



<http://dx.doi.org/10.21707/ga.v11.n01a2>

VERMICOMPOSTAGEM DE DEJETO DE OVINOS E BOVINOS COM PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR A PARTIR DE DIFERENTES RELAÇÕES INICIAIS DE C:N

MARIANA SBIZZARO^{1*}, TATIANE CRISTINA DAL BOSCO², KÁTIA VALERIA MARQUES CARDOSO PRATES³, PEDRO HENRIQUE PRESUMIDO⁴, DERCIO CERI PEREIRA¹, SILVIO CÉSAR SAMPAIO⁵

¹Discente do Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola/Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Universitária, 2069 - 85819110, Cascavel – Paraná, Brasil.

²Docente do Departamento Acadêmico Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Avenida dos Pioneiros, 3131 – 8636-370, Londrina – Paraná, Brasil. ³Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba

³Docente do Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Avenida dos Pioneiros, 3131 - 86-36370, Londrina – Paraná, Brasil.

⁴Discente do Departamento Acadêmico de Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Avenida dos Pioneiros, 3131 - 86-36370, Londrina – Paraná, Brasil.

⁵Docente do Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola/Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Universitária, 2069 - 85819110, Cascavel – Paraná, Brasil.

*Autor para correspondência: msbizzaro@hotmail.com

Recebido em 06 de maio de 2016. Aceito em 20 de novembro de 2016. Publicado em 31 de março de 2017.

RESUMO - O objetivo do estudo 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). Para o procedimento experimental 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 microbiológicos. Na vermicompostagem, monitorou-se ainda o desenvolvimento das minhocas. Ao final da pré-compostagem as análises microbiológicas mostraram a sanitização quanto à bactéria da espécie *E. coli* para todos os tratamentos. Na vermicompostagem os valores das relações C:N reduziram-se em todos os tratamentos, indicando a maturação dos compostos. O T4 foi o menos eficiente frente a todos os parâmetros físico-químicos monitorados, não sendo recomendado para aplicação em larga escala.

PALAVRAS-CHAVE: *EISENIA FOETIDA*, RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS, VERMIREADORES.

VERMICOMPOSTING OF SHEEP AND CATTLE MANURE WITH SUGARCANE STRAW USING DIFFERENT INITIAL RATIOS OF C:N

ABSTRACT - The aim of the study was to evaluate the behavior of the decomposition of organic matter and earthworms (*Eisenia foetida*) in the process of vermicomposting of sheep and cattle manure with sugarcane straw, comparing two initial ratios of C:N (19:1 and 30:1). For the experimental procedure, the following waste compositions were tested: T1 (30:1 – sheep manure + sugarcane straw), T2 (19:1 – cattle manure + sugarcane straw), T3 (30:1 – cattle manure + sugarcane straw), T4 (19:1 – cattle manure + sugarcane straw), and T5 (30:1 - sheep manure + cattle manure + sugarcane straw). The pre-composting process lasted 34 days. Then, 24 worms were inserted into each vermireactor, in which they stayed for 58 days. Physicochemical and microbiological parameters were monitored in both processes. In vermicomposting, it was also monitored the development of earthworms. At the end of the pre-composting, the microbiological analyses showed sanitization regarding the bacterium *E. coli* in all treatments. In the vermicomposting, the values of C:N ratios decreased in all treatments, indicating maturation of the compounds. The T4 had the least satisfactory performance in all monitored parameters; therefore, it is not recommended for large-scale application.

KEYWORDS: *EISENIA FOETIDA*, *AGRICULTURAL WASTE*, *VERMIREACTOR*.

VERMICOMPOSTAJE DE ESTIÉRCOL DE OVINOS Y BOVINOS CON PAJA DE CAÑA DE AZÚCAR USANDO DIFERENTES PROPORCIONES INICIALES DE C:N

RESUMEN - El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento de la descomposición de materia orgánica y de lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) en el proceso de vermicompostaje de estiércol de ovinos y bovinos con paja de caña de azúcar, comparando dos proporciones iniciales de C:N (19:1 y 30:1). Para el procedimiento experimental se ensayaron las siguientes composiciones de estiércol: T1 (30:1 – estiércol de ovino + paja de caña de azúcar), T2 (19:1 – estiércol de ovino + paja de caña de azúcar), T3 (30:1 – estiércol de bovino + paja de caña de azúcar), T4 (19:1 – estiércol de bovino + paja de caña de azúcar) y T5 (30:1 – estiércol de ovino + estiércol de bovino + paja de caña de azúcar). El proceso de pre-compostaje se realizó durante 34 días. Entonces, se insertaron 24 lombrices en cada uno de los vermireactores, donde permanecieron durante 58 días. En ambos procesos se monitorizaron los parámetros microbiológicos y físico-químicos. En el vermicompostaje, se monitorizó incluso el desarrollo de las lombrices. Al final del pre-compostaje, los análisis microbiológicos mostraron la desinfección por la bacteria *E. coli* en todos los tratamientos. En el vermicompostaje, los valores de la relación C: N se disminuyeron en todos los tratamientos, lo que indica la maduración de los compuestos. El T4 fue el menos eficiente en todos los parámetros físicos y químicos monitorizados; por lo tanto, no se recomienda para la aplicación a gran escala.

PALABRAS CLAVE: *EISENIA FOETIDA*, *RESIDUOS AGRÍCOLAS*, *VERMIREACTORES*.

INTRODUÇÃO

Pesquisas envolvendo resíduos agropecuários são cada vez mais importantes, considerando o atual contexto ambiental, nacional e internacional, principalmente relacionados com o tema de conservação de solo e água. Neste sentido, o tratamento biológico de resíduos sólidos oriundo de atividades agroindustriais e de animais deve propiciar subprodutos adequados, como água de irrigação, adubos orgânicos, e quando possível extração energética.

Dentre as técnicas do tratamento biológico, a vermicompostagem 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).

Características favoráveis de solo, clima e água disponível, fazem com que o estado do Paraná, se destaque quanto as produções agrícolas e de animais. Neste contexto, além de soja, milho, suínos e aves, merecem destaque no estado a bovinocultura, ovinocultura e a cana-de-açúcar. Em 2013, 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.

Em estudos de vermicompostagem é necessário definir inicialmente as fontes de carbono e nitrogênio que irão compor o resíduo na relação C:N, além das espécies das minhocas, como: *Eisenia foetida* (Garg *et al.* 2006). Dentre as fontes estudadas de carbono cita-se o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) (Leal *et al.* 2013), serragem (Singh e Kalamdhad, 2013), casca de arroz (Qian *et al.* 2014). Fontes de nitrogênio mais utilizadas são os resíduos

de animais como: bovino (Costa *et al.* 2015), ovino (Leal *et al.* 2013) e equino (Swinker *et al.* 1997).

Deste modo, objetivou-se neste trabalho definir as melhores formas de vermicompostagem da palha de cana-de-açúcar, tendo como fontes de nitrogênio os resíduos de bovinos e ovinos, usando relações C:N 30:1 e 19:1 e minhocas da espécie *Eisenia foetida*.

MATERIAL E MÉTODOS

Etapas, resíduos utilizados e tratamentos

O experimento contemplou duas fases: na primeira os resíduos foram pré-compostados em leiras por 34 dias, até atingirem parâmetros adequados de temperatura, pH e condutividade elétrica para a inserção das minhocas. Na segunda fase ocorreu a inoculação das minhocas nos vermireatores, em triplicata, onde o material permaneceu por mais 58 dias.

Os resíduos utilizados para a montagem das leiras de pré-compostagem foram palha de cana-de-açúcar, dejetos de ovinos e dejetos de bovinos, provenientes de sistema semi-extensivo. Para a montagem dos vermireatores foram utilizados os resíduos advindos da pré-compostagem.

Foram investigadas a relação C:N inicial de 30:1, recomendada pela literatura como ideal e a relação 19:1, simulando a real situação encontrada nas propriedades rurais de maior disponibilidade de dejetos em relação aos materiais celulósicos. 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).

Caracterização físico-química inicial dos resíduos e quantidade de material utilizada

A caracterização inicial dos resíduos, seguindo as metodologias de Tedesco *et al.* (1995), APHA, AWWA & WEF (1998), Kiehl (1985), Malavolta *et al.* (1997) é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização inicial dos resíduos para posterior pré-compostagem

Resíduos	pH	Condutividade elétrica (CE) (mS cm ⁻¹)	Umidade (%)	Carbono (%)	Nitrogênio (%)	C:N
Dejeito Ovino	8,98	3,59	23,56	26,29	2,23	11,81: 1
Dejeito Bovino	8,97	0,83	79,09	33,34	1,81	18,54: 1
Palha cana-de-açúcar	5,58	1,03	16,08	35,88	1,00	36,17: 1

Para determinar a quantidade de material a ser utilizada em cada tratamento, utilizou-se a metodologia proposta por Kiehl (2008). Conhecendo a quantidade de palha necessária para cada kg de dejeito, calculou-se a quantidade de resíduo necessária em cada leira (Tabela 2).

Tabela 2 - Quantidade de palha necessária para cada quilo de dejeito, quantidade de resíduo em cada leira para a

composição dos tratamentos, e quantidade total de cada leira

Tratamentos	Quantidade de palha/1kg de dejetos		Palha kg	Dejetos kg	Quantidade total de cada leira kg
	Dejetos Ovinos	Dejetos Bovinos			
T1	6,57	---	30,23	4,89	35,12
T2	---	0,94	16,87	19,10	35,97
T3	3,34	---	26,81	12,36	39,17
T4	---	0,05	1,74	51,04	52,78
T5	0,94	0,05	11,61	12,36 (ovino) + 17,91 (bovino)	41,88

Montagem das leiras para pré-compostagem

A montagem das leiras, em formato trapezoidal, se deu por camadas, iniciando-se com 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.

Vermicompostagem

Após o período de pré-compostagem, para acomodação do material e das minhocas foram utilizadas caixas vazadas (vermirretores) com dimensões de 0,40 m de comprimento, 0,28 m de largura e 0,15 m de altura, contribuindo para a oxigenação da mistura. As caixas ficaram suspensas e espaçadas em 10 cm para facilitar o manuseio e proporcionar aeração na parte inferior e lateral. Cada tratamento foi reproduzido em triplicata, totalizando 15 vermirretores nomeados por T1*R1**, T1R2, T1R3, T2R1, T2R2, T2R3, T3R1, T3R2, T3R3, T4R1, T4R2, T4R3, T5R1, T5R2, T5R3, onde * indica o número do tratamento e ** é a repetição. Cada vermirreter recebeu 15 cm do material resultante da etapa de pré-compostagem.

A espécie de minhoca inserida no experimento foi a *Eisenia foetida* (vermelha da Califórnia), escolha pautada com base em estudos realizados por Oliveira *et al.* (2008); Nadolny (2009); Godoy *et al.* (2009) que descrevem vantagens da espécie. Foram inseridas 24 minhocas por vermirreter, seguindo a recomendação de Cestonaro *et al.* (2012).

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, decidiu-se pela lavagem do material, uma vez ao dia, durante três dias consecutivos. Para tanto, foram utilizados dois litros de água por kg de composto, para todos os tratamentos. Após este período, as minhocas foram novamente inseridas nos vermirretores.

Monitoramento da pré-compostagem e vermicompostagem

Na Tabela 3 estão descritos os parâmetros que foram monitorados nos processos de pré-compostagem e vermicompostagem.

Tabela 3 - Parâmetros monitorados na pré-compostagem e vermicompostagem e frequência

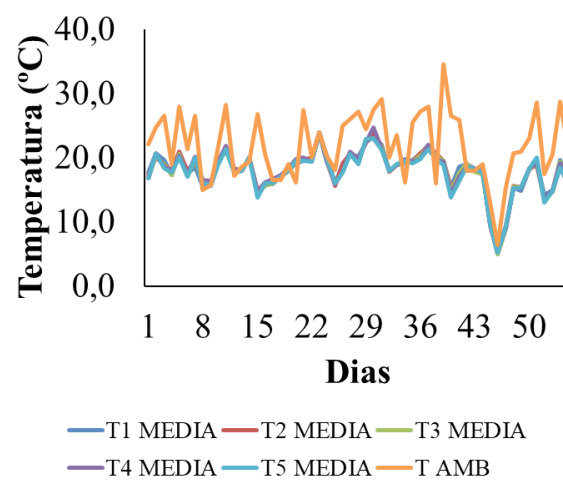
Monitoramento	Pré-compostagem	Vermicompostagem	Frequência
Temperatura	X	X	Diário
Revolvimento	X		Semanal
Umidade	X	X	Diário
pH, CE, C:N	X	X	Semanal
Análises	X		1º Dia
Microbiológicas	X	X	36º Dia
(contagem padrão em placa)		X	40º Dia
		X	88º Dia
Contagem das Minhocas		X	Quinzenal

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pré-compostagem

Observa-se na Figura 1 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.

Figura 1 - 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

1. 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 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 micro-organismos. 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.

Com relação aos parâmetros físico-químicos monitorados (Tabela 4), 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. 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.

Tabela 4 - Parâmetros físico-químicos no início e no final do processo de pré-compostagem.

	pH		CE (mS cm ⁻¹)			Relação C:N		
	Início	Final	Início	Final	% redução	Início	Final	% redução
T1	7,9	8,1	1,31	0,55	58,01%	25:1	24:1	4,00
T2	8,8	8,6	1,82	1,28	29,67%	21:1	18:1	14,30
T3	7,8	8,1	1,16	0,64	44,83%	31:1	22:1	29,00
T4	9,2	8,6	1,23	1,12	8,94%	17:1	22:1	-----
T5	8,9	8,8	1,46	1,37	6,16%	20:1	17:1	15,00

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 4 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 ao solo, a condutividade elétrica do esterco após os tratamentos não deve exceder 3 mS cm⁻¹ (Soumaré *et al.* 2002). Neste caso, todos os compostos obtidos poderiam ser utilizados para adubação, segundo o parâmetro condutividade elétrica.

No final, observou-se redução da relação C:N (Tabela 4), exceto para o T4, resultado explicado pela

granulometria, com aspecto agrupado e compactado do material. 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 há 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. 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. Karnchanawong e Suriyanon (2011) 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.

Vermicompostagem

Durante os 58 dias de vermicompostagem as temperaturas comportaram-se similarmente entre todos os tratamentos (Figura 2). As temperaturas mínimas em todos os tratamentos 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).

Comparando os valores de pH finais do pré-composto (Tabela 4) que variaram entre 8,1 e 8,8 aos valores de pH finais do vermicomposto, variável entre 9,08 e 9,86 (Tabela 5), percebe-se que o pH aumentou e manteve-se alcalino, demonstrando que as minhocas interferem nas características químicas da matéria orgânica em processo de decomposição. A elevação do pH para todos os tratamentos aponta o grau de maturidade do composto, já que, no início do processo as reações são mais ácidas e ao final, mais alcalinas (Kiehl, 2010). Suszek *et al.* (2007), pesquisando 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.

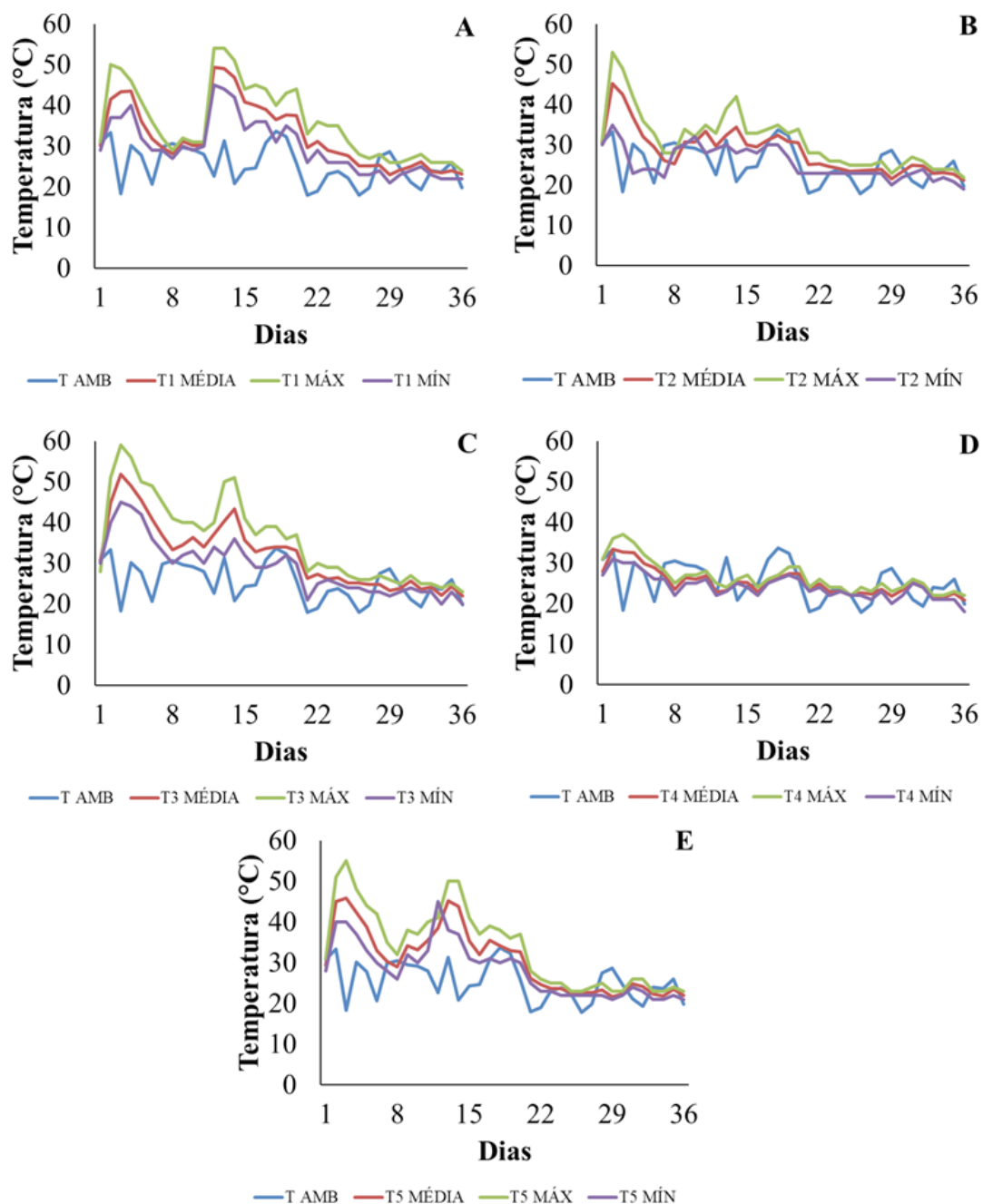
Tabela 5 - Parâmetros físico-químicos no início e no final do processo de vermicompostagem

	pH		CE (mS cm ⁻¹)		N (%)		Relação C:N		% redução
	Início	Final	Início	Final	Início	Final	Início	Final	
T1	7,43 a	9,08 a	0,21 a	0,29 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	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	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	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	2,15 a	2,27 a	17,57 a	13,96 a	20,55

Nota¹: 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 micro-organismos do intestino da minhoca, o que explica o aumento da condutividade elétrica para o presente estudo.

Figura 2 - Monitoramento diário da temperatura no interior dos vermireatores e temperatura ambiente durante a vermicompostagem, em que, A) T1; B) T2; C) T3; D) T4; E) T5.



Com relação ao nitrogênio, verifica-se que na primeira análise da vermicompostagem os tratamentos não diferenciaram entre si quanto ao teor de nitrogênio. 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. Do ponto de vista de uso deste vermicomposto no 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%.

Em relação ao início e ao 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. 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 em sua maioria decompostos.

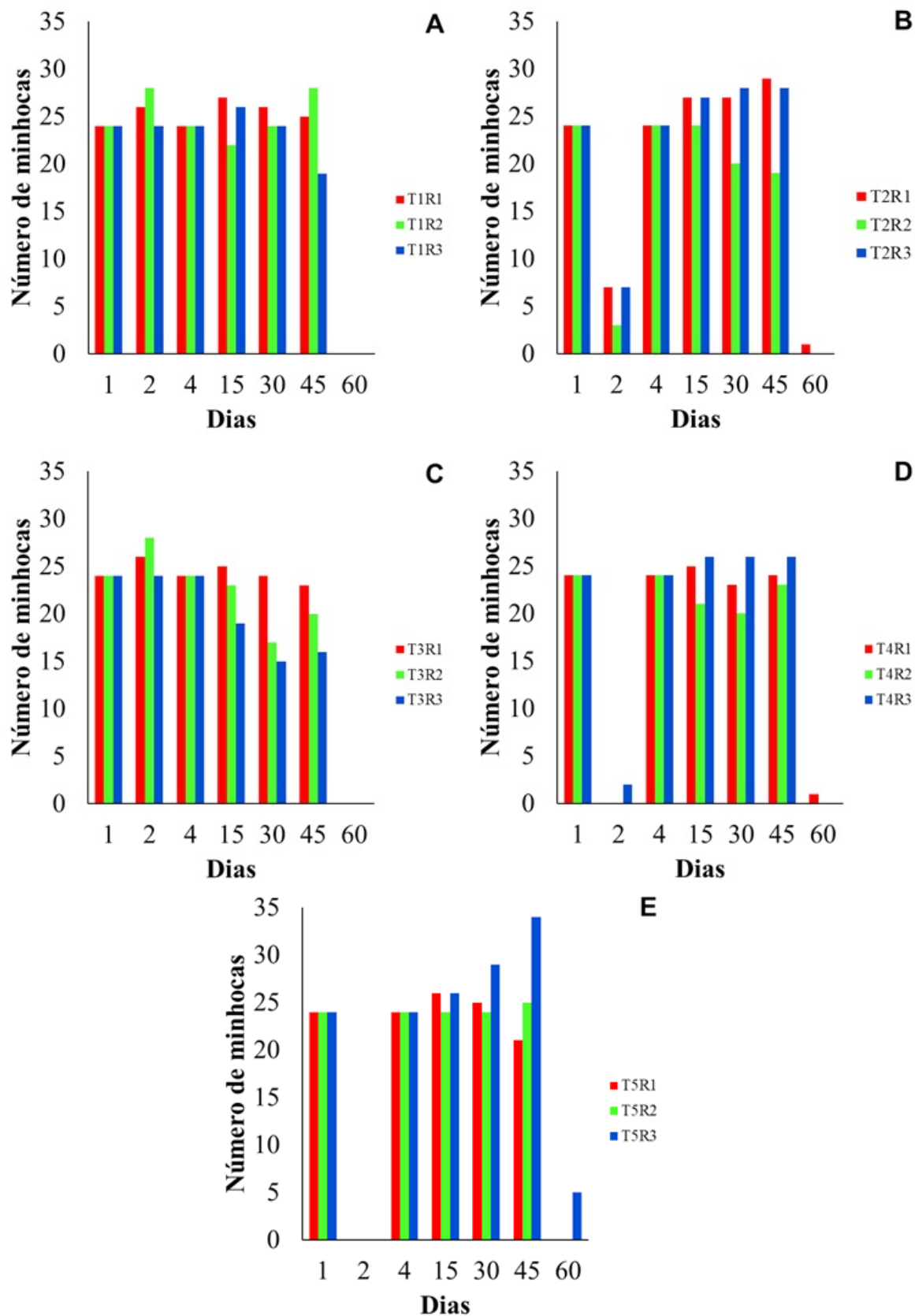
Segundo Lacerda *et al.* (2012) a maturidade de um composto é avaliada e identificada por meio da variação da relação C:N, indicando o grau de estabilização da matéria orgânica. A Instrução Normativa nº 25 de 23/07/2009 – MAPA (BRASIL, 2009), indica que para a comercialização de vermicompostos, a relação C:N máxima deve ser de 14:1. Sendo assim, apenas T2, T4 e T5 atenderiam a legislação.

Quantificação das minhocas

No segundo dia da vermicompostagem as minhocas do T2, T4 e T5 morreram em sua maioria (Figura 3). Rocha *et al.* (2007) demonstram que a rega de minhocas com águas de condutividade elétrica de até 5,0 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 mS cm⁻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 micro-organismos 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 amoniacal na forma de amônia.

Figura 3 - Comportamento das minhocas ao longo do processo de vermicompostagem, em que, A) T1R1, T1R2, T1R3; B) T2R1, T2R2, T2R3; C) T3R1, T3R2, T3R3; D) T4R1, T4R2, T4R3; E) T5R1, T5R2, T5R3.



Os resultados encontrados ao final do processo de pré-compostagem apresentavam maiores valores de nitrogênio e condutividade elétrica nos tratamentos testados (Tabela 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 as minhocas 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 3 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 3), comportamento explicado pelas baixas temperaturas do 45º, 46º e 47º dias de processo, com mínimas de 5°C e máximas de 9°C. Ainda de acordo com Lourenço (2010), temperaturas acima de 40°C dizimam as minhocas e valores inferiores a 15°C baixam o seu metabolismo. Temperaturas abaixo de 0°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°C e 5,5°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 (46º dia) foi de 13,6°C e a mínima foi de 0,6°C.

Análises Microbiológicas

No processo de pré-compostagem, a contagem de bactérias heterotróficas diminuiu para todos os tratamentos (Tabela 6). As maiores reduções das bactérias foram observadas em T2 e T3.

Hassen *et al.* (2001) também avaliaram os aspectos microbianos em leiras de compostagem, apresentando valores médios para bactérias heterotróficas de 1×10^8 UFC g⁻¹. Symanski (2005) estudando bactérias em processo de compostagem encontrou $1,5 \times 10^7$ UFC g⁻¹ nas primeiras 24 horas de enleiramento e $2,8 \times 10^6$ UFC g⁻¹ após 30 dias do processo de compostagem. Heck *et al.* (2013) estudando a qualidade microbiológica do produto final de compostagem encontraram em sua primeira coleta valores de $5,2 \times 10^7$ UFC g⁻¹ para bactérias heterotróficas, valores condizentes com o presente estudo para todos os tratamentos.

Tabela 6 - Dados da quantificação de bactérias durante o início e o final de cada processo e carga total bacteriana

Tratamentos	T1	T2	T3	T4	T5
UFC g ⁻¹					
1º Dia	$5,5 \times 10^7$	$5,1 \times 10^7$	$5,5 \times 10^7$	$2,6 \times 10^7$	$2,3 \times 10^7$
36º Dia	$4,7 \times 10^6$	$1,2 \times 10^6$	$1,3 \times 10^6$	$2,1 \times 10^6$	$4,3 \times 10^6$
40º Dia	$6,0 \times 10^6$	$6,7 \times 10^5$	$4,1 \times 10^6$	$2,6 \times 10^6$	$3,3 \times 10^6$
88º Dia	$1,7 \times 10^7$	$1,3 \times 10^7$	$1,5 \times 10^8$	$7,9 \times 10^7$	$3,8 \times 10^6$
Carga bacteriana (UFC)					
1º Dia	$1,93 \times 10^{12}$	$1,84 \times 10^{12}$	$2,16 \times 10^{12}$	$1,36 \times 10^{12}$	$9,66 \times 10^{12}$
88º Dia	$4,44 \times 10^{11}$	$4,03 \times 10^{11}$	$4,03 \times 10^{12}$	$2,65 \times 10^{12}$	$1,24 \times 10^{11}$

Observa-se na Tabela 6 que T1, T3 e T4 não tiveram diminuição do número de bactérias heterotróficas após a lavagem do composto, terceira coleta. Já no T2 a redução foi de 50% e no T5 observou-se 25% de redução dos micro-organismos. Resultados que podem estar associados à lavagem dos compostos.

Verifica-se que os tratamentos T1, T2 e T5 apresentaram redução da carga bacteriana ao final do experimento, contrapondo com T3 e T4 onde ocorreu aumento da carga ao final do processo (Tabela 6). A carga total bacteriana está intrinsecamente ligada ao número de UFC e ao peso inicial e final dos tratamentos. Esta comparação foi realizada para que se pudesse avaliar a quantidade total de bactérias em cada tratamento, ao início e ao final de cada processo.

Com relação a *E. coli* foi confirmada a presença em todos os tratamentos no início do processo de compostagem. No 36º dia os compostos apresentavam-se 100% sanitizados, em termos de presença de *E.coli*.

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

APHA AWWA WEF American Public Health Association. 1998. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 20 ed., Washington: American Public Health Association, 937 p.

Amorim AC, Lucas Junior J e Resende KT. 2005. Compostagem e vermicompostagem de dejetos de caprinos: efeito das estações do ano. **Revista Engenharia Agrícola**, 25(1): 57-66.

Cestonaro T, Costa MSSM, Costa LAM, Pereira DC e Martins MFL. 2012. 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.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). 2015. Acomp. safra bras. cana-de-açúcar, v. 2 – Safra 2015/16, n.2 – Segundo levantamento, Brasília: p. 1-33.

Costa MSSM, Cestonaro T, Costa LAM, Rozatti AT, Carneiro JL, Pereira DC e Lorin HEF. 2015. Improving the nutrient content of sheep bedding compost by adding cattle manure. **Journal of Cleaner Production**, 86(1): 9 -14.

Garg P, Gupta A e Satya S. 2006. Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study. **Bioresource Technology**, 97(3):391–395.

Godoy JRR, Medeiros CM e Santana GP. 2009. Vermicompostagem de biossólido obtido de fossas sanitárias, grama e pó de serragem utilizando *Eisenia foetida* (Savigny, 1826). **Revista Ceres**, 56(5): 648- 653.

Hassen A, Belguith K, Jedidi N, Cherif A, Cherif M e Boudabous A. 2001. Microbial characterization during composting of municipal solid waste. **Bioresour Techonology**, 80 (3), p. 217-25.

Heck K, Marco GE, Hahn BBA, Kluge M, Spilki RF e Sand, DVD. 2013. Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final. **Revista. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**,17(1):54–59.

IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná). 2013. Agrometeorologia. Disponível em:<<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1828>>.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2014. Números da pecuária paranaense. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/nppr.pdf>>.

Karmegam N e Daniel T. 2009. Investigating efficiency of *Lampito mauritti* (Kinberg) and *Perionyx ceylanensis* Michaelsen for vermicomposting of different types of organic substrates. **The Environmentalist**, 29(3):287-300.

Karnchanawong S. e Suriyanon N. 2011. Household organic waste composting using bins with diferente types of passive aeration. Resources, **Conservation and Recycling**, 55(5):548-553.

Kiehl EJ. 2008. **500 perguntas e respostas**. 1 ed., Piracicaba: Agronômica Ceres Ltda, 227p.

Kiehl EJ. 1985. **Fertilizantes Orgânicos**. 1 ed., Piracicaba: Agronômica Ceres Ltda, 492p.

Kiehl EJ. 1998. **Manual de Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto**. Piracicaba: Kiehl, 173p.

Kiehl EJ e Porta A. 1980. **Análises de lixo e composto**.1 ed., Piracicaba: ESALQ, 55p.

Lacerda A, Giori F, Bonilla GE, Rodrigues M e Tonieto T. 2012. **A técnica de compostagem e seu uso na agricultura**. Departamento de solos e nutrição de plantas, Piracicaba.

Leal MAA, Guerra JGM, Espindola JAA e Araujo ES. 2013. Compostagem de misturas de capim-elefante e torta de mamona com diferentes relações C:N. **Revista. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, 17 (11):1195 -1200.

Loureiro DC, Aquino AM, Zonta E e Lima E. 2007. Compostagem e vermicompostagem de resíduos domiciliares com esterco bovino para a produção de insumo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 42(7):1043-1048.

Lourenço, NMG. 2010. **Características da minhoca Epígea Eisenia Foetida- benefícios, características e mais-valias ambientais decorrentes da sua utilização**. Lisboa: 5p.

Malavolta E, Vitti, GC e Oliveira SA. 1997. **Avaliação do estado nutricional das plantas**, 2nd ed., Piracicaba: Potafos, 319 p.

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). 2009. Instrução Normativa nº 25. BRASIL.

- Nadolny SH. 2009. **Reprodução e desenvolvimento das minhocas (*Eisenia Andrei Bouché 1972* e *Eudrilus Eugeniae (Kinberg 1867)*) em resíduo orgânico doméstico**. Dissertação de Mestrado. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 59 p.
- Oliveira EM, Costa XF e Costa CC. 2008. Reprodução de minhoca (*Eisenia Foetida*) em diferentes substratos. **Revista Caatinga**, 21(5):146-150.
- Pereira Neto TJ. 2007. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. 1 ed., Viçosa: UFV, 81p.
- Qian X, Shen G, Wang, Z, Guo C, Liu Y, Lei Z e Zhang Z. 2014. Co-composting of livestock manure with rice straw: Characterization and establishment of maturity evaluation system. **Waste Management**, 34(2):530–535.
- Silva DC, Costa ML, Matos TA, Cecon RP e Silva DD. 2002. Vermicompostagem de lodo de esgoto urbano e bagaço de cana-de-açúcar. **Revista. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, 6(3):487-491.
- Singh J e Kalamdhad AS. 2013. Effect of *Eisenia fetida* on speciation of heavy metals during vermicomposting of water hyacinth. **Ecological Engineering**, 60:214–223.
- Soares JP, Souza JA e Cavalheiro ETG. 2004. 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**, 27(1):5-9.
- Soumaré M, Demeyer A, Tack FMG e Verloo MG. 2002. Chemical characteristics of Malian and Belgian solid waste composts. **Bioresource Technology**, 81(2):97–101.
- Stevenson FJ. 1994. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**, 2nd ed., New York: J. Wiley & Sons, 496p.
- Suszek M, Sampaio SC, Mallmann LS e Silvestro, MG. 2007. Aspectos físicos químicos de vermicompostos produzidos a partir de esterco bovino e compostos de resíduos verdes urbanos. **Engenharia na Agricultura**, 15(1):39-44.
- Swinker AM, Tanner MK, Johnson DE e Benner L. 1998. Composting characteristics of three bedding materials. **Journal of equine veterinary Science**, 18(7):462-466.
- Symanski SC. 2005. **Caracterização de bactérias mesófilas presentes em processo de compostagem**. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 88 p.
- Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H. e Volkweiss SJ. 1995. **Análise de solo, plantas e outros materiais**, 2nd ed., Porto Alegre: UFRGS. 174 p.