

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**JULIA SANTOS CHAVES**

**ESTUDO DE COMPOSTEIRAS E VERMICOMPOSTEIRAS PARA  
TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS**

**Caçapava do Sul**

**2017**



**JULIA SANTOS CHAVES**

**ESTUDO DE COMPOSTEIRAS E VERMICOMPOSTEIRAS PARA  
TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Prof. Me. Mateus Guimarães da Silva

**Caçapava do Sul**

**2017**



**ESTUDO DE COMPOSTEIRAS E VERMICOMPOSTEIRAS PARA TRATAMENTO  
DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Banca examinadora:

---

Prof. Me. Mateus Guimarães da Silva  
Orientador  
UNIPAMPA

---

Prof. Dr. Rafael Matias Feltrin  
UNIPAMPA

---

Prof. Dr. Pedro Daniel da Cunha Kemerich  
UNIPAMPA



Dedico este trabalho aos meus familiares e especialmente a minha avó Iria Xavier dos Santos (in memoriam) por estar sempre do meu lado me dando forças e me apoiando.



## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador Prof. Me. Mateus Guimarães da Silva, pela orientação, ensinamentos e paciência, que tornaram possível a realização deste trabalho.

À minha família, por estarem sempre ao meu lado. Aos meus avós Iria Xavier dos Santos (in memoriam), Altamiro Silva dos Santos, Zeno Dias Chaves e Izaura Ferreira Chaves por todo o amor, dedicação e ensinamentos.

A minha mãe Lilian Simone Santos por todo amor e por me apoiar e incentivar todos esses anos. Ao meu pai Glenio Ferreira Chaves por ter me apoiado e me auxiliado.

Ao meu namorado Roberto Petry, pelo amor, dedicação e principalmente paciência nos dias mais difíceis.

A Ana Rafaela Dotto, pela grande ajuda no desenvolvimento do projeto.

Aos meus amigos, que estiveram presentes nesses anos, nos melhores e piores dias Melyna, João, Maurinha.



“Só existem dois dias no ano que nada pode ser feito. Um se chama ontem e o outro se chama amanhã, portanto hoje é o dia certo para amar, acreditar, fazer e principalmente viver.”

(Dalai Lama)



## RESUMO

A produção de alimentos vem aumentando nas últimas décadas para atender o crescimento populacional mundial, e com isso, ocorre um aumento proporcional da geração de resíduos orgânicos que na maioria das vezes são destinados de maneira incorreta, podendo provocar impactos negativos ao meio ambiente. Uma alternativa para mitigar esses impactos e ainda transformar os resíduos orgânicos em compostos estáveis e biofertilizantes é por meio da compostagem e vermicompostagem. Ambos processos são promovidos pela ação conjunta de micro-organismos como bactérias, fungos e actinomicetes na oxidação biológica dos substratos orgânicos, sendo que na vermicompostagem há adição de minhocas. Neste trabalho foi estudado o processo de compostagem e vermicompostagem doméstica para o tratamento dos resíduos sólidos orgânicos gerados no restaurante universitário da Universidade Federal do Pampa – Campus Caçapava do Sul. Os sistemas experimentais foram implantados numa propriedade particular localizada próxima ao campus. Foi avaliado a operacionalidade e a eficiência da degradação da matéria orgânica dos sistemas alimentados com diferentes composições do substrato: 100 % de alimentos crus e outro com 70% de alimentos crus e 30% cozidos. Durante os experimentos foram monitorados os seguintes parâmetros físico-químicos e biológicos: temperatura, umidade, pH, taxa de reprodução das minhocas e volume de líquido gerado. Além destes parâmetros, foram realizadas análises de sólidos totais e condutividade elétrica do líquido. Os resultados indicaram que o processo mais eficiente de tratamento de resíduos sólidos orgânicos para o campus da UNIPAMPA de Caçapava do Sul é a vermicompostagem, devendo ser construído de alvenaria no solo com dimensões suficientes para comportar a quantidade gerada no restaurante universitário, visto que os reatores de compostagem caseiros utilizados neste trabalho não são viáveis para atender grandes capacidades. A taxa de reprodução das minhocas foi maior no experimento sem resíduos cozidos. A adição de resíduos cozidos aos experimentos não inviabiliza o processo, mas torna o processo mais complexo, gera odores desagradáveis e atrai insetos.

Palavras-Chave: Resíduos orgânicos, Tratamento biológico, Eisenia Fetida, Vermicompostagem.



## ABSTRACT

Food production has been increasing in the last decades to meet world population growth, and with this, there is a proportional increase in the generation of organic waste, which is often destined incorrectly and may have negative impacts on the environment. An alternative to mitigate these impacts and to transform organic residues into stable compounds and biofertilizers is through composting and vermicomposting, both processes are promoted by the joint action of microorganisms such as bacteria, fungi and actinomycetes in the organic oxidation of organic substrates. that in vermicompost there is addition of earthworms. This work has studied the composting and domestic vermicomposting process for the treatment of solid organic waste generated at the university restaurant of the Federal University of Pampa - Campus Caçapava do Sul. Experimental systems were implanted in a private property located near the campus. The efficiency and the efficiency of organic matter degradation of the systems fed with different substrate compositions were evaluated: 100% raw food and another with 70% raw and 30% cooked food. During the experiments, the following physico-chemical and biological parameters were monitored: temperature, humidity, pH, earthworm reproduction rate and volume of leachate generated. In addition to these parameters, analyzes of total solids and electrical conductivity of the leachate were performed. The results indicated that the most efficient organic solid waste treatment process for the campus of UNIPAMPA of Caçapava do Sul is vermicomposting, and should be constructed of masonry in the soil with sufficient dimensions to accommodate the amount generated in the university restaurant, since the reactors of compost used in this work are not feasible to meet large capacities. The reproduction rate of the worms was higher in the experiment without cooked residues. The addition of cooked residues to the experiments does not make the process unfeasible, but makes the process more complex, generates bad odors and attracts insects.

Key words: Organic waste, Biological treatment, Eisenia Fetida, Vermicomposting.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2008.....	26
Tabela 2 - Relação C/N dos materiais .....	32
Tabela 3 - Parâmetros que devem ser mantidos durante a vermicompostagem.....	38
Tabela 4- Planejamento experimental .....	48
Tabela 5 - Parâmetros físico-químicos analisados no composto.....	49
Tabela 6- Redução de massa no processo de compostagem e vermicompostagem. ....	53
Tabela 7- Crescimento da população de minhocas. ....	58
Tabela 8- Valores encontrados de umidade e matéria orgânica para cada experimento. ....	59
Tabela 9- Valores de pH, condutividade elétrica e sólidos totais do lixiviado: .....	60



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Quantidade de resíduos sólidos domiciliares e/ou públicos encaminhados para disposição no solo (t/d).....	27
Figura 2 – Local de instalação inicial das composteiras e vermicomposteiras no Campus Caçapava do Sul .....	43
Figura 3 – Local onde foram instaladas as composteiras e vermicomposteiras.....	43
Figura 4 - Recipiente para armazenamento dos resíduos no restaurante universitário .....	44
Figura 5– Minhoca da espécie Eisenia Foetida .....	46
Figura 6- Embalagem plástica utilizada para a construção das composteiras .....	47
Figura 7- Sistema de composteiras e vermicomposteiras doméstica .....	48
Figura 8- Equipamento utilizado para determinação do pH.....	50
Figura 9- Equipamento utilizado para a determinação da condutividade elétrica.....	50
Figura 10- Segregação realizada para caracterizar a geração de resíduos.....	52
Figura 11 – Monitoramento da produção de líquido .....	55
Figura 12- Variação da temperatura da vermicomposteiras com 30% de alimentos cozidos. .	56
Figura 13-Variação da temperatura vermicomposteira com 100% alimentos crus.....	56
Figura 14- Variação da temperatura composteira com 30% alimentos cozidos. ....	57
Figura 15- Variação da temperatura composteira com 100% alimentos crus .....	57
Figura 16- Comparação do tamanho das minhocas do experimento 1 e 2.....	58
Figura 17- Compostos gerados nas composteiras e vermicomposteiras. ....	61

# SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	22
2 OBJETIVOS.....	23
2.1 Objetivos Gerais .....	23
2.2 Objetivos Específicos .....	23
3 JUSTIFICATIVA.....	24
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
4.1 Resíduos Sólidos .....	25
4.2 Compostagem .....	27
4.3 Vermicompostagem.....	29
4.4 Resíduos orgânicos na compostagem e vermicompostagem.....	30
4.5 Principais variáveis do processo.....	33
4.5.1 Aeração .....	33
4.5.2 Temperatura .....	34
4.5.3 Umidade.....	35
4.5.4 Relação C/N.....	35
4.5.5 Granulometria .....	36
4.5.6 pH.....	36
4.5.7 Microbiologia do processo.....	37
4.5.8 Minhocas.....	38
4.6 Trabalhos de compostagem domésticas .....	39
4.7 Utilização do composto .....	41
5 Materiais e métodos .....	42
5.1 Localização do experimento .....	42
5.2 Substrato .....	44
5.3 Caracterização do substrato .....	44
5.4 Minhocas .....	45

5.5 Montagem das composteiras e vermicomposteiras domésticas .....	46
5.6 Experimentos de compostagem e vermicompostagem .....	47
5.7 Análises físico-químicas .....	49
6 Resultados .....	52
6.1. Caracterização dos resíduos orgânicos .....	52
6.2. Operação e monitoramento das vermicomposteiras .....	54
6.3 Resultados das análises físico-químicas .....	54
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63





## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população e a expansão das atividades industriais acarretaram no aumento da geração de resíduos que muitas vezes são destinados a lixões e aterros controlados, gerando impactos negativos ao meio ambiente.

As possibilidades atuais para o tratamento e destinação final de resíduos sólidos urbanos (RSU) são a compostagem, a biodigestão anaeróbia, os aterros sanitários e a incineração. Os aterros sanitários são os mais utilizados em decorrência dos custos mais baixos em comparação a outras alternativas de destinação final (FIGUEIRA, 2016). Mas atualmente devido a falta de áreas situadas perto dos grandes centros urbanos para instalação de aterros sanitários, há um gasto maior no deslocamento dos resíduos e também há liberação de gases poluentes provenientes da queima de combustíveis dos caminhões transportadores.

Segundo o Diagnóstico de Resíduos Sólidos publicado pelo Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada (IPEA, 2012), o Brasil gerou aproximadamente 183 mil toneladas de resíduos sólidos por dia em 2008. Desses 31,9% são recicláveis e 51,4 % são matéria orgânica.

A parcela orgânica dos resíduos urbanos tem como destinação final os aterros ou lixões que geram impactos ambientais como a liberação de gases de efeito estufa, lixiviado, além da atração de vetores de doenças, provocando, desta forma, um ambiente completamente insalubre. Ainda ocupa um grande espaço nos aterros diminuindo a vida útil destes e aumentando os gastos.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, Lei 12.305/2010) tem como objetivo promover mudanças no gerenciamento resíduos sólidos do Brasil. Um desses é o envio obrigatório de resíduos para reciclagem e compostagem. Assim os aterros sanitários se tornaram o local adequado apenas para disposição final de rejeitos. Um dos principais instrumentos da PNRS é o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. O Plano cita a implantação de unidades de compostagem e o aproveitamento da capacidade já instalada de usinas de compostagem. Traz também estratégias descentralizadas e locais, como incentivo ao tratamento por compostagem domiciliar e suas modalidades (minhocários e composteiras) e incentivo aos grandes geradores para que destinem áreas específicas em seus estabelecimentos para a prática da compostagem. Sugere também a implantação de hortas escolares e utilização do composto na agricultura urbana (BRASIL, 2010).

Uma maneira de agregar valor aos resíduos orgânicos e também não gerar impactos negativos ao ambiente é a compostagem ou vermicompostagem. Após esses processos, os

restos de comida, cascas de frutas, verduras, legumes, papéis, grama, restos de folhagens, restos de poda, cascas de ovos, entre outros são transformados em um composto orgânico que pode ser utilizado como uma excelente fonte de nutrientes para as plantas. (TEIXEIRA, 2004)

A compostagem é um processo onde os microrganismos degradam a matéria orgânica transformando-a em um composto estável, que pode ser utilizado como fertilizante natural, devolvendo ao solo os nutrientes retirados na produção agrícola. Os principais benefícios da compostagem são a redução dos custos com a disposição final de resíduos, redução da quantidade de resíduos orgânicos dispostos nos aterros e atenuação da geração de poluição ao meio ambiente. (MEIRA et al, 2003).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos Gerais**

O presente trabalho tem como objetivo a implantação de composteiras e vermicomposteiras na Universidade Federal do Pampa, campus Caçapava do sul, como uma alternativa de reaproveitamento da parcela orgânica dos resíduos sólidos gerados no restaurante universitário.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Especificamente, a fim de se obter os resultados esperados, pretende-se:

- a) Avaliar o processo de tratamento mais eficiente: vermicompostagem ou compostagem tradicional.
- b) Avaliar a eficiência e operacionalidade dos sistemas alimentados com diferentes composições de substrato: 100% de alimentos crus e outro com 70% de alimentos crus e 30% cozidos.

### **3 JUSTIFICATIVA**

A principal justificativa para o desenvolvimento deste trabalho é avaliar uma tecnologia simples e de baixo custo operacional, mas que trate o resíduo e gere um subproduto com menor potencial de poluição e que possa ser aplicado ao solo.

A destinação correta dos resíduos orgânicos acarreta em diversos benefícios ambientais como a redução da poluição dos recursos hídricos, aumento do tempo útil dos aterros e redução da liberação de metano para atmosfera.

## **4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1 Resíduos Sólidos**

Segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004) resíduos sólidos são definidos como resíduos nos estados sólido e semissólido, consequente de procedimentos industriais, domésticos, hospitalares, comerciais, agrícolas e de serviços em geral. Também fazem parte dos resíduos sólidos, os líquidos que não possam ser diretamente ligados na rede de esgoto e lodos procedentes das estações de tratamento de água e esgoto.

Gerenciamento de Resíduos Sólidos é definido como as atividades conjuntas de armazenamento, coleta, transporte, processamento e disposição de resíduos sólidos que seguem princípios de saúde pública, economia, engenharia, conservação dos recursos naturais, estética e outras questões ambientais (BRAGA e DIAS, 2008).

A administração pública age ao longo dos anos de forma a apenas afastar dos centros urbanos os resíduos sólidos coletados, armazenando-os em locais inadequados, como encostas florestadas, manguezais, rios, baías e vales (MONTEIRO et al., 2001).

Para aumentar o tempo útil dos aterros e diminuir os custos com a destinação final dos resíduos, o principal desafio é encontrar maneiras de reduzir significativamente a quantidade de resíduos. A reciclagem é uma ótima alternativa, que nos últimos anos vem sendo incentivada por alguns órgãos públicos, mesmo assim, uma grande quantidade de materiais chegam aos aterros como vidro, papel, alumínio e plásticos, que representam 12% do total de resíduos gerados (INÁCIO e MILLER, 2009).

Como mostra na Tabela 1 a matéria orgânica corresponde a aproximadamente 51,4% dos resíduos sólidos urbanos. Ocupando um grande espaço nos aterros sanitários o que diminui a vida útil destes. Outro problema relacionado a matéria orgânica é a formação de gases e chorume que se não tratados de maneira correta poluem o meio ambiente (FIGUEIRA, 2016).

Tabela 1- Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2008.

Resíduos	Percentual (%)	Quantidade (t/d)
Material reciclável	31,9	58.527,40
Metais	2,9	5.293,50
Aço	2,3	4.213,70
Alumínio	0,6	1.079,90
Papel	13,1	23.997,4
Plástico	13,5	24.847,90
Vidro	2,4	4.388,60
Matéria orgânica	51,4	94.335,10
Outros	16,7	30.618,90
Total	100	183.481,5

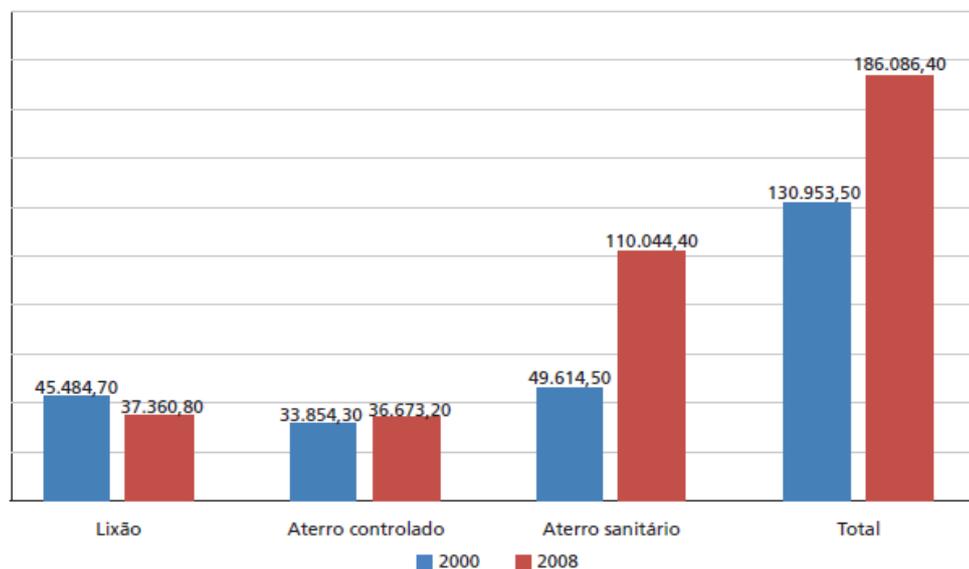
Fonte: PNRS (2012)

A principal destinação final de resíduos sólidos no Brasil são os aterros sanitários, aterros controlados e lixões. No aterro sanitário o solo é impermeabilizado e o resíduo é coberto diariamente, o chorume é armazenado e tratado evitando assim a contaminação do solo, segue normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ao meio ambiente, em particular à saúde e à segurança pública. Nos aterros controlados o solo é impermeabilizado e os resíduos são cobertos, o chorume e o gás gerados são captados, mas não são tratados (MONTEIRO et al., 2001).

Os lixões são áreas de disposição final de resíduos que não recebem preparação do solo, ou seja, o solo não é impermeabilizado, podendo provocar a contaminação do lençol freático, o chorume e o gás não são armazenados, há emissão de metano e também podem ocorrer problemas de saúde pública pela proliferação de insetos e roedores (GARCIA, 2012).

Segundo dados IPEA (2012), podemos verificar na Figura 1, que houve um aumento significativo da disposição de resíduos em aterros sanitários, mas ainda no ano de 2008, 74.034 t/d de resíduos eram depositados em locais inadequados. As metas nacionais eram que entre 2008 e 2015, o Brasil teria que terminar com 862 lixões, entre 2015 e 2020 mais 668 lixões e entre 2020 e 2030 todos os lixões que ainda restassem.

Figura 1- Quantidade de resíduos sólidos domiciliares e/ou públicos encaminhados para disposição no solo (t/d)



Fonte: IPEA (2012)

Os resíduos sólidos são classificados segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004), de acordo com a sua origem em perigosos ou não perigosos e pela sua composição física, química ou biológica. Em relação a sua origem, os resíduos podem ser classificados como domiciliares, hospitalares, industriais, agrícolas, radioativos e da construção civil.

Os resíduos sólidos podem ser reaproveitados para a geração de energia através da incineração e pela compostagem da parcela biodegradável para a aplicação na agricultura ou em jardins de parques e praças. Outro método para reaproveitamento é a utilização do biogás oriundo da decomposição anaeróbia da fração orgânica dos resíduos sólidos nos aterros sanitários (BRAGA e DIAS, 2008).

## 4.2 Compostagem

A compostagem é um processo de decomposição e estabilização biológica que ocorre naturalmente nos compostos orgânicos de origem animal ou vegetal. Para acelerar este processo existem técnicas que visam tornar o ambiente mais favorável para os organismos decompositores como fungos, bactérias, actinomicetos e insetos, a fim de gerar produtos estáveis e ricos em nutrientes (COOPER et al, 2010).

A compostagem diferencia-se da decomposição simples devido aos organismos termófilos que são predominantes no processo e também em decorrência das temperaturas relativamente elevadas. Temperaturas termofílicas são extremamente importantes, pois acarretam a eliminação de patógenos e larvas de moscas. No processo de degradação biológica, o O<sub>2</sub> transforma o carbono do substrato em energia, liberando CO<sub>2</sub>, água e calor (INÁCIO e MILLER, 2009).

A compostagem é um processo que pode ser aplicado em residências, condomínios, casas rurais, escolas e em todos os empreendimentos que geram resíduos orgânicos oriundos do preparo de alimentos (BRITO, 2003).

Na fase inicial da compostagem as colônias de microrganismos mesófilos se expandem e aumentam a velocidade de decomposição e, conseqüentemente, a temperatura. Os métodos e as características da matéria orgânica determinam quão rápida começará a fase termófila, que varia de 15 horas até 3 dias. Na fase seguinte termófila as temperaturas ultrapassam os 45°C, mas para a eliminação de patógenos e taxas ótimas de decomposição, a temperatura tem que se manter entre 50 e 65°C. Quando ultrapassa este valor pode prejudicar a ação dos microrganismos. A terceira fase é novamente mesófila onde fungos e actinomicetos degradam a matéria orgânica mais resistente. A quarta e última fase é a maturação onde a decomposição e as atividades biológicas são baixas, ocorre a formação de substâncias húmicas e a temperatura não se eleva (INÁCIO e MILLER 2009).

Na fase inicial e na fase termófila da compostagem as bactérias são os microrganismos mais ativos. Os fungos são a maioria mesófilos e se desenvolvem melhor com uma umidade mais baixa, já os actinomicetos degradam as substâncias orgânicas mais complexas. Carboidratos, açúcares, proteínas e gorduras são degradados mais facilmente, já hemicelulose, celulose e lignina sofrem uma degradação muito mais lenta (FERNANDES et al, 1999).

Os resíduos biodegradáveis quando destinados a compostagem aumentam a vida útil dos aterros e ainda adquirem valor econômico. Os materiais que podem ser aproveitados na compostagem são restos de cultura agrícola, vegetais, cascas, frutas, restos alimentares em geral e também esterco de animais. A compostagem é uma forma correta de destinação final desses resíduos. Outros resíduos que podem ser aproveitados são cascas, pó de serra, maravalhas, podas de árvores e lodos das estações de tratamento de esgoto (MEIRA et al, 2003).

O composto final apresenta diversos nutrientes, pois os resíduos vegetais e animais que deram origem a ele possuem uma variedade grande de nutrientes, como nitrogênio,

fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, zinco, cobre, manganês, boro e enxofre. Quando o composto é aplicado ao solo as plantas assimilam esses minerais (PEREIRA NETO, 2007).

### 4.3 Vermicompostagem

A vermicompostagem é uma prática nova, mas que tem chamado atenção por ser de baixo custo, fácil aplicação e muito eficiente. O processo possui a finalidade de reciclar resíduos orgânicos e produzir adubo orgânico estabilizado. Este sistema diferencia-se da compostagem em razão da utilização de minhocas (AQUINO et al, 2005).

As vantagens da vermicompostagem em relação a outras técnicas de degradação biológica são a qualidade do composto, a facilidade de operação, a redução de patógenos e a transformação de metais pesados em biossólidos. Todos os resíduos orgânicos podem ser usados como substrato para a vermicompostagem, desde que estejam em condições física, química e biologicamente apropriadas (LOURENÇO, 2010).

No sistema de vermicompostagem a rápida umidificação da matéria orgânica acontece devido a ação de microrganismos existentes no tubo digestivo das minhocas e atividade das enzimas produzidas nele. O húmus é uma substância de cor escura, inodoro, rico em flora bacteriana e estável. A composição química varia de acordo com o substrato (SUSZEK, 2005).

Lourenço (2010) define vermicompostagem como a ação conjunta de minhocas, bactérias, fungos e actinomicetes na oxidação biológica de substratos orgânicos. Para o autor a função das minhocas é basicamente física, promovendo o revolvimento, a aeração e a fragmentação do substrato.

As espécies mais utilizadas no processo são as espécies *Eisenia Foetida*, *Eisenia andrei* e *Eudrilus eugeniae* que se alimentam de resíduos orgânicos em decomposição, possuem alta taxa de reprodução em cativeiro, crescimento rápido e convertem uma grande quantidade de vermicomposto (AQUINO, 2009).

A vermicompostagem, diferentemente da compostagem comum não necessita de revolvimentos, a movimentação das minhocas revolve o substrato. A umidade é fator limitante para o processo, o ideal é manter a umidade do substrato de 60% a 70% (AQUINO et al, 2005).

A cobertura adequada da vermicomposteira aumenta a eficiência do processo, ocasiona um leve aquecimento, mantém a umidade e deixa o ambiente escuro, apropriado para uma degradação mais rápida dos resíduos, já que as minhocas são fotofóbicas e sensíveis às oscilações de temperatura (GARCIA et al, 2016).

Segundo Lourenço (2014), não há um percentual definido cientificamente da quantidade de nutrientes e condutividade elétrica que reconheça a formação do vermicomposto. A relação C/N indicada de 18/1 também não garante que toda a matéria orgânica foi convertida em vermicomposto. Pode-se avaliar a produção do vermicomposto, quando ele apresentar odor de terra molhada e aspecto granular castanho-escuro, parecido com a borra de café.

O tempo para a maturação do vermicomposto depende do tipo de resíduos, espécie e quantidade de minhocas e dos processos de manutenção e monitoramento. O vermicomposto pode ser aplicado no solo, servindo como corretivo, fertilizante e aumentando a diversidade microbiana nos solos. Diminui a necessidade do uso de fertilizantes, herbicidas, fungicidas e inseticidas (LOURENÇO, 2010).

Segundo Aquino (2009) para um canteiro de 1 m<sup>3</sup> são necessárias aproximadamente 1000 minhocas, semelhante a meio litro. Os substratos que podem ser utilizados na vermicompostagem são restos de vegetais em geral, resíduos domésticos orgânicos, restos de capina.

O húmus acarreta ao solo vários benefícios, entre eles o aumento da porosidade, o acréscimo da oxigenação, melhoria na habilidade de absorção de nutrientes pelas plantas, crescimento de microrganismos, redução da necessidade de adubo químico, atenuação dos custos da produção e pode ser empregado em todos os tipos de culturas vegetais (GARCIA et al, 2016).

#### **4.4 Resíduos orgânicos na compostagem e vermicompostagem**

Resíduos orgânicos são todos os materiais provenientes de animais ou vegetais e sua acumulação no meio ambiente pode provocar impactos ambientais negativos. Na compostagem o principal substrato utilizado são os resíduos orgânicos urbanos, composto por sobras e cascas de frutas e legumes, bagaços e restos de alimentos e resíduos de podas de árvores (TEIXEIRA, 2004; OLIVEIRA, 2005). Resíduos de podas de árvores são mais

porosos, isso aumenta a circulação de O<sub>2</sub> na leira de compostagem. Já os restos de alimentos apresentam menor granulometria e diminuem o fluxo de oxigênio. Açúcares, amidos e proteínas possuem degradação fácil, sendo os primeiros a serem decompostos, depois são os aminoácidos e hemicelulose. Celulose, lignina e gorduras são resistentes a decomposição (LOURENÇO, 2010).

Materiais orgânicos com relação C/N alta levam mais tempo para se decompor, já os com baixa C/N são rapidamente decompostos. Por exemplo, sobras de frutas, legumes, restos de alimentos em geral e esterco são rapidamente degradados, já folhas, ramos e leguminosas possuem uma decomposição mais lenta (TEIXEIRA et al, 2000).

Na vermicompostagem podem ser utilizados toda matéria orgânica de origem animal e vegetal, as minhocas requerem alimentação balanceada, com abundância de nitrogênio, fibras e carboidrato (AQUINO e ASSIS, 2005).

Os materiais orgânicos podem ser divididos em verdes e castanhos. Os castanhos possuem relação C/N maior do que 30/1. Alguns exemplos são palha, folhas secas, aparas de madeira e serragem. Por outro lado, os verdes possuem relação C/N inferior a 30:1 sendo encontrados nos restos de alimentos, cascas de frutas e legumes, borras de café, restos de pão, arroz, massa, cascas de ovos, folhas e sacos de chá. Os materiais que não são indicados são carnes, laticínios, gorduras, tintas, pilhas e medicamentos. Colocar grande quantidade de restos de comida cozida na composteira não é indicado e deve se controlar sua quantidade, pois pode atrair insetos e causar mau cheiro (MEIRA et al, 2003).

Vários materiais orgânicos podem ser utilizados para a criação de minhocas, tais como: resíduos orgânicos doméstico, restos vegetais e esterco em geral. No entanto, materiais fibrosos, que têm alta relação C/N e, conseqüentemente, são pobres em nitrogênio, criam limitações para o desenvolvimento da vermicultura (AQUINO et al, 1992).

Na tabela apresentada a seguir podemos ver a relação carbono e nitrogênio de materiais biodegradáveis que podem ser utilizados no processo de compostagem ou vermicompostagem.

Tabela 2 - Relação C/N dos materiais

<b>Material</b>	<b>Relação C/N</b>	<b>Material</b>	<b>Relação C/N</b>
Papel de jornal	517/1	Resíduos de algas	16/1
Papéis diversos	145/1	Pasta de papel	90/1
Cartão	143/1	Resíduos de matadouros	2/1
Pão	10/1	Resíduos de peixe diversos	5,1/1
ROD mistos	23/1	Borra de café	20/1
Resíduos alimentares mistos	16/1	Serradura	511/1
Carne	7/1	Gorduras	183/1
Resíduos alimentares domésticos	13,5/1	Resíduos de madeira diversos	767/1
Aparas de relva diversas	17/1	Aparas de madeira	625/1
Podas de árvores	16/1	Aparas de eucalipto	15/1
Podas de arbustos	53/1	Aparas de pinheiros	80/1
Folhagem solta e seca	60/1	Folhagem diversa	60/1
Caruma seca	50/1	Folhas secas	80/1
Estrume de aviário sem cama	7/1	Resíduos de fruta mistos	35/1
Estrume bovino (vaca)	18/1	Resíduos hortícolas diversos	19/1
Estrume bovino(boi)	25,3/1	Resíduos frutícolas diversos	40/1
Estrume equino	25/1	Cebola	15/1

(Continua)

Tabela 2 - Relação C/N dos materiais (continuação)

<b>Material</b>	<b>Relação C/N</b>	<b>Material</b>	<b>Relação C/N</b>
Estrume de aves domesticas	15/1	Nabo (total da cultura)	19/1
Estrume ovino sem cama	10/1	Batata (parte aérea)	25/1
Estrume ovino diverso	16,5/1	Couve repolho	21,1/1
Lamas de pasta de papel	250/1	Cenoura	27,1/1
Lamas urbanas	10,5/1	Resíduos vegetais diversos	25/1
Resíduos diversos de milho	90/1	Resíduos secos e leguminosas	17/1
Palha diversa	475/1	Palha de trigo	128/1
Palha de aveia	48/1	Bagaço de uva	20,15/1
Fonte: LOURENÇO (2014)		(Conclusão)	

#### 4.5 Principais variáveis do processo

##### 4.5.1 Aeração

A compostagem é um processo aeróbico onde os microrganismos oxidam a matéria orgânica e para que este processo ocorra é vital o fornecimento de O<sub>2</sub>. A demanda de oxigênio pode se tornar um fator limitante caso não ocorra aeração suficiente, levando a um processo mais lento. A falta de aeração pode gerar um ambiente anaeróbico, que é facilmente detectado pelo odor desagradável provocado por gases como metano e gás sulfídrico, liberados no processo de decomposição anaeróbica (FERNANDES et al, 1999).

A aeração pode ser promovida por meio do revolvimento, que deve ser realizado principalmente quando as temperaturas estiverem elevadas, quando houver excesso de umidade ou quando for detectado mau cheiro no composto. No primeiro estágio de

compostagem, os revolvimentos devem ser feitos uma vez por semana ou quando forem verificadas temperaturas acima de 60°C (COOPER et al, 2010).

O correto é que se realize a troca das camadas superficiais com as camadas centrais e do fundo da pilha. Este processo assegura que todo o composto fique sujeito a temperaturas entre 35° C a 65°C, fundamentais para a completa degradação (PICCIAFUOCO, 2013).

É difícil medir a quantidade de O<sub>2</sub> no composto, por isso o controle deve ser realizado através da verificação da temperatura, da umidade e da frequência de revolvimento. Na parte mais externa do composto a quantidade de O<sub>2</sub> é de 18 a 20%; do meio até o fundo do composto, o O<sub>2</sub> vai diminuindo. Em profundidades superiores a 0,60m, chega de 0,5 a 2% (BIDONE e POVINELLI, 1999).

#### 4.5.2 Temperatura

A temperatura é um parâmetro que permite avaliar se a compostagem está ocorrendo de maneira adequada. A partir do momento que a compostagem inicia, as temperaturas se elevam e essa fase é chamada de mesofílica, onde as temperaturas variam de 25 a 43°C (COOPER et al, 2010).

A temperatura é um fator indicativo de eficiência. Se a temperatura alcançar entre 40 e 60°C no terceiro dia, significa que o processo está ocorrendo corretamente. Do contrário, algum dos parâmetros físico-químicos estão fora dos padrões ótimos (FERNANDES et al, 1999).

Para Bidone e Povinelli (1999) a compostagem é dividida em quatro fases. Na primeira a temperatura se eleva até o limite ótimo de compostagem e o tempo pode variar de horas até alguns dias, de acordo com o clima do local. Na segunda fase ocorre a degradação da matéria orgânica e o tempo varia de 60 a 90 dias. Na terceira fase, o material começa a perder calor, levando de três a cinco dias o processo de resfriamento. Na fase 4, ocorre a maturação do composto, com formação de ácidos húmicos, levando de 30 a 60 dias.

Na fase mesófila predominam bactérias e fungos que degradam carboidratos, lipídeos e proteínas. Quando a temperatura ultrapassa os 43°C entra-se na fase termofila onde as temperaturas podem chegar a até 85°C. Nessa fase surgem os actomicetos (bactérias termofílicas). A elevação da temperatura é importante pra eliminar os patógenos, mas não deve ultrapassar os 65°C, pois prejudica a eficiência dos demais microrganismos. A faixa ideal é de 55 a 65°C que permite a máxima ação microbiológica ( FERNANDES et al, 1999).

#### 4.5.3 Umidade

A água é fundamental aos microrganismos, sendo a taxa ideal de umidade entre 50 e 65%. Se ultrapassar 65% não há circulação de oxigênio e o ambiente se torna anaeróbico. Se ficar abaixo de 40% a ação dos micro-organismos é inibida (FERNANDES et al, 1999).

As mudanças no teor de umidade nas leiras de compostagem são devidas a evaporação e formação de água metabólica. A umidade tende a diminuir devido a quantidade de água perdida na evaporação ser maior. Uma forma de evitar a evaporação em excesso é adicionar aparas de madeiras que são absorventes e retém a água (INÁCIO e MILLER, 2009).

Os resíduos orgânicos domésticos possuem em media 55% de umidade, por isso a compostagem é um processo eficiente na transformação da matéria orgânica em húmus. Materiais ricos em fibras necessitam de umidade maior no inicio do processo, entorno de 60% (BIDONE E POVINELLI, 1999).

Quando ocorrer umidade em excesso, é indicado incorporar resíduos vegetais secos ou aparas de madeira, que absorvem a umidade. Se a umidade estiver baixa adiciona-se água ou materiais com alta umidade (PEREIRA NETO, 2007).

#### 4.5.4 Relação C/N

Carbono e nitrogênio são essenciais a vida dos micro-organismos, quanto maior a relação C/N mais lenta é a decomposição do material. Para cada parte de nitrogênio os microrganismos utilizam 25 a 30 partes de carbono (INÁCIO e MILLER, 2009).

Na compostagem os resíduos ricos em carbono têm o objetivo de suprir a quantidade ideal de matéria orgânica e energia para formar as células. Por outro lado, os materiais ricos em nitrogênio, predominantemente proteínas, são essenciais para o crescimento dos microrganismos e aceleração do processo de compostagem (CERRI et al, 2008).

A porção necessária de carbono é significativamente maior do que a de nitrogênio, já que os microrganismos usam-o como fonte de energia e sua quantidade é mais elevada do que o nitrogênio nas células, integrado em moléculas orgânicas que exercem funções fundamentais para células. As transformações do nitrogênio que acontecem no ambiente também podem acontecer na compostagem. No processo de compostagem as etapas mais significativas são assimilação, nitrificação e mineralização. O nitrogênio total diminui no

decorrer do processo de compostagem, especialmente por volatilização (CANCELADO, 2014).

Ao decorrer da compostagem, grande parte do nitrogênio é perdido, podendo chegar a 50%, isso ocorre quando a relação C/N dos resíduos é baixa. Quando a relação C/N está baixa, o nitrogênio fica em excesso e pode ser perdido como amônia causando maus odores. Quando a relação C/N está alta, o crescimento microbiano é inibido e a degradação do carbono será mais lenta (BRITO, 2003).

#### 4.5.5 Granulometria

A menor granulometria das partículas de resíduos proporciona maior área superficial de contato, o que acarreta na mais rápida decomposição, mas pode gerar compactação dos resíduos e prejudicar o processo de aeração. Em restos de alimentos não é recomendado trituração, já em restos vegetais como podas, a trituração facilita a decomposição (INÁCIO e MILLER 2009).

O tamanho das partículas deve ser entre 25 e 75 mm para condições ótimas de compostagem ( FERNANDES et al, 1999).

#### 4.5.6 pH

Os níveis de pH não podem ser muito baixos nem muito altos para não inibirem a ação dos microrganismos, na fase mesófila há uma queda no pH devido a produção de ácidos orgânicos, variando entre 5 e 6, porém na fase termofila o pH pode alcançar valores mais elevados, entre 7,5 e 9 (FERNANDES et al, 1999).

No decorrer da digestão da matéria orgânica realizadas por fungos e as bactérias são liberados ácidos que concentram-se e acidificam o meio. O pH ácido contribui para o crescimento de fungos e para degradação da celulose e da lignina. Mais tarde os ácidos são decompostos e inteiramente oxidados. Quando o pH está muito alto ocorre a volatilização do nitrogênio em forma de amônia, gerando odores desagradáveis (BRITO, 2006).

#### 4.5.7 Microbiologia do processo

Os microrganismos possuem diversas atividades no meio ambiente, uma delas é a degradação da matéria orgânica. As células dos microrganismos possuem aproximadamente 50% de Carbono e 2 a 8% de Nitrogênio (RUSSO, 2003).

Os resíduos orgânicos domiciliares ou rurais que são utilizados na compostagem, possuem naturalmente uma grande quantidade de microrganismos. Estes microrganismos degradam a matéria orgânica e são predominantemente os aeróbios, os facultativos, os mesófilos e os termófilos (PEREIRA NETO, 2007).

Bactérias, fungos e actinomicetos são os microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica na compostagem. Na fase mesofílica prevalecem bactérias mesofílica, quando a temperatura ultrapassa os 40°C as bactérias termofílicas tomam o lugar (FERNANDES et al, 1999).

As bactérias são microrganismos unicelulares e procarióticos, elas iniciam o processo de degradação da matéria orgânica. Neste processo de degradação ocorre a liberação de calor que aquece a leira. A temperatura deve ser monitorada e mantida abaixo de 65°C, pois temperaturas muito altas levam a morte dos microrganismos que degradam a matéria orgânica. Na fase termofílica as bactérias possuem o papel mais importante, que é a degradação da matéria orgânica, elas, além disto, colaboram na fixação de nitrogênio e aumentam a disponibilidade de nutrientes (BIDONE E POVINELLI, 1999).

Segundo Magrini et al (2011), no processo de degradação da matéria orgânica estão presentes vários gêneros de fungos, que produzem enzimas extracelulares que degradam celulose e transformam em metabolitos que são mais facilmente assimilados pelas plantas.

Os fungos diferentemente das bactérias não são tão afetados por fatores como baixa umidade, elevadas relações C/N e pH com faixas mais amplas. Essas características permitem que os fungos sejam capazes de competir com as bactérias na degradação do substrato, já que eles degradam substratos idênticos. Os actinomicetos possuem características de bactérias e fungos, são capazes de se reproduzir e, baixas umidades e altas temperaturas. São importantes na degradação de moléculas orgânicas como a celulose, lignina, proteínas e outras que não são degradadas por bactérias e fungos. As colônias são visíveis a olho nú e possuem cor esbranquiçada. A temperatura ideal para os actomicetos é em torno de 60 °C, devido a isto eles predominam-na fase termofílica (FERNANDES et al; 1999).

#### 4.5.8 Minhocas

A vermicompostagem ocorre pela ação das minhocas e da microflora do seu trato digestivo que degradam a matéria orgânica, que resulta em um composto com o carbono umidificado, ou seja, um composto estabilizado (AQUINO et al, 1992).

No Brasil sabe-se que existem em torno de 250 espécies de minhocas, a espécie que é mais empregada na vermicompostagem é a *Eisenia fetida*, conhecida como Vermelha da Califórnia, pois possui elevada taxa de reprodução, alta produção de vermicomposto e se adapta a diversos ambientes (SCHIEDECK et al, 2006).

A espécie *Eisenia* pertence ao filo Annelida e são classificadas como saprófagas, ou seja, consomem matérias em decomposição de origem animal ou vegetal. As minhocas são organismos fotofóbicos, a exposição a luz pode levar a morte. Outro fator importante para a sobrevivência das minhocas é o substrato, que deve ter porosidade adequada permitindo a entrada de ar e deve conter resíduos domésticos misturados a resíduos ricos em celulose. Os parâmetros ótimos para o desenvolvimento das minhocas são apresentados na Tabela 3 (LOURENÇO, 2010).

As minhocas são hermafroditas, mas não conseguem se autofecundar precisam de um parceiro para ocorrer a troca de espermatozóide entre elas. Após 4 dias do acasalamento ocorre a fecundação, no clitelo são formados casulos. O clitelo é formado por um conjunto de segmentos, e é uma estrutura importante, pois só é visível em minhocas maduras aptas a reproduzir, sendo um parâmetro para distinguir minhocas na idade de reprodução. O período de incubação dos casulos é de aproximadamente 23 dias, são geradas entre 3 e 4 minhocas por casulo, que levam de 40 a 60 dias pra chegarem a fase adulta (AQUINO et al, 1992).

Tabela 3 - Parâmetros que devem ser mantidos durante a vermicompostagem

Parâmetro	Nível ótimo	Nível adequado	Nível crítico
Temperatura (°C)	20	15-24	<5/>7
Humidade(%)	80-85	70-90	<70 / >90
pH	5-6	5-8	<5 / >8
Amônia (ppm)	<500	500-1000	>1000

Fonte: Lourenço (2010)

Quanto mais variados forem os resíduos adicionados as minhocas menor o risco de ocorrerem fugas e melhor vai ser o composto gerado. Os alimentos que devem ser adicionados são vegetais, palhas, restos de frutas, hortaliças e restos alimentares em geral. Deve se evitar colocar carnes, gorduras, óleos e alimentos salgados, pois podem prejudicar a respiração das minhocas (SCHIEDECK et al., 2006).

#### **4.6 Trabalhos de compostagem domésticas**

Quintela (2014) realizou um trabalho de vermicompostagem doméstica para tratamento da parcela orgânica dos resíduos sólidos domiciliares, no qual foram implantadas oito vermicomposteiras em um apartamento residencial utilizando as minhocas da espécie *Eisenia foetida*, com variações no método de operação: sem e com 15% de cítricos, alimentação difusa e pontual, e resíduos triturados ou não triturados. Os parâmetros monitorados foram temperatura, umidade, pH, taxa de reprodução das minhocas e volume de biofertilizante, todos os parâmetros avaliados tiveram resultados satisfatórios. As minhocas se reproduziram mais quando não foram adicionados resíduos cítricos, com alimentação difusa e resíduos triturados. Na análise visual dos vermicompostos não foram constatadas diferenças nítidas.

Melo (2015) analisou o uso de compostagem doméstica em conjuntos habitacionais na cidade de São Domingos- Bahia, no qual 12 domicílios receberam os kits de compostagem. As composteiras foram fabricadas com baldes plásticos de 18L, foram colocados três baldes um em cima do outro, as laterais, a base e a superfície foram furadas com diâmetro de 0,5 cm para permitir a aeração e a drenagem do lixiviado. Os resíduos utilizados foram cascas de frutas, legumes, hortaliças, casca de ovos, pó de café e restos de comida , exceto , carne , peixe e gorduras. O monitoramento ocorreu duas vezes por semana e o projeto teve duração de 39 dias, durante esse tempo foram analisados, as temperaturas, a granulometria dos resíduos, o teor de umidade, a aeração, a geração de odor, a atração de vetores, a produção de lixiviado e volume de resíduos. Em laboratório analisou-se o teor de umidade, o valor de pH, sólidos totais e sólidos totais voláteis do composto obtido aos 39 dias de compostagem. O composto não atingiu temperaturas termofílicas, mas segundo o autor a temperatura esteve dentro dos valores encontrados por outros autores que realizaram estudos com composteiras de até 50 L. Segundo o autor o composto não pode ser considerado curado no final dos 39

dias, mas apresentou visualmente cor, odor e granulometria compatíveis com um composto maturado.

Brito e Figueiredo (2008) desenvolveu um trabalho sobre compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial de utilização de composto como substrato, onde foram utilizados resíduos orgânicos oriundos de feiras de frutas e verduras e restos de podas da Universidade de Tiradentes, foram construídas sete leiras, com porcentagens de resíduos variadas e com granulometria diferente. Os resíduos foram colocados intercalando camadas de 15 cm até chegar a 1 metro. Os parâmetros analisados foram temperatura, pH, umidade, nitrogênio total, contagem microbiana e degradação de celulose, hemicelulose e lignina. Os resultados encontrados mostraram que o diâmetro das partículas não muda o composto final, apenas altera a velocidade de maturação. A leira que recebeu 70% de resíduos orgânicos e 30% de poda com granulometria grande foi a que demorou menos tempo para obter um composto curado. O autor concluiu que a compostagem em pequena escala gera um composto orgânico que pode ser utilizado como fertilizante.

Wangen e Freitas (2010) desenvolveram um estudo sobre a implantação da compostagem na Universidade Federal Uberlândia. Os resíduos que foram utilizados são de residências do município, como composteira foi utilizado um tambor plástico com capacidade para 200L, os resíduos foram picados antes de serem colocados na composteira, o tempo de compostagem foi de 120 dias quando foi averiguado que a temperatura do composto se mantinha em 36 °C. O trabalho teve como conclusão, que a compostagem é uma ótima alternativa para o aproveitamento de nutrientes e que o composto obtido pode ser utilizado como fertilizante, pois todos os parâmetros analisados estavam em acordo com a legislação.

Kumar *et al.* (2009) estudou o desempenho de diferentes modelos de composteira para gerenciar resíduos orgânicos domésticos. No trabalho foi avaliado qual processo seria mais eficaz, a compostagem ou vermicompostagem, e foi avaliado qual modelo de reator seria mais eficiente, tambores plásticos com tampa, cilindro de metal suspenso horizontalmente com uma manivela de revolvimento ou recipientes plásticos perfurados. Os resíduos utilizados foram restos alimentares de cozinhas, jornal desfiado e folhas mortas. As minhocas utilizadas são das espécies *Eisenia fetida* e *Perionyx excavatus* e minhocas comuns de jardim. A granulometria dos resíduos foi diminuída manualmente até 2 cm. Os parâmetros analisados foram odor, produção de lixiviado, a redução do volume e a cor do composto. Os autores concluíram que o melhor processo para residências é a vermicompostagem e o melhor reator foi o de material plástico perfurado, pois reduziu 47% dos resíduos compostados.

#### **4.7 Utilização do composto**

O composto orgânico origina-se da reciclagem da matéria orgânica, seja ela de origem animal ou vegetal, nesse processo restos de alimentos, podas e feses de animais são degradados por micrororganismos e formam esse composto que é rico em nutrientes (SILVA et al, 2002).

A identificação do composto maduro pode ser realizada analisando-se os aspectos visuais, pois ele apresenta coloração marron, pouca umidade e odor de terra. O composto é biologicamente estável e possui diversos nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e outros. Para evitar que os nutrientes sejam perdidos deve-se aplicar o composto ao solo logo após sua produção, o composto é indicado para a correção de solos com baixa quantidade de matéria orgânica (SILVA, 2008).

O composto orgânico atua como condicionador do solo, as substâncias húmicas presentes agem como cimentantes do solo e formam agregados estáveis. Também aumenta a capacidade de armazenamento de água do solo (PEREIRA NETO, 2007).

A aplicação do composto no solo implica em diversos benefícios, alguns deles são: aumento da capacidade de troca de cátions do solo; torna o pH do solo mais estável; além de aumentar a biodiversidade do solo. A liberação de nutrientes no solo ocorre lentamente, evitando assim a saturação (INACIO e MILLER, 2009).

Segundo Oliveira et al (2004), além dos benefícios citados anteriormente o composto aumenta a capacidade de aproveitamento dos adubos minerais adicionados ao solo, a matéria orgânica presente no composto facilita a absorção de nutrientes químicos que são fornecidos ao solo e também colabora para a redução da toxicidade causada por pesticidas e de outras substâncias tóxicas.

## **5 MATERIAIS E MÉTODOS**

Neste capítulo são apresentados todos os procedimentos, equipamentos e materiais utilizados no trabalho. As composteiras e vermicomposteiras foram implantadas em uma propriedade rural no município de Caçapava do Sul e as análises químicas e físico-químicas foram realizadas nos Laboratório de Química da Universidade Federal do Pampa - Campus de Caçapava do Sul.

### **5.1 Localização do experimento**

As vermicomposteiras e composteiras inicialmente foram instaladas numa área externa ao campus, local cercado para impedir a aproximação de animais, coberto parcialmente, com boa ventilação e iluminação natural (Figura 2). Mas em decorrência do excesso de luz solar no local, que poderia afetar o desenvolvimento das minhocas, as composteiras foram transferidas para uma propriedade particular localizada próxima ao campus (Figura 3). O local onde foram instaladas as composteiras é parcialmente fechado, protegido de chuva, da luminosidade excessiva e de animais.

Figura 2 – Local de instalação inicial das composteiras e vermicomposteiras no Campus Caçapava do Sul<sup>1</sup>



Fonte: Autora (2017)

Figura 3 – Local onde foram instaladas as composteiras e vermicomposteiras.



Fonte: Autora (2017)

<sup>1</sup> As composteiras apresentadas na Figura 2 pertencem as atividades de ensino de uma componente curricular do curso da Engenharia Ambiental e Sanitária.

## 5.2 Substrato

Os resíduos orgânicos para alimentação das composteiras foram recolhidos no restaurante universitário do campus Caçapava do Sul. Foi solicitado aos funcionários que fizessem a separação e armazenassem a parcela que continha os resíduos orgânicos em um recipiente (Figura 4). Os resíduos foram armazenados e recolhidos no mesmo dia, para a decomposição não ocorrer antes de iniciar os experimentos. Em dois dias já foi recolhida a quantidade suficiente para começar o processo de compostagem.

Figura 4 - Recipiente para armazenamento dos resíduos no restaurante universitário



Fonte: Autora (2017)

## 5.3 Caracterização do substrato

A caracterização do substrato foi realizada para identificar a parcela de resíduos compostáveis e de não compostáveis. Primeiro os resíduos foram pesados para avaliar a geração diária no estabelecimento. Posteriormente, os resíduos foram dispostos sobre uma lona e separados manualmente em montes de acordo com as seguintes categorias: resíduos compostáveis, resíduos compostáveis cozidos, resíduos cítricos e rejeitos. Foram pesadas cada

uma das categorias e determinada a porcentagem de resíduos compostáveis, resíduos compostáveis cozidos, resíduos cítricos e rejeitos.

Verifica-se que na maioria dos projetos de compostagem e vermicompostagem, os alimentos cozidos são rejeitados. A justificativa é que esses alimentos são mais atrativos a vetores como insetos e ratos, além disso, o sal contido nos alimentos, se em alta concentração, prejudica o desenvolvimento minhocas. Então, neste trabalho foram utilizados dois substratos, um contendo 100% de alimentos crus e outro com 70% crus e 30% cozidos nas composteiras e vermicomposteiras com a finalidade de avaliar o desempenho do sistema. Para a alimentação das composteiras e vermicomposteiras foram rejeitados resíduos cítricos e carnes (rejeitos). Depois de separados os resíduos nas respectivas categorias, eles foram pesados e separados em montes onde foram divididos para cada uma das composteiras e vermicomposteiras nas porcentagens de 100% crus ou 70% crus e 30% cozidos. Antes de serem adicionados as composteiras, os resíduos tiveram a granulometria reduzida manualmente utilizando tesouras, até obter a granulometria indicada de 3 a 5 mm.

#### **5.4 Minhocas**

As minhocas que foram utilizadas são apresentadas na Figura 5, pertencem a espécie *Eisenia foetida*, conhecida como Vermelha da Califórnia, esta espécie foi escolhida em razão da sua elevada taxa de reprodução, alta produção de vermicomposto e pela capacidade de se adaptar a diversos ambientes (SCHIEDECK et al; 2006). As minhocas que foram utilizadas pertenciam a uma escola técnica agropecuária de Caçapava do sul, que doou a quantidade necessária para o projeto. Como citado anteriormente, foram utilizadas 1000 minhocas por m<sup>3</sup> de resíduo sendo que cada vermicomposteira possui capacidade para 0,036 m<sup>3</sup>. A quantidade de minhocas adicionada as vermicomposteiras foi de 45 minhocas em cada uma das 4 vermicomposteiras. Para avaliar a taxa de reprodução das minhocas elas foram contabilizadas no final do experimento.

Figura 5– Minhoca da espécie Eisenia Foetida



Fonte: Autora (2017)

### 5.5 Montagem das composteiras e vermicomposteiras domésticas

O material utilizado para a construção das composteiras foram baldes plásticos (Figura 6) procedentes de estabelecimento comercial alimentício, que seriam descartadas na coleta municipal, e uma válvula para controle do dreno do chorume.

Cada composteira foi montada com dois baldes plásticos com as seguintes dimensões: 32 cm de altura, 19 cm e 26 cm largura, com capacidade de 18 litros, ocupando uma área de 0,049 m<sup>2</sup>. Os baldes com tampa foram encaixados um em cima da outro, foram feitos 35 furos de aproximadamente 0,5 cm de diâmetro nos lados e na base das caixas para permitir a circulação de ar e a drenagem do chorume da caixa superior para a inferior.

Figura 6- Embalagem plástica utilizada para a construção das composteiras.



Fonte: Autora (2017)

A área total ocupada pelas oito composteiras foi de cerca de 0,39 m<sup>2</sup>, considerando que todas ficaram posicionadas no chão. Cada composteira recebeu uma identificação numérica de 1 à 8.

### **5.6 Experimentos de compostagem e vermicompostagem**

Foram montadas quatro vermicomposteiras e quatro composteiras convencionais (Figura 7). Os experimentos foram realizados por cerca de 70 dias, de agosto a outubro de 2017. O planejamento experimental desenvolvido está mostrado na Tabela 4. Os experimentos foram realizados em duplicata.

Figura 7- Sistema de composteiras e vermicomposteiras doméstica



Fonte: Autora (2017)

Tabela 4- Planejamento experimental

Experimento	Processo	Substrato
1	vermicompostagem	70% crus e 30% cozidos
2	vermicompostagem	100% alimentos crus
3	compostagem	70% crus e 30% cozidos
4	compostagem	100% alimentos crus

Fonte: Autora (2017)

Depois de montadas as composteiras e vermicomposteiras, a primeira camada colocada foi uma base de 5 cm de composto maturado (estabilizado) procedente do colégio agrícola<sup>22</sup>, é importante colocar essa base para aumentar a quantidade de microrganismos e acelerar o processo. Também se faz necessário adicionar esta base para as minhocas se adaptarem melhor ao ambiente da vermicomposteiras e não haver perdas. Depois da camada de composto maturado foram adicionadas 45 minhocas a cada umas das 4 vermicomposteiras. A alimentação do sistema aconteceu uma vez e já foi completada a capacidade das vermicomposteiras e composteiras. Depois de colocada as minhocas nas vermicomposteiras,

<sup>22</sup> As minhocas utilizadas nos experimentos de vermicompostagem foram doadas desta colégio.

foram adicionados os resíduos, nas proporções indicadas na Tabela 4. A última camada adicionada as composteiras e vermicomposteiras foi de folha secas, para alcançar a relação C/N de 30/1. Como mostrado na Tabela 2, os resíduos alimentares mistos possuem relação 16/1 e as folhas secas apresentam relação C/N de 80/1, então, foram colocadas 2 partes de resíduos alimentares mistos para 1 parte de folhas secas.

### 5.7 Análises físico-químicas

Os parâmetros físico-químicos foram monitorados durante o experimento e a frequência das análises são mostradas na Tabela 5. As amostras de composto foram coletadas e imediatamente analisadas. A análise de temperatura foi realizada *in loco*, as demais análises foram realizadas no laboratório de química.

Tabela 5 - Parâmetros físico-químicos analisados no composto

<b>Parâmetros</b>	<b>Método/equipamento</b>	<b>Frequência de monitoramento</b>
Temperatura	Termômetro digital espeto	3 vezes por semana
Umidade	EMBRAPA (1997)	Final do experimento
Ph	EMBRAPA (1997)	Final do experimento
Volume do biofertilizante	Proveta Graduada	1 vez por semana
Quantidade de minhocas	Quantificação do número (unidades)	No início e no final do experimento

Fonte: Autora (2017)

A determinação da umidade foi realizada pelo método da EMBRAPA (1997), uma amostra de peso conhecido foi encaminhada para secagem na estufa a 105°-110°C por 24h. Depois retirou-se o material da estufa e foi transferido para o dessecador para esfriar, em seguida, foi pesado. O cálculo foi realizado pela equação 1:

$$\text{Umidade Volumétrica} = 100 \times \frac{(a-b)}{c} \quad [\text{Eq. 1}]$$

Onde *a* é o peso da amostra úmida (g), *b* é o peso da amostra seca (g) e *c* é o volume da amostra (cm<sup>3</sup>).

No procedimento para a determinação do pH foi colocado 50 mL do lixiviado em um Becker de 100 mL. A leitura do pH foi realizada no equipamento pHmetro, mostrado na Figura 8.

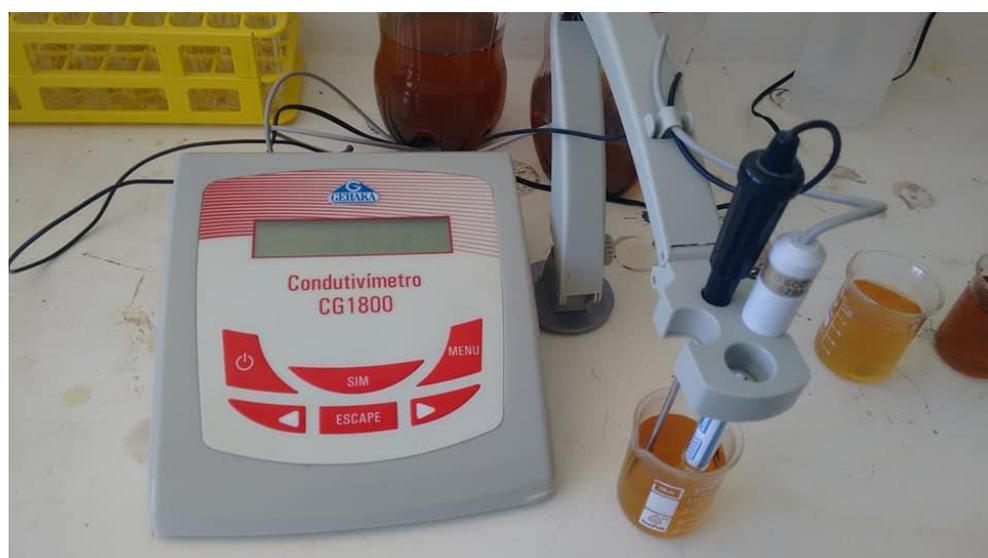
Figura 8- Equipamento utilizado para determinação do pH.



Fonte: Autora (2017)

A determinação da condutividade elétrica das 8 amostras foi determinada no equipamento Condutivímetro CG 1800 (Figura 9).

Figura 9- Equipamento utilizado para a determinação da condutividade elétrica.



Fonte: Autora (2017)

A análise de Sólidos Totais foi realizada segundo o método de Garcez (2004), primeiramente foi calcinada a cápsula de porcelana na estufa a 105°C por 1 hora, depois foi deixada para resfriar no dessecador e, posteriormente, foi anotado o peso  $P_0$ . Em seguida, foi colocado 50 ml de amostra do lixiviado na cápsula e encaminhada para a estufa à 103-105 °C até alcançar peso constante (24 horas), Finalizado o processo na estufa, a cápsula foi colocada para esfriar no dessecador, foi pesado e anotado o peso  $P_1$ . O cálculo dos sólidos totais foram realizados pela equação 2.

$$ST \text{ (mg/L)} = \frac{(P_1 - p_0)}{\text{vol. da amostra (l)}} \times 1000 \quad [\text{Eq. 2}]$$

A determinação do teor de matéria orgânica foi realizada por meio da metodologia de Goldin (1987), as amostras foram encaminhadas para secagem em estufa a 105 °C, por 24 h, depois os cadinhos de cerâmica com as amostras foram colocados no forno do tipo mufla e incinerados em uma temperatura de 550 °C, por 3 h. Posteriormente, o conjunto (cadinho+resíduos) foi colocado no dessecador e, em seguida, pesado. O teor de matéria orgânica foi calculado em função da perda de massa do resíduo incinerado, considerando o material perdido pela queima, conforme a equação 3.

$$MO(\%) = \frac{(P - (T - C) \times 100)}{P} \quad [\text{Eq. 3}]$$

em que P é o peso da amostra (g) depois de aquecida a 105 °C; C é a tara do cadinho (g); e T é o peso da cinza somada ao cadinho (g).

## 6 RESULTADOS

### 6.1. Caracterização dos resíduos orgânicos

Em média são gerados diariamente 100 kg de resíduos orgânicos no restaurante universitário da UNIPAMPA, campus Caçapava do Sul. Desses aproximadamente 70% são restos e cascas de vegetais e frutas e 30% de alimentos cozidos, dados repassados pelos responsáveis do restaurante universitário.

Na segregação dos resíduos (Figura 10), realizada para caracterizar a geração do restaurante universitário, foram adquiridos valores próximos aos informados pelos responsáveis do restaurante.

Os resíduos do Restaurante Universitário são repassados duas vezes ao dia, as sobras do preparo do almoço às 15h e as sobras do almoço e do preparo da janta às 21h. O substrato utilizado nos experimentos foi recolhido em dois dias, em um dia recolheu-se 21h e no outro dia 15h. A quantidade recolhida total foi igual a 90 kg, destes aproximadamente 13 kg eram de rejeitos (resíduos cítricos e carnes), ou seja, 14% dos resíduos não podem ser compostados. A parcela de resíduos compostáveis cozidos totalizou 22 kg, 25 % do total de resíduos gerados e a parcela restante foram os resíduos compostáveis crus totalizando 55 kg, 61%.

Figura 10- Segregação realizada para caracterizar a geração de resíduos



Fonte: Autora (2017)

O volume de cada um dos 8 reatores era de 18 litros, o peso depois de adicionado todo o substrato variou em cada um deles, devido ao tipo de resíduo colocado. Resíduos crus como a alface, ocupam maior volume e pesam menos, já resíduos cozidos como o arroz pesam mais ocupando um menor volume. Por esse fato que cada reator variou de peso no processo (Tabela 6).

Tabela 6- Redução de massa no processo de compostagem e vermicompostagem.

Experimento	Peso inicial	Peso final	Taxa de redução
1	13.278 kg	5,712 kg	56,7%
2	9,178 kg	4,787 kg	47,5%
3	9,29 kg	4,1 kg	55,3%
4	6,41 kg	2,61kg	59,6%

Fonte: Autora (2017)

A menor taxa de redução foi de 47,5% e a maior 59,6%, o valor final em todos experimentos foi próximo, sendo a redução média de 54,7%. Os valores finais foram próximos, mas foram notadas diferenças na velocidade de degradação durante o processo.

A redução de massa nos experimentos alimentados com resíduos crus, foi percebida já na primeira semana após a alimentação, a análise visual mostrou uma redução de 50 % de volume já na primeira semana e alta geração de lixiviado. Fato que pode estar relacionado a composição dos resíduos que eram em sua maioria folhas de alface e cascas de tomate, que são facilmente degradados.

Nos experimentos 1 e 3 que foram alimentados com 30% de resíduos cozidos, a redução de volume foi percebida somente após a terceira semana de experimento e a degradação dos resíduos cozidos levou aproximadamente 60 dias para ocorrer. Aos 50 dias de experimento ainda foi percebido que havia resíduos não degradados, já nos 75 dias de experimento quando foi encerrado o processo todos os resíduos alimentares tinham sido degradados.

## **6.2. Operação e monitoramento das vermicomposteiras**

Dentre os indicadores do processo, é importante destacar a presença de odores ruins associados aos experimentos 1 e 3 principalmente nos primeiros dias que ocorreram após a alimentação. Estes dois experimentos, sendo um composteira e o outro vermicomposteira receberam 30% de alimentos cozidos. Os odores ruins foram percebidos somente após a abertura das composteiras. Enquanto mantiveram-se tampadas, não foi possível perceber.

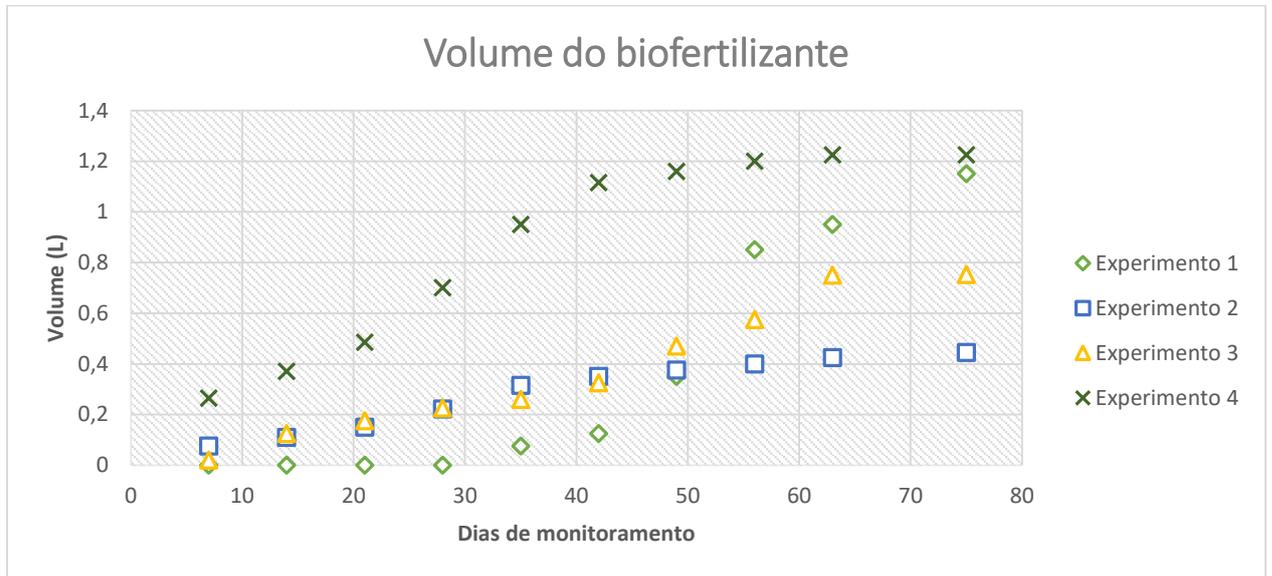
Destaca-se negativamente o experimento nº 3 pois na maior parte do monitoramento realizado havia odor ruim ao abrir as caixas. Esse fato ocorreu provavelmente devido à presença dos alimentos cozidos, pois o experimento sem alimentos cozidos não apresentou odor desagradável ao longo do processo. Em nenhum momento foram verificados odores ruins associados aos experimentos nº 2 e 4. Isto permite afirmar que a alimentação com resíduos crus é fundamental para prevenir o odor.

O único registro de insetos durante o experimento foi de pequenas moscas apenas nos experimentos com alimentos cozidos, que costumavam estar associadas às frutas em processo inicial de decomposição.

## **6.3 Resultados das análises físico-químicas**

Em relação aos parâmetros físico-químicos, a umidade não foi um parâmetro limitante do processo. Todas as composteiras e vermicomposteiras mantiveram-se úmidas, de forma que não foi necessário fornecer água aos sistemas. Nos primeiros dias do experimento, os experimentos 2 e 4 alimentados com resíduos crus geraram grande quantidade de líquidos. Para que não ocorresse excesso de umidade foram adicionadas mais folhas secas. Os experimentos 1 e 3 alimentados com resíduos cozidos demoram mais a apresentar excesso de umidade, desta forma, a geração de líquido inicialmente foi mais lenta, conforme apresentado na Figura 11.

Figura 11 – Monitoramento da produção de lixiviado



Fonte: Autora (2017)

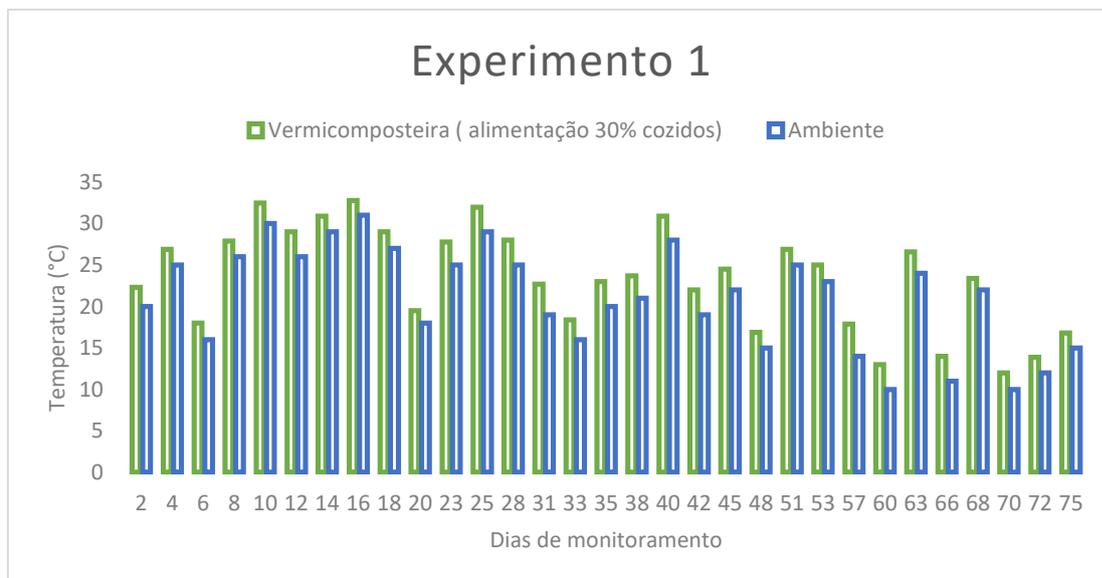
Cada uma das composteiras e vermicomposteiras apresentou um comportamento diferente em relação a geração de lixiviado. Notou-se que o experimento vermicomposteira alimentada com 30% de resíduos cozidos levou mais tempo para começar a gerar lixiviado. Esse resultado pode estar relacionado com o tempo de degradação dos resíduos. Nos experimentos alimentados com 100% de resíduos crus percebeu-se que o composto apresentou características de maturação em menor período de tratamento do que nos experimentos alimentados com 30% de resíduos cozidos. Depois de 30 dias de compostagem, o resíduo dos experimentos alimentados com resíduos crus já haviam sido degradados totalmente, diferentemente dos experimentos alimentados com resíduos cozidos, que nos 50 dias de compostagem ainda apresentavam resíduos não completamente degradados. Notasse então a degradação mais rápida dos resíduos crus, o que tornou o processo de compostagem e vermicompostagem mais rápido quando a alimentação inclui apenas resíduos crus.

Todos os experimentos apresentaram o mesmo comportamento em relação a temperatura, ou seja não alcançaram temperaturas termófilas. Segundo Fernandes et al. (1999), a fase termófila começa quando a temperatura ultrapassa os 43°C podendo chegar até 85°C. Nos experimentos foram alcançadas apenas temperaturas mesófilas, que segundo Cooper et al (2010), a fase mesofílica ocorre quando as temperaturas variam de 25 a 43°C.

De acordo com Arrobas (2009), as composteiras domésticas não alcançam temperaturas acima de 45°C. A variação da temperatura dos experimentos acompanhou a

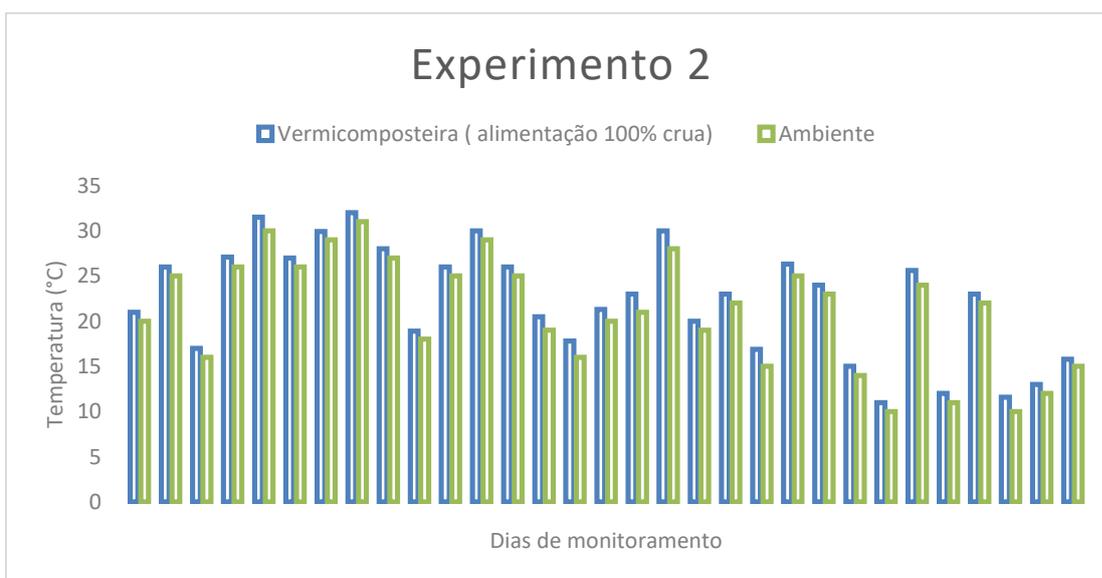
variação da temperatura ambiente (Figuras 12, 13, 14 e 15), fato que pode ter sido motivado pelo baixo volume de resíduos (BRITO, 2008).

Figura 12- Variação da temperatura da vermicomposteiras com 30% de alimentos cozidos.



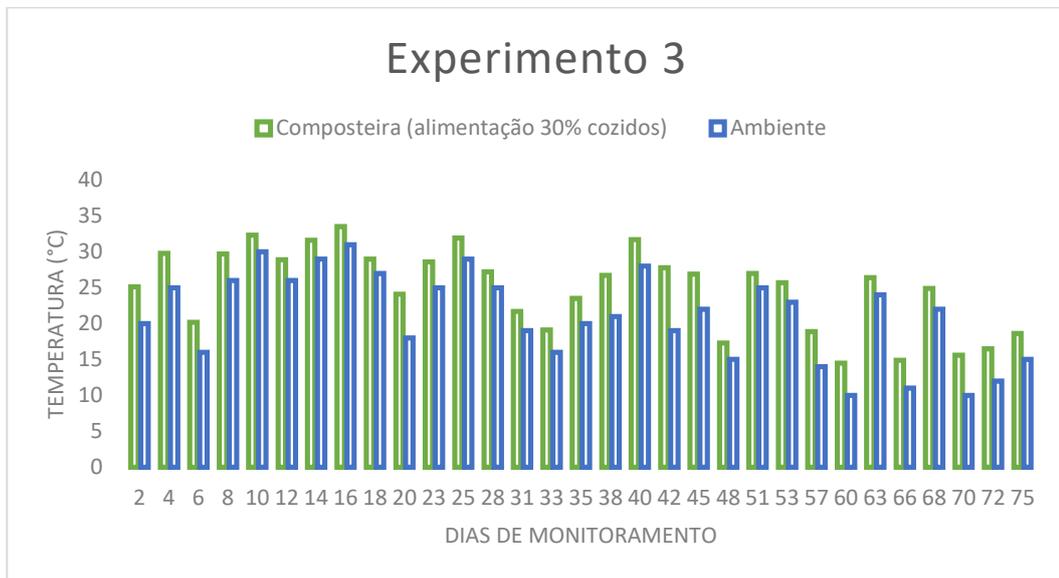
Fonte: Autora (2017)

Figura 13-Variação da temperatura vermicomposteira com 100% alimentos crus.



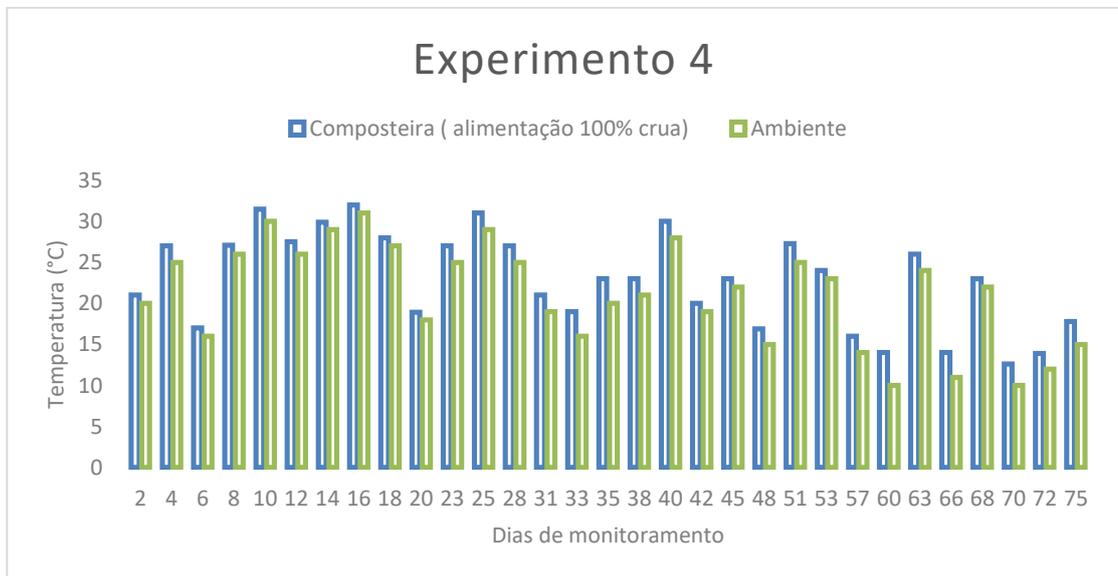
Fonte: Autora (2017)

Figura 14- Variação da temperatura composteira com 30% alimentos cozidos.



Fonte: Autora (2017)

Figura 15- Variação da temperatura composteira com 100% alimentos crus



Fonte: Autora (2017)

Em todos os experimentos, a temperatura do sistema se manteve cerca de 2 °C acima da temperatura ambiente, como pode ser observado nas figuras acima, sendo que nos experimentos a mínima foi de 12°C, a máxima 33°C e a temperatura média foi de 23°C.

Segundo Lourenço (2010), a faixa ideal para o desenvolvimento das minhocas é de 15 e 24 °C. Portanto a temperatura não afetou o desenvolvimento das minhocas.

Conforme na Tabela 7 verifica-se que no experimento 2 a reprodução das minhocas foi maior, destaca-se a grande quantidade de minhocas pequenas. Também observou-se que as minhocas são menores do que as minhocas do experimento 1, isso pode estar associado a compostagem ter ocorrido em menor tempo (mais rápida) no experimento 2, assim a quantidade de alimento disponível não possibilitou o aumento de peso das minhocas do experimento 2 (Figura 16).

Tabela 7- Crescimento da população de minhocas.

Experimentos	Quantidade de minhocas no início	Quantidade de minhocas no final	Taxa de crescimento da população
1	45	290	577,77%
2	45	400	777,77%

Fonte: Autora (2017)

Figura 16- Comparação do tamanho das minhocas do experimento 1 e 2.



Fonte: Autora (2017)

Segundo Fernandes et al. (1999), a faixa ideal de umidade nas composteiras é entre 50 e 65%. Os valores encontrados nos experimentos de compostagem 3 e 4 foram 48% e 52,9 %

(Tabela 8), ficando dentro do intervalo recomendado para o processo ocorrer adequadamente e não se tornar anaeróbico.

Nos experimentos de vermicompostagem 1 e 2 os valores de umidade encontrados foram de 60,4% e 73% (Tabela 8), estando de acordo com o trabalho de Aquino et al., (2005), que indica que a umidade deve estar entre 60% e 70% para permitir o desenvolvimento das minhocas.

Conforme Kiehl (1998), a legislação brasileira exige que um fertilizante composto deve apresentar as seguintes garantias mínimas para ser comercializado: matéria orgânica total (mínimo de 40%), umidade (máximo de 40%) e pH (mínimo de 6,0).

Tabela 8- Valores encontrados de umidade e matéria orgânica para cada experimento.

Experimento	Umidade (%)	Matéria Orgânica (%)
1	73	25,1
2	60,4	27,1
3	52,9	49,2
4	48	22,6

Fonte: Autora (2017)

Na Tabela 9 são apresentados os valores de pH, condutividade elétrica e sólidos totais do lixiviado gerado nos experimentos. Segundo Jimenes e Garcia (1989), o pH indica o estado de compostagem dos resíduos orgânicos, aumentando gradualmente em função da maturação, quando o composto encontra-se estabilizado, o pH alcança valores entre 7 e 8. Os valores encontrados nos experimentos foram de 7,9 a 8,1, o que indica que o composto foi estabilizado.

Segundo Kiehl (1998), a condutividade elétrica indica o grau de salinidade de um resíduo e também indica o grau de maturação do composto. Para ser considerado estável, o valor de condutividade elétrica não deve ultrapassar 0,04 mS/cm.

Os valores de condutividade ultrapassaram o recomendado, sendo os maiores valores de condutividade elétrica foram nos experimentos alimentados com resíduos cozidos 1 e 3 (Tabela 9). Segundo Tomé Jr (1997), o excesso de sais tem efeitos sobre a germinação e sobre a produtividade das culturas, dificultando a absorção de água e nutrientes pelas plantas.

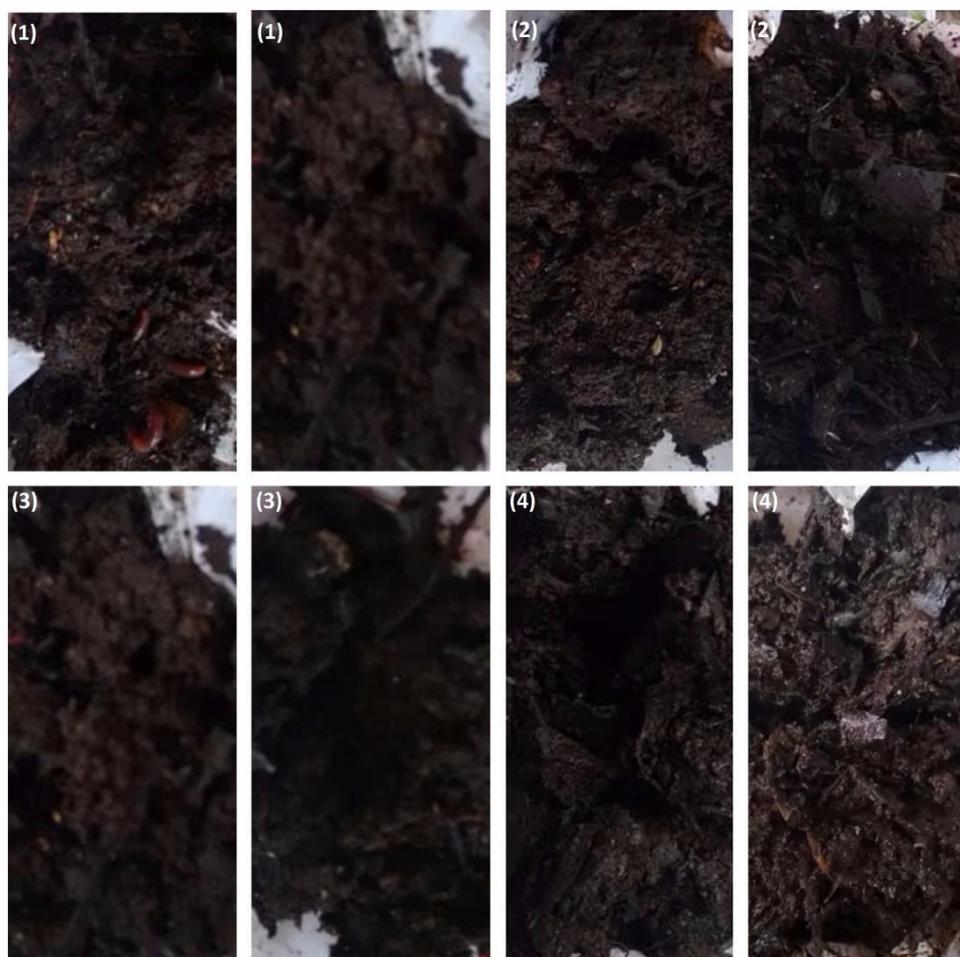
Tabela 9- Valores de pH, condutividade elétrica e sólidos totais do lixiviado:

Experimento	pH	Condutividade elétrica (mS/cm)	Sólidos totais (mg/L)
1	7,9	6,4	9290
2	8	4,6	6955
3	8,1	6,8	10165
4	7,9	4,5	6305

Fonte: Autora (2017)

Na Figura 17 é apresentado o composto final gerado em cada um dos 4 experimentos e suas duplicatas, todos apresentavam as características de um composto maturado aos 75 dias de experimento. Segundo Lourenço (2014), pode-se avaliar a produção do composto, quando ele apresentar odor de terra molhada e aspecto granular castanho-escuro, parecido com a borra de café.

Figura 17- Compostos gerados nas composteiras e vermicomposteiras.



Fonte: Autora (2017)

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O experimento mostrou que a utilização de alimentos cozidos não inviabiliza a compostagem, mas torna o processo mais complexo. Percebeu-se que as composteiras e vermicomposteiras apresentaram odor desagradável, umidade excessiva, presença de pequenas moscas e maior compactação.

Os resultados das caracterizações gravimétricas dos resíduos indicaram que os tipos de resíduos gerados em restaurantes apresentam alto potencial para vermicompostagem doméstica. Para que a operação dos sistemas de vermicompostagem doméstica não esteja associada a odores ruins e também evitar a presença de insetos, recomenda-se que a alimentação do sistema seja realizada sem alimentos cozidos.

Observou-se que as taxas de reprodução das minhocas foram maiores nas composteiras alimentadas com apenas alimentos crus, fato que acelera a degradação da matéria orgânica. Portanto, recomenda-se que não sejam utilizados alimentos cozidos nem nas composteiras e nem nas vermicomposteiras.

O sistema de tratamento de resíduos sólidos orgânicos indicado para o campus da UNIPAMPA de Caçapava do Sul é o vermicompostagem, devendo ser construído de alvenaria no solo com dimensões suficientes para comportar a quantidade gerada no restaurante universitário, visto que os reatores de compostagem caseiros utilizados neste trabalho não são viáveis para atender grandes capacidades.

Outro fator avaliado é a necessidade de mão de obra, ou seja, se faz necessário um operador para manejar as composteiras e separar os resíduos compostáveis dos não compostáveis, diminuir a sua granulometria, conduzir até a composteira e monitorar os principais parâmetros do processo para garantir uma eficiência satisfatória.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARROBAS, M.; Taxa, J.; Pereira, M.; Gonçalves, A. .projecto –piloto de compostagem doméstica em Bragança. Instituto Politécnico de Bragança: Qualidade do Ambiente Urbano: Novos Desafios. Portugal, 2009.

AQUINO, A. M. de. Vermicompostagem. Seropédica: EMBRAPA AGROBIOLOGIA, 2009. 6p. (Circular Técnica, 29)

AQUINO, AM de; ASSIS, RL de. Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. **Brasília: Embrapa Informação Tecnológica**, 2005.

AQUINO, A. M.; OLIVEIRA, Arlene Maria Gomes; LOUREIRO, Diego Canpana. Integrando compostagem e vermicompostagem na reciclagem de resíduos orgânicos domésticos. **Embrapa agrobiologia. Circular técnica**, 2005.

AQUINO, Adriana Maria; ALMEIDA, Dejair Lopes; SILVA, Vladir Fernandes. **Utilização de minhocas na estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem**. EMBRAPA-CNPBS, 1992.

BRAGA, N. C.; DIAS, Natália Costa. Gestão de resíduos sólidos urbanos. **Volume I, Curitiba**, 2008

BRASIL. Lei n. 12.305 de 2012- **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília.

BIDONE, F.R.A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. 3.ed. São Carlos: EESC-USP, 2010. 109p

BRITO, Márcio José Costa; FIGUEIREDO, Renan Tavares. **Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial de utilização do composto como substrato**. 2008. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado, UNIT. Aracaju, 2008.- Resumo Expandido.

BRITO, L. Miguel. Compostagem para a Agricultura Biológica. **Manual de Agricultura Biológica-Terras de Bouro. Escola Superior Agrária de Ponte de Lima./IPVC**, p. 1-21, 2006.

BRITO, L. M. Manual de compostagem. Escola Superior Agrária de Ponte de Lima. 2003.

CANCELADO, Sonia Villamizar. Avaliação da qualidade microbiológica de um composto produzido a partir de resíduos animais e vegetais. 2014.

CERRI, CEP et al. Compostagem. **São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo**, 2008.

COOPER, Miguel et al. Compostagem e reaproveitamento de resíduos orgânicos agroindustriais: teórico e prático. **Picaricaba: ESALQ-Divisão de Biblioteca**, 2010.

FERNANDES, Fernando et al. Manual prático para a compostagem de biossólidos. In: **Manual prático para a compostagem de biossólidos**. PROSAB, 1999.

FIGUEIRA, Ana Cecília Bulhões **Gerenciamento de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: SESES, 2016.

GARCEZ, Lucas Nogueira. Manual de procedimentos e técnicas laboratoriais voltado para análises de águas e esgotos sanitário e industrial. **São Paulo: Escola Politécnica de Universidade de São Paulo**, 105p, 2004.

GARCIA, Eloisa. Resíduos sólidos urbanos e a economia verde. **Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável-FBDS**, 2012.

GARCIA, Naiara Louise et al. Vermicompostagem doméstica como alternativa na decomposição de resíduos orgânicos. **Associação Brasileira de Eng Sanitária e Ambiental-ABES**, 2016

GOLDIN, A. Reassessing the use of loss-on-ignition for estimating organic matter content in noncalcareous soils. *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.*, 18:1111-1116, 1987.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos**. Relatório de pesquisa. Brasília, 2012. 82 p.

INÁCIO, Caio de Teves; MILLER, Paul Richard Monsen. **Compostagem: Ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2009.

JIMÉNEZ, E. I. e GARCÍA, V. P. Instituto de Productos Naturales y Agrobiología de Canarias CSIC, Avda. Francisco Sanchez 3, 38206 La Laguna, Tenerife, Canary Islands, Spain .Accepted 4 July 1991. Available online 24 June 2003.

KIEHL, E. J. Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto. Piracicaba,:E. J. Kiehl, 1998.

KUMAR, P. Ravi; JAYARAM, Ambika; SOMASHEKAR, R. K. Assessment of the performance of different compost models to manage urban household organic solid wastes. *Clean Technologies and Environmental Policy*, v. 11, n. 4, p. 473-484, 2009.

LOURENÇO, Nelson. Vermicompostagem-Gestão de Resíduos Orgânicos: Princípios, processos e aplicações. Nelson Lourenço, 2010.

LOURENÇO, Nelson. **Manual de Vermicompostagem e Vermicultura para a Agricultura Orgânica**. Nelson Lourenço, 2014.

MONTEIRO, J. H. P. et al. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. In: **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. IBAM, 2001.

MAGRINI, Flaviane Eva et al. Características químicas e avaliação microbiológica de diferentes fases de maturação do biofertilizante Bokashi. *Agrarian*, v. 4, n. 12, p. 146-151, 2011.

MELO, Simara Lôbo de. Análise do uso de compostagem doméstica em conjuntos habitacionais de interesse social na cidade de São Domingos–Bahia. 2015.

MEIRA, A. M.; CAZZONATTO, A. C.; SOARES, C. A. Manual básico de compostagem-série: conhecendo os resíduos. **Piracicaba, USP Recicla**, 2003.

NBR, ABNT. 10.004/2004. **Resíduos sólidos, classificação de resíduos. Rio de Janeiro**, 2004.

NETO, João Tinôco Pereira. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. UFV, 2007.

OLIVEIRA, Francisco Nelsieudes Sombra; LIMA, Hermínio José Moreira; CAJAZEIRA, João Paulo. **Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos**. Embrapa Agroindústria Tropical, 2004.

PICCIAFUOCO, Beatriz Di Francesco. Avaliação dos resíduos sólidos gerados no Restaurante Universitário da UNESP de Rio Claro: uma análise do potencial de compostagem. 2013.

QUINTELA, Leonardo Sanchotene. Avaliação do processo de vermicompostagem doméstica para tratamento da parcela orgânica dos resíduos sólidos domiciliares. 2014.

RUSSO, Mário Augusto Tavares. Tratamento de resíduos sólidos. **Coimbra: Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil**, 2003.

SCHIEDECK, G.; MEDEIROS, M. de; SCHWENGBER, J. E. Minhocultura e produção de húmus para a agricultura familiar. **Embrapa Clima Temperado. Circular técnica**, 2006.

SILVA, Maria Esther de Castro e (Coord.). Compostagem de lixo em pequenas unidades de tratamento. Viçosa: CPT, 2008. 259 p.

SILVA, F. C. et al. Sistema especialista para aplicação do composto de lixo urbano na agricultura. **Embrapa Informática Agropecuária. Documentos**, 2002.

SOLOS, Embrapa. Manual de métodos de análise de solo. **Ed. Rio de Janeiro**, 1997.

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

TEIXEIRA, Leopoldo Brito et al. Compostagem de lixo orgânico urbano no município de Barcarena, Pará. **Belém: Embrapa Amazônia Oriental**, 2000.

TEIXEIRA, Leopoldo Brito et al. Unidades de reciclagem e compostagem de lixo urbano no Baixo Tocantins, Pará. **Belém: Embrapa Amazônia Oriental**, 2004.

TOMÉ Jr., J. B. Manual para Interpretação de Análise de Solo. Editora Guaíba: Agropecuária, 1997.

WANGEN, Dalcimar Regina Batista; FREITAS, Isabel Cristina Vinhal. Compostagem doméstica: alternativa de aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, n. 2, 2010.