

## Tratamento de dejetos ovinos, bovinos e palha-de-açúcar via vermicompostagem

Mariana Sbizzaro  
Tatiane Cristina Dal Bosco  
Kátia Valéria Marques  
Cardoso Prates

Pedro Henrique Presumido  
Ana Alicia de Sá Pinto  
Andressa Vitória Duarte de Souza

**Resumo:** O objetivo do estudo que será relatado neste capítulo foi avaliar o comportamento da decomposição da matéria orgânica e das minhocas da espécie *Eisenia foetida* em processo de vermicompostagem de dejetos ovinos e bovinos com palha de cana-de-açúcar, comparando duas relações iniciais de C/N (19:1 e 30:1). Foram testadas as seguintes composições de resíduos: T1 (30:1 – Dejeito ovino + palha de cana-de-açúcar), T2 (19:1 – Dejeito ovino + palha de cana-de-açúcar), T3 (30:1 – Dejeito bovino + palha de cana-de-açúcar), T4 (19:1 – Dejeito bovino + palha de cana-de-açúcar) e T5 (30:1 – Dejeito ovino + dejeito bovino + palha de cana-de-açúcar). O processo de pré-compostagem foi conduzido ao longo de 34 dias. Em seguida, foram inseridas 24 minhocas em cada um dos vermireatores, onde permaneceram por 58 dias. Em ambos os processos monitorou-se parâmetros físico-químicos e na vermicompostagem, monitorou-se o desenvolvimento das minhocas. Os valores das relações C/N reduziram-se em todos os tratamentos, indicando a maturação dos compostos na vermicompostagem. O T4 foi o que apresentou desempenho menos satisfatório frente a todos os parâmetros físico-químicos monitorados, não sendo recomendado para aplicação em larga escala.

**Palavras-chave:** *Eisenia foetida*. Resíduos agropecuários. Vermireatores.

### 1 Introdução

Características favoráveis de solo, clima e água disponível fazem com que o estado do Paraná, se destaque quanto às produções agrícolas e de animais. Neste

contexto, além de soja, milho, suínos e aves, merecem destaque no estado a bovinocultura, a ovinocultura e a cana-de-açúcar. Em 2014, o Paraná possuía 4,3% e 3,7% (IBGE, 2014) dos rebanhos nacionais de bovinos e ovinos, respectivamente, e 6,85% da área plantada de cana-de-açúcar no Brasil (CONAB, 2015).

O cultivo de cana-de-açúcar gera subprodutos como a palha, resíduo encontrado em quantidades expressivas nos canaviais. Com o advento de máquinas modernas utilizadas no processo de colheita, esta palha tem se tornado um resíduo sólido importante, demandando estudos para seu aproveitamento e/ou destinação final.

Tendo em vista a grande produção de resíduos provenientes das atividades agroindustriais, das criações animais e seu potencial poluidor, técnicas de tratamentos se fazem necessárias e urgentes. Dentre as técnicas de tratamento e estabilização do material orgânico estão a compostagem e a vermicompostagem.

Neste contexto, estudos apontam que a conversão de resíduos em materiais mais estabilizados, utilizando compostagem e vermicompostagem, é uma opção viável para a gestão sustentável dos resíduos (LEAL et al., 2013; COSTA et al., 2015; NIGUSSIE et al., 2016; TAEPORAMAYSAMAI e RATANATAMSKUL, 2016).

A vermicompostagem é um processo que apresenta baixos custos de implementação, em que o adubo orgânico é obtido com o uso de substratos de origem animal e/ou vegetal, pré-compostados e, posteriormente, processados por minhocas, resultando em um composto rico em nutrientes, oriundos das dejeções das minhocas (AMORIM et al., 2005).

A espécie de minhoca *Eisenia foetida*, conhecida vulgarmente como Vermelha da Califórnia, é muito utilizada para produção de vermicomposto, devido à sua capacidade de converter resíduos orgânicos pouco decompostos em material estabilizado. Além disso, dentre suas vantagens estão: o rápido crescimento e consequentemente rápida proliferação, e sua adaptabilidade a diversos resíduos (AQUINO et al., 1992; MORSELLI et al., 1996).

Deste modo, objetivou-se neste capítulo relatar os resultados do teste de duas relações C/N iniciais (30:1 e 19:1) para o tratamento de dejetos (ovinos e bovinos) e palha de cana-de-açúcar via vermicompostagem.

## 2 Material e métodos

Os experimentos contemplaram duas etapas:

- 1) Pré-compostagem em leiras por 34 dias, até atingirem parâmetros adequados de temperatura, pH e condutividade elétrica para a inserção das minhocas.
- 2) Vermicompostagem com a introdução das minhocas nos compostos pré-preparados e monitoramento por mais 58 dias.

Os ensaios foram conduzidos nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Londrina. Os processos de pré-compostagem e posterior vermicompostagem foram realizados dentro da casa de vegetação, ou seja, em ambiente coberto.

## 2.1 Resíduos utilizados e tratamentos

Os resíduos utilizados para a montagem das leiras e reatores foram palha de cana-de-açúcar, dejetos de ovinos e dejetos de bovinos provenientes de sistema semi-extensivo de criação. A palha de cana-de-açúcar foi triturada mecanicamente de modo a atender a recomendação da literatura no que se refere ao tamanho ideal de partículas para compostagem e vermicompostagem (1 a 5 cm) (BIDONE e POVINELLI, 1999).

Durante o processo foram investigadas a relação C/N inicial de 30:1, recomendada pela literatura como ideal (OLIVEIRA et al., 2008), e uma relação 19:1, simulando a real situação encontrada nas propriedades rurais de maior disponibilidade de dejetos (fonte de nitrogênio) em relação a materiais palhosos (fonte de carbono). Desta forma, foram propostos cinco tratamentos, nomeados: T1: Dejeito ovino e palha (30:1), T2: Dejeito ovino e palha (19:1), T3: Dejeito bovino e palha (30:1), T4: Dejeito Bovino e palha (19:1), T5: Dejeito ovino, dejeito bovino e palha (19:1).

## 2.2 Caracterização físico-química inicial dos resíduos

A caracterização inicial dos resíduos, seguindo as metodologias de Tedesco et al. (1995), APHA, AWWA & WEF (1998), Kiehl (1985), Malavolta; Vitti; Oliveira (1997), é apresentada na Tabela 2.1.

**Tabela 2.1** Caracterização inicial dos resíduos para posterior pré-compostagem e vermicompostagem.

Resíduos	pH	Condutividade elétrica (mS cm <sup>-1</sup> )	Sólidos Voláteis (%)	Umidade (%)	Carbono (%)	Nitrogênio (%)	C/N
Ovino	8,98	3,59	59,10	23,56	26,29	2,23	11,81: 1
Bovino	8,97	0,83	78,46	79,09	33,34	1,81	18,54: 1
Palha cana-de-açúcar	5,58	1,03	76,95	16,08	35,88	1,00	36,17: 1

## 2.3 Quantidade de material utilizada em cada tratamento

Para determinar a quantidade de material a ser utilizada em cada tratamento, utilizou-se a Equação 1 e 2, propostas por Kiehl (2008):

$$\frac{(30 \cdot Nm) - (Cm)}{(Cc) - (30 \cdot Nc)} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\frac{(19 \cdot Nm) - (Cm)}{(Cc) - (19 \cdot Nc)} \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que: Nm: teor de nitrogênio do resíduo rico em N; Cm: teor de carbono do resíduo pobre em C; Cc: teor de carbono do resíduo rico em C; Nc: teor de nitrogênio do resíduo pobre em N.

Os resultados obtidos por meio das equações 1 e 2, para os cinco tratamentos, estão apresentados na Tabela 2.2. Conhecendo a quantidade de palha necessária para cada 1 kg de dejetos, em massa seca, e a umidade dos resíduos, calculou-se a quantidade de resíduo necessária em cada leira (em massa úmida).

**Tabela 2.2** Quantidade de palha necessária para cada quilo de dejetos e quantidade de resíduo em cada leira para a composição dos tratamentos.

Tratamentos <sup>1</sup>	Dejetos Ovinos	Dejetos Bovinos	Palha	Dejeto
Quantidade de palha/ 1 kg dejetos			kg	kg
T1	6,57	–	30,23	4,89
T2	–	0,94	16,87	19,10
T3	3,34	–	26,81	12,36
T4	–	0,05	1,74	51,04
T5	0,94	0,05	11,61	12,36 (ovino) + 17,91 (bovino)

Nota1: T1: Dejetos ovino e palha (30:1), T2: Dejetos ovino e palha (19:1), T3: Dejetos bovino e palha (30:1), T4: Bovino e palha (19:1), T5: Dejetos ovino, bovino e palha (19:1).

## 2.4 Montagem das leiras

A montagem das leiras, em formato trapezoidal, se deu por camadas, iniciando-se como uma camada de aproximadamente 5 cm de palha de cana-de-açúcar na base, seguida das camadas de dejetos intercaladas com a palha, sendo que a cobertura final foi feita com o material palhoso, visando evitar a atração de vetores (Figura 2.1).



**Figura 2.1** Demonstração das etapas de montagem das leiras de pré-compostagem.

## 2.5 Vermicompostagem

Após o período de pré-compostagem, para acomodação do material e das minhocas foram utilizadas caixas vazadas (vermireatores), contribuindo para a oxigenação da mistura. As caixas foram revestidas com sombrite, cobertas com TNT preto preso por elástico, para que não houvesse a fuga das minhocas e a perda do material. As caixas ficaram dispostas sobre tijolos e espaçadas em 10 cm para facilitar o manuseio e proporcionar aeração na parte inferior e lateral (Figura 2.2).

Cada tratamento foi reproduzido em triplicata, totalizando 15 vermireatores, nomeados por T1R1, T1R2, T1R3, T2R1, T2R2, T2R3, T3R1, T3R2, T3R3, T4R1, T4R2, T4R3, T5R1, T5R2, T5R3. Cada reator recebeu material resultante da etapa de pré-compostagem até atingir uma altura de 21 cm na caixa.



**Figura 2.2** Disposição real das caixas na etapa de vermicompostagem.

A espécie de minhoca inserida no experimento foi a *Eisenia Foetida* ou Vermelha da Califórnia (Figura 2.3), escolha pautada com base em estudos realizados por Oliveira et al. (2008); Nadolny (2009); Godoy et al. (2006) que descrevem vantagens da espécie. Cestonaro et al. (2012) recomendaram a inserção de 15 minhocas adultas (com a presença visível de clitelo) por reator de vermicompostagem, com dimensões de 0,40 m de comprimento, 0,28 m de largura e 0,15 m de altura. Logo, proporcionalmente, para os reatores com dimensões de 0,50 m de comprimento, 0,26 m de largura e 0,21 m de altura inseriram-se 24 minhocas por vermireator.



**Figura 2.3** Minhocas da espécie *Eisenia Foetida* inseridas nos reatores.

Um dia após a inserção das minhocas, estas foram encontradas mortas. Considerando-se a possibilidade de toxicidade em função de salinidade dos resíduos e presença de nitrogênio amoniacal em altas concentrações, optou-se pela lavagem do material, uma vez ao dia, durante três dias consecutivos. Para tanto, foram utilizados dois litros de água por quilo de composto, para todos os tratamentos. Após este período, as minhocas foram novamente inseridas nos vermireatores.

## 2.6 Monitoramento da pré-compostagem e vermicompostagem

Na Tabela 2.3 estão descritos os parâmetros que foram monitorados nos processos de pré-compostagem e vermicompostagem.

**Tabela 2.3** Parâmetros monitorados na pré-compostagem e vermicompostagem e sua frequência.

Monitoramento	Pré-compostagem	Vermicompostagem	Frequência
Temperatura <sup>1</sup>	X	X	Diário
Revolvimento <sup>2</sup>	X		Semanal
Umidade <sup>3</sup>	X	X	Diário
Redução de volume	X	X	Semanal
Redução de peso	X		Início/Final
		X	Semanal
Análises físico-químicas <sup>4</sup>	X	X	Semanal
Contagem das Minhocas		X	Quinzenal

Nota 1: Diariamente foram monitorados dez pontos nas leiras da pré-compostagem e dois pontos na vermicompostagem com o auxílio de um termômetro digital tipo espeto. A temperatura ambiente e a umidade relativa do ar também foram monitoradas por meio de um termo-higrômetro digital.

Nota 2: O revolvimento foi manual, com auxílio de pás e enxadas.

Nota 3: Monitorada pelo teste da mão (NUNES, 2009).

Nota 4: pH e condutividade elétrica (Tedesco et al., 1995), sólidos voláteis (APHA, AWWA & WEF, 1998), e nitrogênio total (Malavolta; Vitti; Oliveira, 1997).

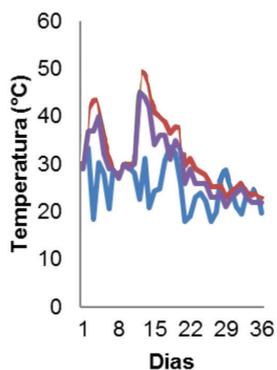
## 2.7 Análises estatísticas

Os dados do processo de vermicompostagem foram analisados estatisticamente com o auxílio do programa SISVAR®. Fez-se análise de variância ao nível de 5% de significância e utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado para comparação dos resultados entre tratamentos. O teste estatístico utilizado para comparação de médias foi o teste Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

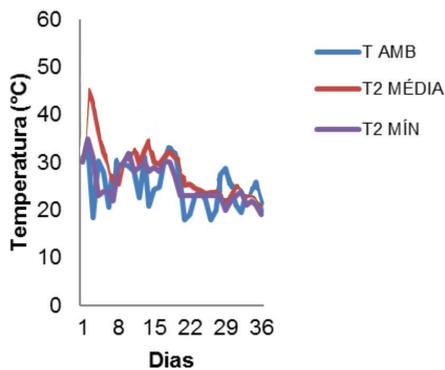
## 3 Resultados e discussão

### 3.1 Pré-compostagem

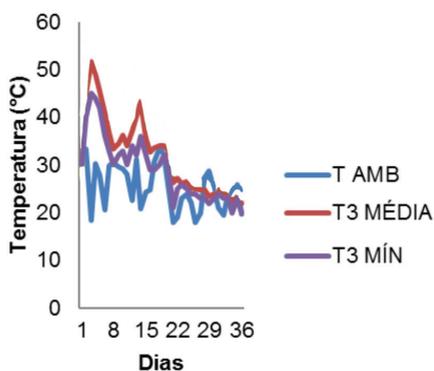
Observa-se na Figura 2.4 que todos os tratamentos tiveram aumento na temperatura nos primeiros dias de enleiramento. A queda da temperatura ambiente neste período (18,4°C) não comprometeu a ascensão inicial das temperaturas. Isto demonstra que o processo contou com intensa atividade biológica desde o início.



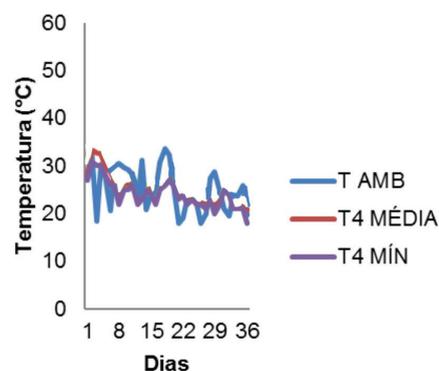
Tamb:25,3°C; Tméd:32,4°C; Tmáx:54°C; Tmín: 22°C



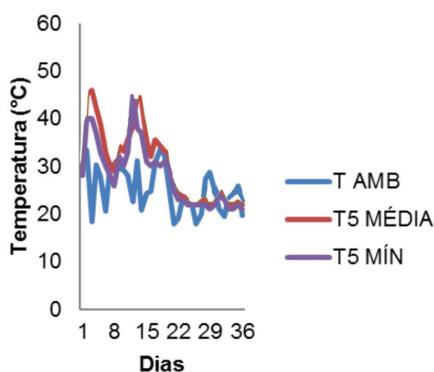
Tamb:25,3°C; Tméd:28,4°C; Tmáx:53°C; Tmín: 19°C



Tamb:25,3°C; Tméd:32,1°C; Tmáx:59°C; Tmín: 20°C



Tamb:25,3°C; Tméd:32,1°C; Tmáx:59°C; Tmín: 20°C



Tamb:25,3°C; Tméd:30,5°C; Tmáx:55°C; Tmín: 21°C

**Figura 2.4** Monitoramento diário da temperatura no interior das leiras e temperatura ambiente durante a pré-compostagem.

Segundo Pereira Neto (2007) e Kiehl (1985) as leiras devem registrar temperaturas termofílicas no período de 12 a 24 horas após a montagem, caracterizando a fase de aquecimento, conforme pode-se observar na Figura 2.4. Loureiro et al. (2007), trabalhando com resíduos domésticos com adição de dejetos bovinos, apontaram temperaturas variando de 40°C a 50°C, entre 7 e 15 dias, após o início do processo, tal como as apresentadas em T3 e T5 (presença de dejetos bovinos).

O tratamento T4 sempre se mostrou com temperaturas abaixo dos demais, tendo a máxima em 37°C, possivelmente devido às quantidades de resíduos utilizados, que por ser rico em dejetos, resultou na aglomeração, compactação das partículas e consumo rápido da palha, impedindo assim, uma aeração adequada, levando à consequente baixa da temperatura. Segundo Kiehl (1985) a presença de oxigênio faz com que haja aceleração do processo de compostagem e elevação da temperatura, devido ao caráter aeróbio dos microrganismos. Sendo assim, materiais sobrepostos e compactados causam o consumo do oxigênio no interior do material, com dificuldade de renovação e, por consequência, há decréscimo da atividade microbiana, resultando em temperaturas mais baixas.

Observou-se redução de peso e volume em todos os tratamentos (Tabela 2.4). Segundo Petric et al. (2009) a redução de volume e peso é resultado da degradação da matéria orgânica durante a compostagem. A maior redução tanto de volume quanto de peso ocorreu no T1. A redução de volume pode ser explicada pela possível composição deste tratamento. O T1 apresentava maior quantidade de palha, material mais volumoso. Deste modo, ao longo do processo este material foi sendo decomposto fazendo com que o volume da leira diminuísse mais expressivamente.

**Tabela 2.4** Redução de volume, de peso e pesos específicos iniciais e finais do material na pré-compostagem.

Tratamentos <sup>2</sup>	% Redução final de volume	% Redução final de peso <sup>1</sup>	Peso específico inicial (kg.m <sup>-3</sup> ) <sup>1</sup>	Peso específico final (kg.m <sup>-3</sup> ) <sup>1</sup>
T1	60,95	39,43	69,53	104,16
T2	59,45	10,44	107,56	237,56
T3	54,20	24,39	90,35	149,18
T4	47,60	38,28	127,60	150,30
T5	48,16	7,20	122,36	219,03

Nota1: Cálculo de redução de peso e peso específico baseado no peso seco dos compostos.

Nota2: T1: Dejeito ovino e palha (30:1), T2: Dejeito ovino e palha (19:1), T3: Dejeito bovino e palha (30:1), T4: Dejeito Bovino e palha (19:1), T5: Dejeito ovino, dejeito bovino e palha (19:1).

Os tratamentos cuja mistura possuía dejetos bovinos (T3, T4 e T5) apresentaram redução de volume de 54,2%, 47,6% e 48,16%, respectivamente. Estes resultados demonstram concordância com estudos realizados por Costa (2005) que apontou redução entre 45% e 50% na compostagem de dejetos bovinos e Augusto et al. (2009), que encontraram uma redução de 52,26% na compostagem de dejetos de aves, com serragem de eucalipto e bagaço de cana-de-açúcar.

Os tratamentos que apresentaram a maior redução de peso foram T1 e T4, com 39,43% e 38,28%, respectivamente. Sestak (2002), trabalhando com compostagem de algodão inoculado com conteúdo ruminal, encontrou 30% de redução em peso. Costa (2005), trabalhando com compostagem de dejetos bovinos, observou uma redução de massa seca de 40,5%, valor próximo ao T4, tratamento com maior quantidade de dejetos bovinos. Corroborando com esta constatação, Kader et al. (2007) verificaram redução de 45% na compostagem de dejetos bovinos. Eghball (1997), em 45 dias de compostagem de esterco bovino, obteve 20,4% de redução de massa. Deste modo, observa-se que apenas T2 e T5 apresentaram redução de peso em índices inferiores aos observados na literatura por outros autores.

Todos os tratamentos apresentaram pesos específicos finais superiores aos pesos específicos iniciais, comportamento ideal quando se avalia logística, armazenamento e transporte dos compostos orgânicos, além de contribuir para o dimensionamento de pátios para compostagem.

Com relação aos parâmetros físico-químicos monitorados (Tabela 2.5), é possível observar que todos os tratamentos apresentaram pH com caráter básico tanto no início quanto no final do processo de pré-compostagem. De acordo com Kiehl (1985) e Pereira Neto (2007) a compostagem pode ser desenvolvida em uma faixa bem ampla de pH, entre 4,5 e 9,5. O produto final deve apresentar pH superior a 7,8 (PEREIRA NETO, 2007).

**Tabela 2.5** Parâmetros físico-químicos no início e no final do processo de pré-compostagem.

	Parâmetros										
	pH		CE (mS cm <sup>-1</sup> )			SV (%)			Relação C/N		
	Início	Final	Início	Final	% redução	Início	Final	% redução	Início	Final	% redução
T1	7,9	8,1	1,31	0,55	58,01%	65,97	63,83	3,24%	25:1	24:1	4,00
T2	8,8	8,6	1,82	1,28	29,67%	69,28	64,92	6,29%	21:1	18:1	14,30
T3	7,8	8,1	1,16	0,64	44,83%	74,35	67,88	8,70%	31:1	22:1	29,00
T4	9,2	8,6	1,23	1,12	8,94%	71,58	70,17	1,97%	17:1	22:1	—
T5	8,9	8,8	1,46	1,37	6,16%	70,09	63,18	9,86%	20:1	17:1	15,00

Nota1: T1: Dejetos ovino e palha (30:1), T2: Dejetos ovino e palha (19:1), T3: Dejetos bovino e palha (30:1), T4: Dejetos Bovino e palha (19:1), T5: Dejetos ovino, dejetos bovino e palha (19:1).

Silva et al. (2002) justificam que o aumento nos valores de pH pode estar relacionado à liberação de grupamentos aniônicos provenientes da quebra de proteínas e polissacarídeos, demonstrando a tendência de humificação do material orgânico em decomposição.

Quanto à condutividade elétrica, houve redução em todos os tratamentos estudados. T2, T4 e T5 apresentaram as maiores condutividades elétricas no final. Isso implica que a relação C/N 19:1, com maiores quantidades de dejetos adicionadas, resultou em maior concentração de sais no material após a pré-compostagem.

Kiehl (1998) afirma que a condutividade elétrica dos fertilizantes orgânicos tende a cair e se estabilizar ao longo do processo, à medida que o composto amadurece, não devendo ser superior a  $4000 \mu\text{Scm}^{-1}$  ( $4 \text{ mS cm}^{-1}$ ). Ainda segundo o mesmo autor, da fase inicial até a metade do processo de maturação do composto, a condutividade pode reduzir em 50%, como pode ser observado nos tratamentos que iniciaram com relação C/N próxima de 30:1 (T1 e T3). Com relação à aplicação no solo, a condutividade elétrica do esterco após os tratamentos não deve exceder  $3 \text{ mS cm}^{-1}$  (SOUMARÉ et al., 2002). Neste caso, todos os compostos obtidos poderiam ser utilizados para adubação, segundo o parâmetro condutividade elétrica.

Observou-se a redução de sólidos voláteis em todos os tratamentos (Tabela 2.5). Queiroz (2007), estudando compostagem de resíduos vegetais, observou o mesmo comportamento, afirmando que a porcentagem de sólidos voláteis diminui à medida que a matéria orgânica é degradada, e conseqüentemente ocorre um aumento no percentual de sólidos fixos. Huang et al. (2004) e Elango et al. (2009) explicaram que a redução de sólidos voláteis representa a perda e a mineralização da matéria orgânica pela ação microbiana. De acordo com Pereira Neto (2007) um processo de compostagem eficiente deve apresentar uma redução média do teor inicial de sólidos voláteis de 40%. Verifica-se na Tabela 2.5 que todos os tratamentos apresentaram redução de sólidos voláteis inferior a 10%, o que pode estar associado ao fato do processo de pré-compostagem ter durado apenas 34 dias.

Pode-se afirmar que os valores de relação C/N obtidos na montagem do experimento estiveram próximos às propostas iniciais: T1 com C/N (30:1); T2 (19:1); T3 (30:1); T4 (19:1); T5 (19:1). No final, observou-se redução da relação C/N, exceto para o T4, resultado explicado pela granulometria, com aspecto agrupado e compactado do material (Tabela 2.5). Sendo assim, as amostras coletadas provavelmente tenham sido constituídas por uma parcela de material mais nitrogenado, ou seja, maior presença de dejetos, não representando a mistura.

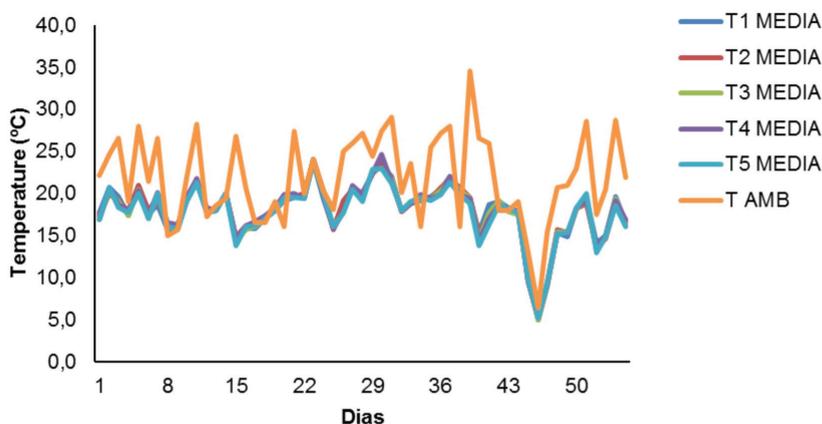
Segundo Kiehl (2008) quando análises realizadas no final do processo de compostagem apontarem o teor de nitrogênio um pouco maior do que no início, isso indica apenas um aumento relativo e não a formação de nitrogênio. O que acontece é uma redução da massa orgânica, pelo processo de compostagem, tendo como consequência a falsa impressão de geração desse elemento químico. Ainda, de acor-

do com o mesmo autor mínimas quantidades de nitrogênio podem ser formadas por microrganismos por meio da fixação do nitrogênio do ar existente no interior da leira, porém o valor é muito pequeno, e possui apenas valor acadêmico.

A redução da relação C/N obtida nos demais tratamentos é explicada por Kiehl (1985): ocorre a redução de carbono orgânico, por degradação da matéria orgânica e o aumento do nitrogênio total, em virtude da mineralização. Zhu (2007), Li et al. (2008), Cayuela et al. (2009) e Gao et al. (2010) também observaram redução deste parâmetro durante a compostagem. No entanto, Cekmececioglu et al. (2005), Brito et al. (2009), Karnchanawong; Suriyanon (2011) e Carneiro (2012) obtiveram reduções da relação C/N em torno e 36 a 70%. Os baixos valores de redução de C/N obtidos no presente estudo podem estar relacionados ao tempo de compostagem, fato que fica evidente quando se analisa a relação C/N final, todas acima de 10:1, razão tida como indicadora de estabilização do composto orgânico (CARNEIRO, 2012).

### 3.2 Vermicompostagem

Durante os 58 dias de vermicompostagem as temperaturas comportaram-se similarmente em todos os tratamentos (Figura 2.5). As temperaturas mínimas foram 5°C, registradas no dia 24 de julho de 2013, quando a temperatura ambiente foi de 6,4°C. Não houve aumento excessivo de temperatura em nenhum tratamento durante o processo de vermicompostagem, podendo-se afirmar que as minhocas foram as principais responsáveis pela estabilização dos compostos (STEVENSON, 1994).



Tamb:21°C; T1máx:524°C; T1mín: 21°C; T2máx:24°C; T2mín: 5°C; T3máx:24°C; T3mín: 5°C; T4máx:27°C; T4mín: 5°C; T5máx:25°C; T4mín: 5°C

**Figura 2.5** Monitoramento diário da temperatura no interior dos vermireatores e temperatura ambiente durante a vermicompostagem segundo seus tratamentos.

Com relação à redução de volume observou-se (Tabela 2.6) que os tratamentos que continham dejetos ovinos em sua composição, apresentaram os maiores percentuais de redução. A redução de volume seguiu a mesma tendência quando comparado à pré-compostagem, com maior redução no T1 e menor redução no T4. Isso pode estar associado à granulometria do material, pois estando o T4 mais compactado e aglomerado, a aeração tornava-se mais dificultosa, atrasando o processo de decomposição da matéria orgânica. O inverso ocorreu com o T1. Amorim et al. (2005), trabalhando com dejetos caprinos, obtiveram redução de volume média da ordem de 14,4%. Godoy et al. (2009), trabalhando com vermicompostagem de biossólidos de fossas sanitárias, grama e pó de serragem usando *Eisenia foetida*, obtiveram redução de volume durante o processo de vermicompostagem variando entre 17 e 33%. Assim, observa-se que os valores de redução de volume obtidos no presente estudo superam os resultados obtidos em outros trabalhos da literatura.

**Tabela 2.6** Comparação dos valores de redução de volume e peso entre tratamentos na vermicompostagem.

	Volume		Peso	
	Início	Final	Início	Final
Tratamentos	Média Volume inicial (m <sup>3</sup> )	Redução Média (%)	Peso inicial (kg) <sup>2</sup>	Redução Média (%) <sup>3</sup>
T1	0,026	43,33 b	2,10	29,93
T2	0,025	41,81 b	3,16	35,26
T3	0,023	34,92 a	2,14	34,19
T4	0,023	26,52 a	2,50	22,47
T5	0,026	41,98 b	3,12	25,72

Nota1: T1: Dejeito ovino e palha (30:1), T2: Dejeito ovino e palha (19:1), T3: Dejeito bovino e palha (30:1), T4: Dejeito bovino e palha (19:1), T5: Dejeito ovino, bovino e palha (19:1).

Nota2: teste estatístico de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Nota3: Letras iguais nas colunas implicam em equivalência estatística dos valores ao nível de 5% de significância.

Nota2: Peso seco.

Nota3: Cálculo de redução de peso (peso seco) em relação ao peso inicial.

Com relação à redução de peso (Tabela 2.6) pode-se observar que as maiores reduções ocorreram em T2 e T3. Amorim et al. (2005) obtiveram redução de peso da ordem de 41 a 55% para dejetos caprinos na vermicompostagem, resultados superiores aos obtidos no presente trabalho, o que pode estar associado ao fato de não terem sido utilizadas outras misturas de resíduos na composição dos reatores.

Comparando os valores de pH finais do pré-composto que variaram entre 8,1 e 8,8 aos valores de pH finais do vermicomposto, variável entre 9,2 e 9,9, percebe-se que o pH aumentou e manteve-se alcalino (Tabela 2.7), demonstrando que as minhocas interferem nas características químicas da matéria orgânica em processo de decomposição.

Suszek et al. (2007), estudando a vermicompostagem de dejetos bovinos e resíduos verdes urbanos, observaram aumento do pH do vermicomposto em relação ao composto obtido e os resultados estiveram compreendidos na faixa de 7,04 e 7,73. Oliveira e Santos (2009), pesquisando a influência das minhocas sobre as características químicas de composto, vermicomposto e solo, também encontraram pH alcalinos no final da vermicompostagem. Do ponto de vista de aplicação deste vermicomposto ao solo, Soares et al. (2004) explicam que valores de pH próximos à neutralidade sugerem que o vermicomposto, quando incorporado ao solo, pode apresentar ação corretiva de acidez, uma vez que possui propriedade tampicante.

**Tabela 2.7** Parâmetros físico-químicos no início e no final do processo de vermicompostagem.

	Parâmetros										
	pH		CE (mS cm <sup>-1</sup> )		SV (%)		N (%)		Relação C/N		
	Início	Final	Início	Final	Início	Final	Início	Final	Início	Final	% redução
T1	7,43 a	9,08 a	0,21 a	0,29 a	72,69 b	60,49 a	1,67 a	2,26 a	25,90 b	14,95 a	42,28
T2	7,63 a	9,53 b	0,44 b	0,53 b	61,55 a	60,43 a	2,22 a	2,58 b	16,12 a	13,08 a	18,86
T3	7,93 b	9,23 a	0,24 a	0,37 a	68,56 b	71,37 a	2,80 a	2,07 a	17,02 a	19,23 b	–
T4	8,20 c	9,47 b	0,42 b	0,67 c	68,97 b	64,40 a	2,31 a	2,79 b	17,32 a	12,86 a	25,75
T5	8,20 c	9,86 c	0,53 b	0,69 c	64,16 a	57,07 a	2,15 a	2,27 a	17,57 a	13,96 a	20,55

Nota1: T1: Dejeito ovino e palha (30:1), T2: Dejeito ovino e palha (19:1), T3: Dejeito bovino e palha (30:1), T4: Dejeito bovino e palha (19:1), T5: Dejeito ovino, bovino e palha (19:1).

Nota2: teste estatístico de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Nota3: Letras iguais nas colunas implicam em equivalência estatística dos valores ao nível de 5% de significância.

Quanto à condutividade elétrica, o T1 e o T3 apresentam menores médias ao nível de 5% de significância, sendo estas médias semelhantes entre si tanto no início quanto no final do processo de vermicompostagem. Estes tratamentos foram compostos em sua maioria por palha de cana-de-açúcar, cuja caracterização

inicial também apresentava baixos valores de condutividade elétrica. Assim, observa-se que os tratamentos que apresentaram em sua composição menores quantidades de dejetos, resultaram em menores valores médios de condutividade elétrica ao longo do processo. Observou-se ainda maiores valores de condutividade elétrica no final do processo para todos os tratamentos. Neste sentido, Karmegam e Daniel (2009) afirmam que durante o processo de vermicompostagem ocorre um aumento dos sais solúveis, devido à mineralização da matéria orgânica pelas minhocas e pelos microrganismos do trato digestivo da minhoca, o que explica o aumento da condutividade elétrica para o presente estudo.

Observou-se que os teores finais de SV não foram diferentes entre os tratamentos. O remanescente dos SV representa a porcentagem da matéria orgânica de difícil degradabilidade, ou seja, materiais que são mais recalcitrantes. Estudos realizados por Amorim et al. (2005) analisando a vermicompostagem de dejetos caprinos e seus efeitos nas estações do ano sugeriram valor final de 68,4% de SV durante o inverno, valores próximos aos apontados pelo presente estudo.

Com relação ao nitrogênio verifica-se que na primeira análise da vermicompostagem os tratamentos não diferenciaram entre si. Já no final, os maiores teores foram observados para T2 e T4. Nadolny (2009) estudando a reprodução e desenvolvimento das minhocas em resíduo orgânico doméstico encontrou valores de nitrogênio ao final da vermicompostagem de 60 dias, variando entre 1,98% e 2,04%, valores próximos aos encontrados no presente estudo. Suszek et al. (2007) obtiveram valores de N variando entre 1,11 e 1,66% na vermicompostagem de dejetos bovino e resíduos verdes urbanos. Do ponto de vista de uso deste vermicomposto ao solo, de acordo com as especificações para vermicompostos, regidas pela Instrução Normativa nº 25 de 23/07/2009 – MAPA (BRASIL, 2009), todos os tratamentos proporcionaram material de qualidade para uso agrícola, visto que o teor mínimo de nitrogênio recomendado é de 0,5%.

Analisando o início e o final do processo de compostagem quanto à redução da relação C/N, verifica-se a maior porcentagem de redução da relação C/N para o T1 e a menor redução para o T2, seguindo a tendência da redução de volume tanto para a pré-compostagem quanto para a vermicompostagem.

Estes resultados corroboram com os obtidos por Suszek et al. (2007). Soares et al. (2004), caracterizando amostras de vermicompostos de esterco bovino, encontraram valores para a relação C/N que variaram de 9,02 a 13,74, valores próximos aos encontrados no presente estudo, exceto para T3, indicando que os resíduos orgânicos haviam sido totalmente decompostos.

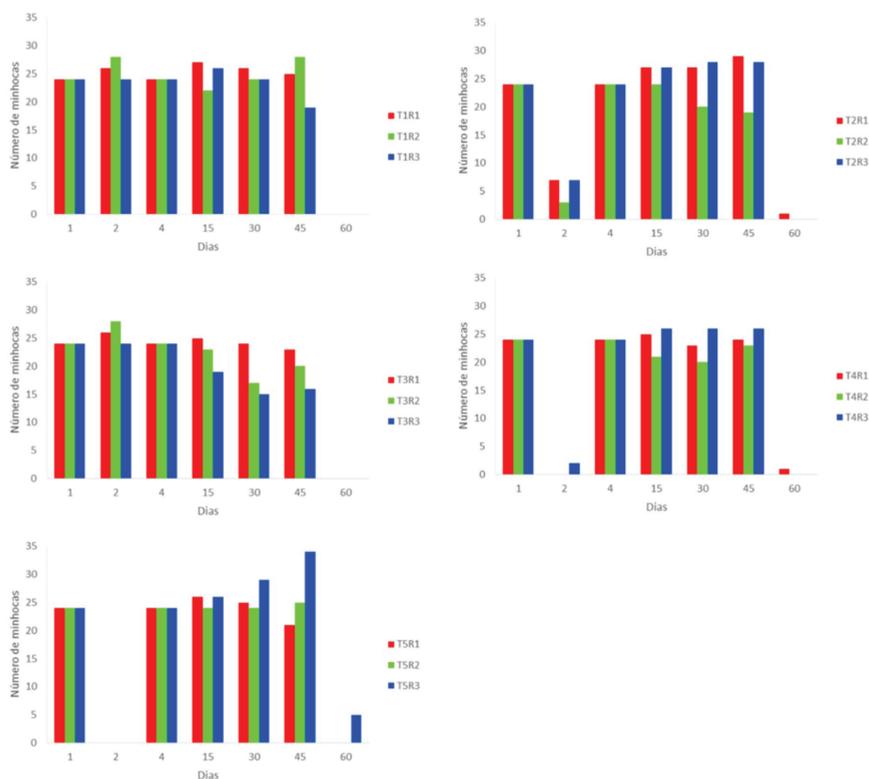
Segundo Lacerda et al. (2012) a maturidade de um composto é avaliada e identificada por meio da variação da relação C/N, indicando o grau de estabilização da matéria orgânica. Ainda segundo os mesmos autores a relação C/N ideal para a identificação da maturação do composto é divergente. Neste sentido,

Pullicino (2002) indica que valores de relação C/N menores que 20 sugerem maturação do composto. Entretanto, a Instrução Normativa nº 25 de 23/07/2009 – MAPA (BRASIL, 2009), indica que para a comercialização de vermicompostos, a relação C/N máxima deve ser de 14:1. Sendo assim, apenas T2, T4 e T5 atenderiam a legislação. Deste modo, os vermicompostos produzidos, quando acrescentados no solo, não seriam um fator de imobilização do N pelos microrganismos do solo, funcionando como um bom fornecedor de N tanto para as raízes das plantas quanto para a flora microbiana do solo (GODOY et al., 2009).

Com relação à porcentagem de redução da relação C/N, Amorim et al. (2005) obtiveram valores que variaram de 37,27% a 41,36%, resultados divergentes aos encontrados nesta pesquisa, em que houve grande variação desta porcentagem de redução (de 18,86 a 42,28%) (Tabela 2.7).

### 3.3 Quantificação das minhocas

No segundo dia da vermicompostagem as minhocas do T2, T4 e T5 morreram em sua maioria (Figura 2.6).



**Figura 2.6** Comportamento das minhocas ao longo do processo de vermicompostagem.

Rocha et al. (2007) demonstram que a rega de minhocas com águas de condutividade elétrica de até  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$  não causa nenhuma mortalidade às matrizes. Considerando que a condutividade elétrica no presente trabalho estava adequada à sobrevivência das minhocas no momento da sua introdução no composto, com valor máximo de  $0,69 \text{ dS m}^{-1}$  para o T4, suspeita-se da toxicidade do nitrogênio amoniacal, visto que estes foram os tratamentos com relação C/N inicial 19:1. Além disso, mesmo a condutividade elétrica estando dentro dos limites recomendados, pode ter ocorrido sensibilidade das minhocas aos sais solúveis.

Kiehl e Porta (1980) afirmam que um processo de pré-compostagem iniciado com baixa relação C/N, possui alto teor de nitrogênio e baixo de carbono como fonte de energia, sendo assim os microrganismos apropriam-se do carbono disponível, eliminando o excesso de nitrogênio na forma amoniacal, podendo ficar residual no momento inicial da vermicompostagem. Lourenço (2010) destaca que altas concentrações de matéria mineral em solução podem ser prejudiciais à atividade das minhocas, um exemplo é o nitrogênio na forma de amônia.

Os resultados encontrados ao final do processo de pré-compostagem apresentavam maiores valores de nitrogênio e condutividade elétrica nos tratamentos testados (Tabela 2.5), o que reafirmam as prováveis causas da morte das minhocas. Além disso, Lourenço (2010) ressalta que as minhocas toleram valores de pH compreendidos entre 5 e 8. Sendo assim, ao final do processo de pré-compostagem o composto apresentava-se com pH mais alcalino que o aceitável pelas minhocas, podendo também ter influenciado na mortalidade.

Buscando tornar os compostos adequados à aceitação das minhocas, retirou-se os indivíduos de todos os tratamentos, procedendo a lavagem dos compostos por três dias. Após esta lavagem inseriu-se novamente 24 novas minhocas por vermireator. Observando a Figura 2.6 é possível notar que na contagem do 15º dia, houve reprodução das minhocas em T1R1, T1R3, T2R1, T2R3, T3R1, T4R1, T4R3, T5R1, T5R3, sendo esta reprodução mais expressiva em T1R1, T2R2 e T2R3, todos com 27 minhocas. No 30º dia, as maiores reproduções foram observadas em T5R3 (29 minhocas) e T2R3 (28 minhocas). Na contagem do 45º dia, maiores reproduções foram observadas em T5R3 (34 minhocas) e T2R1 (29 minhocas).

A última contagem, no 60º dia, apresentou 100% de mortalidade no T1 e T3, e alta mortalidade nos demais tratamentos (Figura 2.6), comportamento explicado pelas baixas temperaturas do 45º, 46º e 47º dias de processo, com mínimas de  $5^\circ\text{C}$  e máximas de  $9^\circ\text{C}$ . Ainda de acordo com Lourenço (2010), temperaturas acima de  $40^\circ\text{C}$  dizimam as minhocas e valores inferiores a  $15^\circ\text{C}$  diminuem o seu metabolismo. Temperaturas abaixo de  $0^\circ\text{C}$  congelam e matam as minhocas, visto o seu corpo ser constituído em sua maioria por água. A temperatura dos vermireatores no 46º dia variou entre  $5^\circ\text{C}$  e  $5,5^\circ\text{C}$ , com aferições realizadas ao meio dia. Na madrugada do 45º dia para 46º, os termômetros de temperatura

ambiente na cidade como um todo apresentaram temperaturas em torno de 0°C, o que pode explicar a causa da morte das minhocas. Segundo o IAPAR (2013) a temperatura máxima para a cidade de Londrina no dia 24 de julho de 2013 (46º dia) foi de 13,6°C e a mínima foi de 0,6°C.

## 4 Conclusão

Todos os tratamentos apresentaram descaracterização do material de origem, todavia o T4 demonstrou visualmente pior degradação da matéria orgânica e comportamento indesejado para todos os parâmetros avaliados, não sendo, portanto, indicado para aplicação em larga escala, muito embora reflita uma das composições mais próximas da realidade dos produtos no meio rural.

As minhocas desenvolvem-se bem tanto em vermicompostagem com dejetos ovinos, quanto em vermicompostagem com dejetos bovinos. O que determinou a aceitação e reprodução das minhocas a tais compostos foi quantidade de material nitrogenado adicionado ao processo.

As condições atípicas de temperaturas comprometeram o processo de vermicompostagem, apontando a não adaptação das minhocas das espécies *Eisenia foetida* às baixas temperaturas.

## Referências

- AMORIM, A. C; LUCAS JUNIOR, J.; RESENDE, K.T. Compostagem e vermicompostagem de dejetos de caprinos: efeito das estações do ano. **Revista Engenharia Agrícola**, v.25, n.1, p.57-66, 2005.
- APHA, AWWA, WEF, American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 20ª ed. Washington, American Public Health Association, 937p. 1998.
- AQUINO, A. M.; ALMEIDA, D. L.; SILVA, V. F. **Utilização de minhocas na estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem**. Comunicado Técnico Embrapa, n.8, p.1-6, 1992.
- AUGUSTO, K.V.Z.; LUCAS JÚNIOR, J.; MIRANDA, A.P. **Redução de volume e peso durante a compostagem de dejetos de galinhas poedeiras**. I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais Tratamento de Dejetos de Animais. Florianópolis, Santa Catarina. 2009.

- BIDONE, F.R.A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos: EDUSP, 109p. 1999.
- BRITO, L. M.; AMARO, A. L.; FERNADES, A.S. Efeito do arejamento no processo de compostagem da fração sólida do chorume de pecuária leiteira. **Revista Ciências Agrárias**, v.32, n.1, p. 298-231, 2009.
- CARNEIRO, J.L. **Compostagem de resíduos agroindustriais: revolvimento, inoculação e condições ambientais**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2012.
- CAYUELA, M. L.; MONDINI, C.; INSAM, H.; SINNICCO, T.; FRANKE – WHITTLE, I. Plant and animal wastes composting: Effects of the N source on process performance. **Bioresource Technology**, v.100, p.3096-3106, 2009.
- CEKMECELIOGLU, D.; DEMERCI, A.; GRAVES, R. E.; DAVITT, N.H. Applicability of optimized in-vessel food waste composting for windrow systems. **Bioresource Technology**, v.91, p.479-346, 2005.
- CESTONARO, T.; COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; PEREIRA, D. C. E MARTINS, M. F. L. **Vermicompostagem de cama de ovinos em mistura com dejetos de bovino de corte: aspectos da estabilização do resíduo**. X Congresso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola - CLIA 2012 e XLI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Londrina, p.1-4, 2012.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira, Cana-de-açúcar, v.2 – Safra 2015/16**, Brasília, p. 1-33, 2015. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_12\\_17\\_12\\_15\\_58\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_-\\_2o\\_lev\\_-\\_15-16.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_12_17_12_15_58_boletim_cana_portugues_-_2o_lev_-_15-16.pdf)>. Acesso em: 17 out. 2016.
- COSTA, M. S. S. M.; CESTONARO, T.; COSTA, L. A. M.; ROZATTI, A. T.; CARNEIRO, J.L.; PEREIRA, D. C. E LORIN, H. E. F. Improving the nutrient content of sheep bedding compost by adding cattle manure. **Journal of Cleaner Production**, v.86, p 9-14, 2015.
- EGHBALL, B. Nutrient, carbon and mass loss during composting of beef cattle feedlot manure. **Journal Environmental Quality**, Madison, v.26, n.1, p.189-93, 1997.

- ELANGO, D.; THINAKARAN, N.; PANNEERSELVAM. P.; SIVANESAN, S. Thermophilic composting of municipal solid waste. **Applied Energy**, v.86, p.663-668, 2009.
- GAO, M.; LI, B.; YU, A.; LIANG, F.; YANG, F.; SUN, Y. The effect of aeration rate on forced-aeration composting of chicken manure and sawdust. **Bioresource Technology**, v.101, p.1899-1903, 2010.
- GODOY, J. R. R.; MEDEIROS, C. M. E SANTANA, G. P. Vermicompostagem de biossólido obtido de fossas sanitárias, grama e pó de serragem utilizando *Eisenia foetida* (Savigny, 1826). **Revista Ceres**, v.56, n.5, p.648-653, 2009.
- GODOY, R. R.J. **Vermicompostagem de biossólido obtido de fossas sanitárias, utilizando a *Eisenia foetida* Savigny**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais da Amazônia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2006.
- HASSEN, A.; BELGUITH, K.; JEDIDI, N.; CHERIF, A.; CHERIF, M. E BOUDA-BOUS, A. Microbial characterization during composting of municipal solid waste. **Bioresour Technonology**, v.80, p.217-25, 2001.
- HECK, K., MARCO, G. E.; HAHN, B. B. A.; KLUGE, M.; SPILKI, R. F. E SAND, D. V. D. Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.1, p.54-59, 2013.
- HUANG, G.F.; WONG, J.W.C., WU, Q. T.; NAGAR, B.B. Effect of C/N on composting of pig manure with sawdust. **Waste Management**, v.24, p.805-813, 2004.
- IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. **Agrometeorologia**, 2013. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1828>>. Acesso em: 10 out. 2016.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Números da pecuária paranaense**, 2014. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/nppr.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2016.
- KADER, N. A.; ROBIN, P.; PAILLAT, J. M.; LETERME, P. Turning, compacting and the addition of water factors affecting gaseous emissions in farm manure composting. **Bioresouce Technology**, v.98, p.2619 -2628, 2007.

- KARMEGAM, N. E DANIEL, T. Investigating efficiency of *Lampito mauritti* (Kinberg) and *Perionyx ceylanensis* Michaelsen for vermicomposting of different types of organic substrates. *The Environmentalist*, v.29, n.3, p.287-300, 2009.
- KARNCHANAWONG, S. E SURIYANON, N. Household organic waste composting using bins with diferente types of passive aeration. *Resources, Conservation and Recycling*. v.55, p.548-553, 2011.
- KARNCHANAWONG, S.; SURIYANON, N. Household organic waste composting using bins with diferente types of passive aeration. *Resources, Conservation and Recycling*. v.55, p.548-553, 2011.
- KIEHL, E.J. *Fertilizantes orgânicos*. Piracicaba, Editora Agronômica Ceres Ltda, 492p. 1985.
- KIEHL, E. J. *Manual de Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto*. Piracicaba, Editora Agronômica Ceres Ltda, 173p. 1998.
- KIEHL, E. J. *500 Perguntas e Respostas*. 1ª ed. Piracicaba, Agronômica Ceres Ltda, 227 p. 2008.
- KIEHL, E. J. E PORTA, A. *Análises de lixo e composto*. 1ª ed. Piracicaba, ESALQ, 55p. 2008.
- LACERDA, A.; GIORI, F.; BONILLA, G.E.; RODRIGUES, M. E TONIETO, T. (2012) – *A técnica de compostagem e seu uso na agricultura*. Departamento de solos e nutrição de plantas, Piracicaba, 2012.
- LEAL, M. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA. J. A. A. E ARAUJO, E. S. Compostagem de misturas de capim-elefante e torta de mamona com diferentes relações C/N. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, p.1195-1200, 2013.
- LI, X.; ZHANG, R.; PANG, Y. Characteristics of dairy manure composting with rice straw. *Bioresource Technology*, v.99, p.367-368, 2008.
- LOUREIRO, D. C.; AQUINO, A. M.; ZONTA, E. E LIMA, E. Compostagem e vermicompostagem de resíduos domiciliares com esterco bovino para a

produção de insumo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.7, p.1043-1048, 2007.

LOURENÇO, N. M. G. **Características da minhoca Epígea Eisenia Foetida- benefícios, características e mais-valias ambientais decorrentes da sua utilização**, 2010. Disponível em <<http://www.slideshare.net/FuturambGSR/caracteristicas-da-minhoca-epgea-eisenia-foetida-benefcios-caractersticas-e-emasvalias-ambientais-decorrentes-da-sua-utilizao>>. Acesso em: 10 out. 2016.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. E OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**, 2ª ed. Piracicaba, Potafos, 319 p. 1997.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. - **Instrução Normativa nº 25**. BRASIL, 2009.

MORSELLI, T. B. A.; CRUZ, C. E. L.; POCAI, D. Efeitos de Diferentes Resíduos no Comportamento de *Eisenia foetida* em Estação Quente: II – Acasalamento. In: Congresso Gaúcho de minhocultura. **Ciência Rural**, v.2, n.1, p. 50-53, 1996.

NADOLNY, S. H. **Reprodução e desenvolvimento das minhocas (*Eisenia Andrei Bouché* 1972 e *Eudrilus Eugeniae* (Kinberg 1867)) em resíduo orgânico doméstico**. 2009, 59 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

NIGUSSIE, A.; KUYPER, W. T.; NEERGAARD, A. Vermicomposting as a technology for reducing nitrogen losses and greenhouse gas emissions from small-scale composting. **Journal of Cleaner Production**, v.139, p.429-439, 2016.

OLIVEIRA, E. C. A.; SARTORI, R. H.; GARCEZ, T. B. **Compostagem**. Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

OLIVEIRA, E. M.; COSTA, X. F. E COSTA, C. C. Reprodução de minhoca (*Eisenia Foetida*) em diferentes substratos. **Revista Caatinga**, v.21, n.5, p.146-150, 2008.

OLIVEIRA, E. M.; SANTOS, M. J. Influência das minhocas sobre as características químicas de composto, vermicomposto e solo. **Engenharia Ambiental**, v.6, n.1, p.74-81, 2009.

- Pereira Neto, T. J. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. 1ª ed, Viçosa, 81p. 2007.
- PETRIC. I.; SESTAN, A.; SESTAN, I. Influence of wheat straw addition on composting of poultry manure. **Process Safety and Environmental Protection**, v.87, p.206-212, 2009.
- PULLICINO, D. S. Chemical and spectroscopic analysis of organic matter transformations during composting of municipal solid waste. Degree of master (Science) University of Malta, Malta, 2002.
- QUEIROZ, F. F. **Avaliação do aproveitamento de resíduos vegetais por meio da compostagem em leiras revolvidas. Estudo de caso de Londrina**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) Universidade estadual de Londrina, Londrina, 2007.
- SESTAK, M. **Compostagem de resíduos da indústria de desfibrilação de algodão**. Trabalho de Graduação (Agronomia) Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Candido Rondon, 2002.
- SILVA, D. C.; COSTA, M. L.; MATOS, T. A.; CECON, R. P. E SILVA, D.D. Vermicompostagem de lodo de esgoto urbano e bagaço de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, p.487-491, 2002.
- SOARES, J.P.; SOUZA, J.A. E CAVALHEIRO, E.T.G. Caracterização de amostras comerciais de vermicomposto de esterco bovino e avaliação da influência do pH e do tempo na adsorção de Co (II), Zn (II) e Cu (II). **Química Nova**, v.27, n.1, p.5-9, 2004.
- SOUMARÉ, M.; DEMEYER, A.; TACK, F.M.G. E VERLOO, M.G. Chemical characteristics of Malian and Belgian solid waste composts. **Bioresource Technology**, v.81, p.97-101, 2002.
- STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**, 2. ed. New York, J. Wiley & Sons, 496p. 1994.
- SUSZEK, M.; SAMPAIO, S.C.; SUSZEK, F.L.; SUSZEK, F. L. E MALLMANN, L.S. Aspectos físicos químicos de vermicompostos produzidos a partir de esterco bovino e compostos de resíduos verdes urbanos. **Engenharia na Agricultura**, v.15, n.1, p.39-44, 2007.

- SYMANSKI, S. C. **Caracterização de bactérias mesófilas presentes em processo de compostagem**. 2005, 88p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- TAEPORAMAYSAMAI, O.; RATANATAMSKUL. C. Co-composting of various organic substrates from municipal solid waste using an on-site prototype vermicomposting reactor. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v.113, p.357-366, 2016.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. E VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**, 2<sup>a</sup> ed. Porto Alegre, UFRGS, 174 p. 1995.
- ZHU, N. Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw. **Bioresource Technology**, v.101, p.222-227, 2007.