à 50 °C
<i>Streptococcus piogenes</i>	10 minutos à 54 °C
<i>Mycobacterium tuberculosis</i> var. <i>hominis</i>	15 a 20 minutos à 66 °C
<i>Corynebacterium diphtheria</i>	45 minutos à 55 °C
<i>Nectar americanus</i>	50 minutos à 45 °C

Fonte: BARAZZETA (1987), apud SHARMA *et al.*(1997) modificada.

Com exceção das Leiras 5 e 6 todas as outras atingiram temperaturas acima de 55°C por tempos superiores a 60 minutos.

Na tabela 6 são apresentados os critérios de tempo e temperatura para processos de compostagem no ponto de vista sanitário.

Tabela 6 - Requisitos de tempo e temperatura fixados em vários países para garantir a qualidade sanitária do composto.

País	Sistema de Compostagem	Temperatura e tempo
Áustria	(*)	> 60°C - 6 dias
Dinamarca	(*)	> 55°C - 2 semanas
Alemanha	Leiras revolvidas em local aberto	> 55°C - 2 semanas ou > 65°C - 1 semana
	Leiras revolvidas em local fechado e reator biológico	> 60°C - 1 semana
Itália	(*)	> 65°C - 2-3 dias
Suíça	(*)	> 55°C - 3 semanas ou > 60°C - 1 semana

(*) Indefinido

Fonte FERNANDES & SILVA, 1999 citados por DALPIAN, 2004.

5.1.2 pH

Assim como a temperatura, o pH também foi monitorado durante todo processo, porém o monitoramento foi realizado a cada dez dias, conforme descrito no item 4.5. A evolução do pH das seis leiras em relação ao tempo de compostagem são apresentadas na tabela 7 e figura 13.

Em geral, o comportamento do pH foi semelhante para todas as leiras. No início do processo o pH variou entre 5,32 e 5,96. Após os primeiros dez dias o pH evoluiu até valores máximos de 8,81 a 8,99 entre a terceira e

quarta semana. Após esse período o pH teve um pequeno decréscimo estabilizando-se entre 8 e 8,6.

Na tabela 7 são apresentados os valores de pH observados na etapa de compostagem.

Tabela 7 - Valores de pH observados na Compostagem

Tratamento	DIAS			
	0	10	20	30
T1	5,32	6,18	8,93	8,29
T2	5,46	6,32	8,95	8,31
T3	5,56	6,38	8,96	8,36
T4	5,64	6,41	8,99	8,38
T5	5,58	6,73	8,88	8,11
T6	5,96	6,05	8,81	8,07

Como mostra a tabela 7 e figura 13 os índices de pH tenderam desde o início a neutralidade atingindo aos trinta dias valores de pH próximo de 9,0.

Quando são utilizadas misturas com pH próximo da neutralidade, o início da compostagem (fase mesófila) é marcado por uma queda sensível de pH, variando de 5,5 a 6,0, devido à produção de ácidos orgânicos.

Quando a mistura apresentar pH próximo de 5,0 ou ligeiramente inferior há uma diminuição drástica da atividade microbiológica e o composto pode não passar para a fase termófila, fato não observado no experimento.

A passagem à fase termófila é acompanhada de rápida elevação do pH, que se explica pela hidrólise das proteínas e liberação de amônia. Assim, normalmente o pH se mantém alcalino (7,5-9,0), durante a fase termófila, o que foi nitidamente observado como mostra a tabela 7.

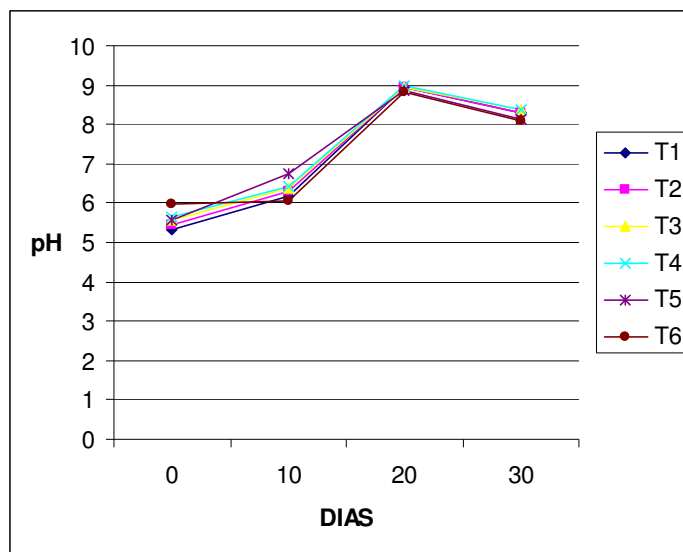


Figura 13 – Índice de pH na etapa de compostagem

5.1.3 - Relação Carbono/Nitrogênio Compostagem

A tabela 8 mostra a relação C/N do composto após estabilização. Como não foram feitas medições da relação C/N no início do experimento não se tem um parâmetro para comparações das transformações ocorridas. Porém o que se observa é que nos tratamentos T1, T3, T4, T5 e T6 a relação C/N mostrou-se bastante elevada. Já o tratamento T2 apresentou relação C/N dentro da média ideal descrita por Kiehl (1985) que se situa entre 10 e 20:1.

O valor especificado na legislação para a relação C/N dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos é de no máximo 18. Em relação a esse parâmetro, apenas o tratamento T2 mostrou-se pronto para ser incorporado ao solo diretamente atendendo a normativa.

Lamin et al. (1998), citaram que um material com relação C/N na faixa de 10 a 15 é apropriado para ser adicionado ao solo como fertilizante,

considerando-se que ele se encontra no estado de adubo curado ou humificado.

Os demais tratamentos apresentaram relação C/N superior a 24, demonstrando a necessidade de mais tempo de compostagem para a melhor maturação do composto ou a utilização de um tratamento complementar, como a vermicompostagem, para maior estabilização e cumprimento do valor preconizado pela Instrução Normativa Nº. 23 de 31/08/2005 - MAPA.

Tabela 8 - Relação Carbono/Nitrogênio Compostagem

Tratamentos	C	N	Relação C/N
	(%)		
T1	36	1,48	24:1
T2	35	0,89	39:1
T3	37	1,03	36:1
T4	33	1,80	18:3
T5	28	0,91	31:1
T6	27	0,67	40:1

5.2 Etapa de Vermicompostagem

5.2.1 População de *Eisenia foétida*

Os compostos orgânicos foram submetidos ao processo de vermicompostagem. Os valores médios da pesagem das minhocas, depois de realizada a separação, são apresentados na figura 14.

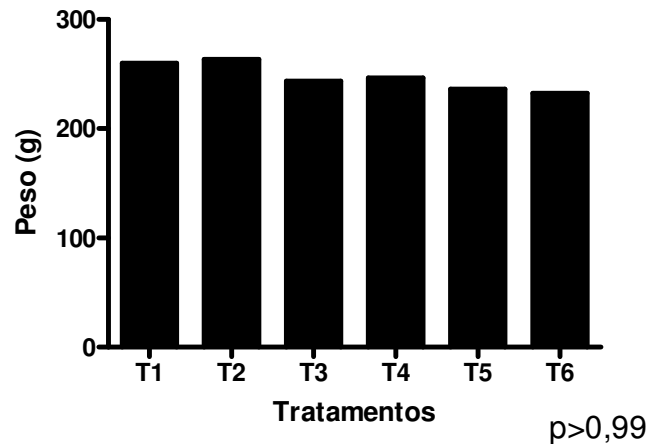


Figura 14 - Peso das minhocas na etapa de vermicompostagem

Observa-se que não houve diferenças extremas de ganho de peso entre os tratamentos. Porém nos tratamentos T1, T2, T3, T4 os valores foram superiores aos tratamentos T5 e T6. Esses resultados encontrados indicam a preferência das minhocas pelos compostos com valores mais altos de esterco bovino por possuírem maior quantidade de nutrientes disponíveis (BIDONE, 2001). De acordo com Loh et al. (2005) citado por Suszek (2005), as variações nas taxas de crescimento e multiplicação das minhocas em diferentes compostos, podem ser atribuídas às quantidades variadas de minerais nos diferentes tratamentos, que resultam em um padrão diferencial de disponibilização de nutrientes para sua síntese metabólica e subsequente liberação dos minerais remanescentes, na forma mineralizada.

5.2.2 Determinações físicas do material

Na tabela 9 são apresentados os valores obtidos na determinação das características físicas do vermicomposto.

Tabela 9 – Resultados analíticos físicos do material vermicompostado

Tratamentos	CRA	Poros	Da (g cm⁻³)	Dp (g cm⁻³)
T1	108,31	56,20	0,65	1,82
T2	105,12	60,12	0,68	1,83
T3	116,35	59,0	0,67	1,84
T4	115,89	61,1	0,69	1,87
T5	89,27	61,36	0,48	1,54
T6	87,92	62,59	0,51	1,59

Segundo Kiehl (1998) citado por ARGÔLO (2002), a densidade aparente ideal para composto orgânico situa-se entre 0,6 – 0,8 g cm⁻³. Com relação a densidade de partículas (real) Anzorena Miner (1994) citado por Argôlo (2002) deve situar-se entre 1,45 – 2,65 g cm⁻³ para serem considerados parâmetros ótimos. O mesmo autor sugere valores ótimos > 85% para poros e para Capacidade de Retenção de Água entre 55 – 70 %.

Como se podem observar as características físicas dos vermicompostos estudados somente a densidade aparente encontra-se dentro da faixa ótima estando para os demais parâmetros dentro dos valores considerados bons para fertilizantes orgânicos.

5.2.3 Determinações químicas e físico-químicas

Os resultados médios dos parâmetros químicos e físico-químicos analisados para os vermicompostos encontram-se na tabela 10.

Tabela 10 - Parâmetros físico-químicos dos vermicompostos e legislação vigente.

Parâmetro	Tratamentos						Legislação
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
Umidade (%)	65	67	70	59	57	50	50 (máx.) ⁽¹⁾
pH	6,8	6,7	6,7	6,9	6,8	6,6	6 (min.) ⁽¹⁾
CO (%)	36	35	32	31	27	29	15 (min.) ⁽¹⁾
N (dag/Kg)	1,89	1,79	1,87	2,10	1,25	1,27	1 (min.) ⁽¹⁾
P (dag/Kg)	0,28	0,25	0,29	0,25	0,26	0,18	*
K (dag/Kg)	1,07	1,05	1,38	1,48	1,20	0,82	*
Ca (dag/Kg)	2,69	2,77	3	1,99	2,53	3,37	*
Mg (dag/Kg)	0,44	0,46	0,73	0,76	0,38	0,23	*
Cu (mg/Kg)	614,6	578,6	680,6	748,6	771,6	456,6	*
Fe (mg/Kg)	1361,2	1240,2	752,4	978,6	1295,7	1362,7	*
Mn (mg/Kg)	335,1	321,6	371,4	359,7	250,7	350,7	*
Zn (mg/Kg)	189,1	190,8	331,2	157,7	270,2	202,4	*
Na (mg/Kg)	4,03	3,27	12,5	8,55	9,06	3,52	*

Fonte: ⁽¹⁾ Instrução Normativa n°. 23 de 31/08/2005 - MAPA

* Sem informação

De acordo com as especificações para vermicompostos, regidas pela Instrução Normativa N°. 23 de 31/08/2005 – MAPA, os parâmetros, para todos os tratamentos, enquadra-se nos padrões estabelecidos pela legislação.

Os tratamentos T1 e T6 apresentaram maior e menor valor de umidade, respectivamente. Tripathi e Bhardwaj (2004) citados por Suszek, 2005 estudaram o teor de umidade ótimo ao desenvolvimento das minhocas *E.*

foetida, encontrando o valor máximo, em peso de minhocas, na umidade de 70% e o valor mínimo na umidade de 50%. Os resultados encontrados no experimento enquadram-se dentro dessa faixa, porém somente o tratamento T6 encontra-se com o teor máximo de umidade de acordo com o MAPA.

Todas as amostras de vermicompostos apresentaram pH próximo de 7. De acordo com Migdalsky (2001) esse fato é devido aos processos digestivos efetuados pelas próprias minhocas, estando de acordo com o que preconiza a legislação brasileira para esse parâmetro.

Valores de pH próximos da neutralidade sugerem que o vermicomposto, quando incorporado ao solo, pode apresentar ação corretiva de acidez, uma vez que possui propriedade tamponante (SOARES, SOUZA; CAVALHEIRO, 2004, citados por SUSZEK, 2005). As variações do pH observadas foram uniformes e estiveram dentro da faixa ideal para material humificado e bioestabilizado.

Os valores médios de nitrogênio estão apresentados na tabela 10. Não houve diferença significativa entre os tratamentos, estando todos na faixa ideal que rege a legislação. As maiores concentrações foram encontrados nos tratamentos onde se utilizou um teor maior de esterco bovino, que coincide também com os tratamentos onde houve maiores atividade das minhocas.

É conhecido que, com a compostagem, ocorre a oxidação da matéria orgânica, isto é, ela diminui, porém os minerais aumentam. O N pode se combinar com o carbono da matéria orgânica ainda não decomposta e ser imobilizado no protoplasma celular dos agentes de decomposição (ARGÔLO, 2002).

Na vermicompostagem a elevação dos níveis de nitrogênio pode estar associada à excreção urinária das minhocas (TABLAS e TSAI, 1999, citados por ARGÔLO, 2002). E a quebra de estruturas protéicas do substrato, além da contribuição do tecido do corpo de minhocas mortas durante o processo.

Na tabela 11 são apresentados parâmetros comparativos (físicos e químicos) dos demais nutrientes estudados.

Tabela 11 - Parâmetros comparativos (físicos e químicos) dos nutrientes estudados

Parâmetros	Ca	Mg	P	K	Mn	Na	Zn	Fe	Cu
	(g kg ⁻¹)				(mg Kg ⁻¹)				
Alto	> 40 ⁽¹⁾	>12 ⁽²⁾	>15 ⁽²⁾	>15 ⁽²⁾	(*)	(*)	200-400	(*)	100-200
Médio	20-40 ⁽¹⁾	6-12 ⁽²⁾	5-15 ⁽²⁾	5-15 ⁽²⁾	(*)	(*)	401-1000	(*)	201-400
Baixo	< 20 ⁽¹⁾	< 6 ⁽²⁾	<5 ⁽²⁾	<5 ⁽²⁾	(*)	(*)	Acima de 1000	(*)	Acima de 400
Ótimo	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	Abaixo de 200	(*)	Abaixo de 100
Bom	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
indesejável	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)

Fonte: ⁽¹⁾ KIEHL e PORTA (1981); ⁽²⁾ KIEHL (1985) e ⁽³⁾ GENEVINI et al. (1997), citados por ARGÔLO (2002).

Fazendo-se uma análise comparativa entre as tabelas 10 e 11 pode-se observar que todos os nutrientes estão de acordo com o encontrado pelos autores citados.

Os valores de Ca encontrado no presente trabalho, de acordo com os parâmetros citados na tabela 12 são considerados médios, apresentando-se em maiores quantidades nos tratamentos T1 e T6. Segundo Aquino (1991) citado por Argôlo (2002) a *Eisenia foetida* é capaz de aumentar o teor de cálcio no vermicomposto, tanto por excreção quanto pela própria morte, havendo, assim, transferência das glândulas calcíferas para o ambiente.

Segundo Tolonen (1990) citado por Argôlo (2002) o Mg é um mineral essencial ao metabolismo celular, ocupando função chave em todas as reações com o fosfato. A maior parte do Mg fornecido às plantas provém dos minerais do solo, sendo pequena a contribuição da matéria orgânica como

fornecedora desse macronutriente, todavia, a mesma oferece valiosa contribuição, pois elevados teores de húmus no solo garantem o suprimento desse elemento (ARGÔLO, 2002). Observa-se nos valores de Mg obtidos nesse trabalho que o mesmo pode ser considerado médio, sendo que os tratamentos T1 e T2 apresentaram maiores índices.

Os valores de Fósforo encontrados no presente trabalho estão em patamares baixos com relação aos parâmetros comparativos citados na tabela 11, sendo os tratamentos T1 e T3 os que apresentaram maiores índices. Sugere-se que isso pode estar relacionado com o fato de que nesses tratamentos houve maior predomínio de esterco e que o material foi triturado facilitando a ação das minhocas.

Os valores de potássio estão na faixa mediana segundo parâmetros apresentados na tabela 12, estando em maiores teores nos tratamentos T1 e T2. Esse nutriente não participa de combinações orgânicas na planta, ele é um elemento ativo na planta, porém, em forma livre, estando, portanto, sujeito a lixiviação (AGÔLO, 2002). Esse fato pode ter influenciado nos resultados devido às regas constantes durante todo o processo.

As concentrações de Mn e Na no material vermicompostado situaram-se entre 250,7 e 371,4, sendo os tratamento T1 e T2, onde houve maior predominância de esterco, os que apresentaram maiores valores, corroborando com valores semelhantes ao encontrado por Argôlo (2002). Já com relação ao Na os tratamentos que apresentaram maiores valores foram T3 e T5, valores bem abaixo dos encontrados por Argôlo (2002) utilizando esterco suíno.

Com relação aos metais pesados avaliados, o Zn variou entre os parâmetros médios a ótimos variando entre 331,2 e 157,7 nos tratamentos T1 e T2 respectivamente, estando na faixa de tolerância para a maioria dos países que possuem legislação pertinente. O Fe não possui limites de tolerância nos países com legislação já estabelecida para metais pesados, porém em alguns estados brasileiros começa a preocupação com esse metal, estabelecendo

alguns limites de tolerância. No presente trabalho os valores de Fe variaram de 752,4 a 1362,7 nos tratamentos T1 e T6 respectivamente, estando dentro do preconizado por alguns estados brasileiros. Para o elemento Cu, os valores encontrados situaram-se entre 456,6 e 748,6 nos tratamentos T6 e T2 respectivamente, valores considerados altos com relação aos parâmetros usados para comparação na tabela 12. A disponibilidade de Cu às plantas, que o absorvem na forma catiônica (Cu^{2+}), depende da natureza e conteúdo da matéria orgânica, do tipo e teor do mineral de argila e do pH do solo (KIEHL, 1985).

Tabela 12 - Condutividade elétrica, salinidade e relação C/N

Tratamentos	CE (μS)	Salinidade (%)	CO (%)	N (Dag/Kg)	Relação C/N
T1	1,98	2,8	36	1,89	19:1
T2	1,89	2,0	35	1,79	20:1
T3	1,93	2,1	32	1,87	17:1
T4	1,91	1,9	31	2,10	15:1
T5	1,80	1,5	27	1,25	22:1
T6	1,77	1,3	29	1,27	23:1

A Condutividade elétrica, segundo ARGÔLO (2002), é considerada ótima quando se apresenta $< 2,0 \mu\text{S}$. Apesar de haver pequena diferença entre os tratamentos, todos se enquadram dentro deste padrão.

Entre os vários fatores que afetam a decomposição dos compostos orgânicos, tem especial importância na velocidade desse processo, a relação C/N do material, visto que os microrganismos o utilizam como fonte de N necessário às suas proteínas e como fonte de C necessários a seus constituintes celulares.

Segundo Tripathi e bhardwaj (2004) citados por Suszek (2005), as minhocas catalisam o processo de decomposição pela redução ou fragmentação dos resíduos orgânicos e aumentam a área superficial para uma melhor decomposição pela microflora. A liberação de carbono como CO^2 no

processo de respiração e produção de muco e excretas nitrogenadas elevam o nível de N e diminuem a relação C/N.

A relação C/N dos compostos orgânicos teve considerável redução após o processo de vermicompostagem. Vários pesquisadores utilizam a relação C/N para evidenciar o grau de humificação do material, relacionando a ela a estabilização da matéria orgânica. Soares, Souza E Cavalheiro (2004), caracterizando amostras de vermicompostos de esterco bovino, encontraram valores para a relação C/N que variaram de 9,02 a 13,74, indicando que os resíduos orgânicos haviam sido totalmente decompostos. Lamim et al. (1998) citaram que um material com uma relação C/N igual a 14 é apropriado para ser adicionado ao solo como fertilizante, considerando-se que ele se encontra no estado de adubo curado ou humificado.

Segundo Kiehl (1985), os valores considerados ótimos são (8/1 – 12/1) e para valores considerados bons (12/1 – 18/1), portanto, no estudo em questão não houve nenhum tratamento que se enquadrasse nos valores considerados ótimos, e apenas os tratamentos T1 e T2 se enquadraram na faixa considerada bom. Esses resultados sugerem que o tempo de vermicompostagem para os demais tratamentos deve ser um pouco maior para que haja uma digestão mais efetiva pelas minhocas.

6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados alcançados, pode-se concluir que é viável a utilização do bagaço de cana-de-açúcar como condicionadores para substratos ou como fertilizantes orgânicos.

Considerando-se as características físicas, apresentam-se dentro dos parâmetros aceitáveis. Sendo que a forma que apresentou melhor resultado na etapa de compostagem e conseqüentemente na etapa de vermicompostagem foi o tratamento T1, quando se utilizou o bagaço de cana triturado a 25% com 75% de esterco.

Os resultados mostram que o tempo de compostagem de 30 dias para os tratamentos onde se utilizou maior quantidade de bagaço de cana (50 e 75%) mesmo quando triturado não foi suficiente para que houvesse uma digestão mais efetiva pelas minhocas.

Outro fato observado é que quando se utiliza o bagaço sem triturar e em maior quantidade na mistura, apesar de apresentar qualidade nutricional aceitável demanda de um tempo maior para a correção da relação C/N fator de extrema importância para que o mesmo seja incorporado ao solo.

7 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA DUARTE, E., CUNHA-QUEDA, A.C. 2005. **Estratégias de obtenção de compostos de qualidade com potencial para valorização agrícola.** Comunicação apresentada ao *1º Encontro Internacional de Compostagem*, Escola Superior de Biotecnologia, Universidade Católica Portuguesa, Porto, 9 a 11 de Maio.
- AMORIM, A. C.; JÚNIOR, J. de L.; REZENDE, K. T. de. **Compostagem e vermicompostagem de dejetos de caprinos: efeito das estações do ano.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.25, n.1, p.57-66, jan./abr. 2005.
- ARGÔLO, R.C. **Avaliação de composto e vermicomposto da casca do cacau e do tegumento de amêndoa do cacau e do esterco de suíno, como mitigadores de impacto ambiental.** Dissertação (mestrado) Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente. Ilhéus, Ba. 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004 – Resíduos sólidos – classificação.** Rio de Janeiro, 1987, 63 p
- BARBOSA, E. A. **Avaliação fitotécnica de cinco variedades de cana-de-açúcar para o município de Salinas – MG.** Vitória da Conquista – BA: UESB, 2005. 65 p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia).
- BARCELOS, A. F.; REZENDE, A. V. **Aproveitamento dos resíduos de destilaria de cachaça de alambique.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.23, n.217, p.74-77, 2002.
- BELAI, H. T. **Uso de Subprodutos da Indústria Sucroalcooleira no Manejo de um Neossolo Quartzarênico Órtico Típico.** Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá-MT, 2006.
- BIDONE, F. R. A. **Resíduos Sólidos provenientes de coletas especiais: reciclagem e disposição final.** Rio de Janeiro: RIMA, 2001. 240p.
- BRITO, L.M.C.M. 2005. **Manual de Compostagem.** Escola Superior Agrária de Ponte de Lima, Instituto Politécnico de Viana do Castelo. Disponível em: <http://www.ci.esapl.pt/mbrito/compostagem/Manual_Compostagem.htm>. Acesso em: mar 2009.
- BRITO, M. J. C. **Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial de utilização do composto como substrato.** Dissertação apresentada à Universidade de Tiradentes – UNIT. Aracajú, SE, 2008.

CARDOSO, M. das G. **Produção de Aguardente de Cana**. 2. ed. Lavras: Editora UFKA, 2006 445 p.

CONAB, **Acompanhamento da Safra Brasileira Cana-de-açúcar Safra 2007/2008, terceiro levantamento. Nov/2007**.

COSTA, F., GARCÍA, C., HERNÁNDEZ, T., POLO, A. **Resíduos Sólidos Urbanos: Manejo y Utilización**. CSIC, Murcia. 1991.

CUNHA QUEDA, A.C.F. 1999. **Dinâmica do azoto durante a compostagem de materiais biológicos putrescíveis**. Dissertação de doutoramento em Engenharia Agroindustrial, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal. 257p.

DALPIAN, J.J. **Compostagem de resíduos contendo gordura e celulose de indústria de produtos cárneos: Valoração de resíduos à subprodutos**. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em desenvolvimento regional. Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC. Santa Cruz do Sul, 2004.

EMBRAPA - **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária** - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de método de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

EVANGELISTA, A. R. et al. **Aproveitamento de resíduos da Fabricação de Aguardente** – Lavras UFLA/FAEPE – 2004. 30p. il: Curso de Pós-Graduação “Latu Sensu” (Especialização à Distância) – Tecnologia da Cachaça.

FEBRER, M. C. A. **Dinâmica da decomposição mesofílica de resíduos orgânicos misturados com águas residuárias da suinocultura**. Engenharia na Agricultura, Viçosa, v.10, n.1-4, p.18-30, 2002.

FERNANDES, F. – **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB) – ABES, 1999 – Rio de Janeiro – 97 páginas.

FIALHO, L. L. **Caracterização a Matéria Orgânica em Processo de compostagem por métodos convencionais e espectroscópicos**. Tese (doutorado) Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007.

GUIMARÃES,, A. A. **Diferença entre as minhocas vermelhas da califórnia e africanas**. Portal da Minhoca. Disponível em: <http://www.minhobox.com.br/loja/produtos/loja-jornal.php>. Acesso em: mai. 2009.

HARRIS, G. D. et al., **Vermicomposting in a rural community**. Biocycle, v.10, n.2, p. 48-51, 1990.

IBGE, **Levantamento sistemático da produção agrícola - produção 2005.**

KAWABATA, C. Y. **Aproveitamento de cinzas da queima de resíduos agroindustriais na produção compósitos fibrosos e concreto leve para a construção rural.** Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo. Pirassununga, 2008.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos.** Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985, 492p

LAMIM, S. S.M.; JORDÃO, P. C.; BRUNE, W.; PEREIRA, J. L.; BELLATO, C. R. Caracterização química e física de vermicomposto e avaliação de sua capacidade em adsorver cobre e zinco. **Química Nova**, São Paulo, v. 21, n. 3, p. 278-283, 1998.

MATOS, A. T. de, et al. **Compostagem de alguns resíduos orgânicos, utilizando-se água residuárias da suinocultura como fonte de nitrogênio.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental, v.2, n.2, p.99 –203. Campina Grande: 1998.

MATOS, A. T. **Tratamento de resíduos Agroindustriais.** Curso sobre tratamentos de resíduos agroindústrias. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Mai/ 2005.

Disponível em:
<http://www.ufv.br/dec/simea/apresentacoes/CursoMatosFEAM2005.pdf>
Acesso em: mai/2009.

MELO, G.M.P., et al. Compostagem. Jaboticabal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2007. 10p.

MIGDALSKY, M. C. **Criação de minhocas** – guia prático. 1 ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 118 p.

NDEGWA, P. M.; THOMPSON, A. A. Ingrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. **Bioresource Technology**, Oxon, v. 76, p. 107-112, 2001.

PEREIRA, E. W. L. et al. Produção de Vermicomposto em Diferentes Proporções de Esterco Bovino e Palha de Carnaúba. **Revista CAATINGA**, Mossoró-RN, v.18, n.2, p.112-116, abr./jun. 2005

Disponível em: <http://www.dema.ufcg.edu.br/revista/index.php/REMAP/article>
Acesso em: 22 Mai 2008.

RODRIGUES, V. C.; THEODORO, V. C. A.; ANDRADE, I. F.; INÁCIO NETO, A.; RODRIGUES, V. N.; ALVES, F.V. Produção de minhoca e composição mineral do vermicomposto e das fezes procedentes de bubalinos e bovinos. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1409-1418, nov/dez 2003.

SANTOS, E. G., **Estudo da Adsorção de Contaminantes Orgânicos Provenientes da Água de Extração do Petróleo, em Coluna de Leito Fixo,**

utilizando Biomassas como Adsorventes. 229p. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande, Paraíba. 2005.

SILVA, M. E. C. **Compostagem de Lixo em Pequenas Unidades de Tratamento.** Viçosa, CPT, 2000.

SILVA, C. D.; COSTA, L. M.; MATOS, A. T.; CECON, P. R.; SILVA, D. D. Vermicompostagem de lodo de esgoto urbano e bagaço de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p. 487-491, 2002.

SILVA, M. A. S. da; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.11, n.1, p.108–114, 2007 Campina Grande, PB

SILVA, V. L. M. M. et al. **Utilização do bagaço de cana de açúcar como biomassa adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos.** *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, v.2, 1 (2007)27-32
Disponível em: <http://www.dema.ufcg.edu.br/revista/index.php/REMAP/article/>
Acesso em: Abri 2008.

SOARES, J. P. SOUZA, J. A.; CAVALHEIRO, E. T. G. Caracterização de amostras comerciais de vermicomposto de esterco bovino e avaliação da influência do pH e do tempo de adsorção de Co (II), Zn (II) e Cu (II). **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 5-9, 2004

STUPIELLO, J. P. **A cana-de-açúcar como matéria prima.** In: Cana-de-açúcar – Cultivo e utilização, vol.2. 1987.

SUSZEK, M. **Efeitos da Inoculação na compostagem e Vermicompostagem de Resíduos Sólidos Verdes urbanos.** Dissertação (mestrado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. UNIOESTE-Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, PR. 2005.

TEIXEIRA, L. B. ET AL., **COMPOSTAGEM: Lixo orgânico urbano e resíduos da agroindústria do açaí.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental: Albras, 2006.

TEIXEIRA, L. B.; OLIVEIRA, R. F.; JÚNIOR, J. F.; JÚNIOR, L. S. C.; GERMANO, V. L. C. **Avaliação da Maturação de Composto Orgânico Produzido com Lixo Orgânico Urbano nos Municípios de Barcarena e Moju, PA.** Comunicado Técnico. Dezembro/2004. Belém, PA.

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO - **PROSAB.** Manual Prático para a Compostagem de Biossólidos. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999. 84p.

UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO – ÚNICA (2005).
Agroindústria da Cana-de-açúcar: alta competitividade Canavieira.
Disponível em: http://www.unica.com.br/pages/agroindustria_alta.asp. Acesso em: fev 2009.