

Pré-compostagem e vermicompostagem de lodo biológico de laticínio

Andressa Vitória Duarte de Souza
Andressa Ferreira Pimenta
Vitor da Costa Marques
Pedro Henrique Presumido

Jaqueline dos Santos Silva
Monielen Monara Betio
Tatiane Cristina Dal Bosco
Kátia Valéria Marques
Cardoso Prates

Resumo: A indústria de laticínio vem apresentando expansão considerável no mercado interno, o que implica em maior produção de resíduos orgânicos em decorrência dos processos produtivos. No entanto, poucos estudos se dedicaram a apresentar alternativas de tratamento para estes resíduos. Deste modo, neste capítulo serão apresentados os resultados de um projeto que objetivou avaliar a compostagem e a vermicompostagem para o tratamento do lodo biológico de laticínio em conjunto com casca de café e poda de árvore. Os resíduos utilizados para a montagem das leiras foram lodo biológico oriundo de estação de tratamento de efluentes da indústria de laticínios (L), cinza de caldeira (C), casca de café (CC) e poda de árvores (A). As leiras foram montadas em ambiente com e sem cobertura, de modo a verificar se este fator influencia no processo. Assim, os tratamentos foram: em ambiente coberto - T1: (L+P), T2: (L+CC), T3: (L+P+C), T4: (L+CC+C); e em ambiente descoberto - T5: (L+P), T6: (L+P+C). T1, T2, T3 e T4 apresentaram as maiores médias de temperaturas. Já para a redução do volume, T3 e T6 foram os mais eficientes. As reduções de peso foram maiores para o T5 e T6, que estavam sem cobertura. Para o pH e a relação C/N todos os adubos atenderam à Instrução Normativa nº 25, de 23/07/2009 (MAPA).

Palavras-chave: Adubo orgânico. Resíduos sólidos agroindustriais.

1 Introdução

A estação de tratamento de efluentes de uma indústria de laticínios gera ao final do seu processo de operação, além do efluente tratado, o lodo biológico que possui alto teor de matéria orgânica. Se este lodo biológico for disposto incorretamente ou sem tratamento prévio, pode causar riscos ao meio ambiente. Este resíduo é rico em nitrogênio e quando associado a uma fonte de carbono pode ser estabilizado via compostagem e vermicompostagem, gerando um composto rico em nutrientes e mais assimilável às plantas (LATEEF et al., 2013).

O processo de compostagem e vermicompostagem é realizado a partir do uso de substratos de origem animal e/ou vegetal, utilizando fontes de carbono e nitrogênio para que ocorra a degradação da matéria orgânica. O propósito desse processo é estabilizar a matéria orgânica, melhorar suas características físico-químicas e biológicas. Para que ocorra uma degradação mais rápida, o composto é revolvido com o intuito de aumentar a disponibilidade de oxigênio no sistema promovendo maior desenvolvimento dos microrganismos que irão degradar a matéria orgânica. Estes revolvimentos na compostagem podem ocorrer por aeração manual ou mecânica. Já a vermicompostagem acontece via simbiose entre minhocas e microrganismos que vivem em seu trato digestivo, não demandando o revolvimento ao longo do processo (DORES-SILVA et al., 2013).

Neste capítulo serão apresentados os resultados de um projeto que objetivou monitorar e avaliar os processos de pré-compostagem e vermicompostagem de lodo biológico proveniente de indústria de laticínios juntamente com resíduos ricos em carbono (casca de café, poda de árvores e cinza de caldeira) em ambiente coberto e descoberto, com vistas a verificar a interferência da radiação solar e da chuva no processo.

2 Material e métodos

2.1 Resíduos utilizados e tratamentos

Os resíduos utilizados para a montagem das leiras foram: lodo biológico oriundo de uma estação de tratamento de efluentes de indústria de laticínios (L), cinza de caldeira (C), casca de café (CC) e poda de árvores (P). A proporção da mistura dos materiais investigados resultou em uma relação C/N inicial próxima de 19:1. Após a caracterização inicial dos resíduos, foram preparados os trata-

mentos, sendo que quatro foram montados em ambiente coberto ($T1 = L+P$; $T2 = L + CC$; $T3 = L + P + C$; $T4 = L + CC + C$) e dois tratamentos em ambiente descoberto ($T5 = L + P$; $T6 = L + P + C$).

As leiras tiveram formato trapezoidal, com 1,20 m de base maior, 0,50 m de base menor, 0,55 m de altura e 1,35 m de comprimento, resultando em um volume de 0,63 m³. As leiras submetidas ao ambiente coberto foram dispostas diretamente sobre piso cimentado em casa de vegetação. Já as leiras em ambiente descoberto ficaram a céu aberto sobre um sombrite, para não haver perda de material. A pré-compostagem ocorreu por um período de 64 dias para a estabilização da temperatura e obtenção de condições propícias de pH e condutividade elétrica.

Na segunda fase ocorreu a inoculação de minhocas no composto, que foram dispostas em vermireatores, onde o material permaneceu por 43 dias.

Após o período de pré-compostagem, para acomodação do material e das minhocas foram utilizadas caixas vazadas denominadas de vermireatores, contribuindo para a oxigenação do composto. Para que não houvesse fuga das minhocas e perda de material tais caixas foram revestidas com sombrite. Cada tratamento foi realizado em triplicata.

As dimensões dos vermireatores foram 0,15 x 0,33 x 0,54 m de altura, largura e comprimento, respectivamente, totalizando 0,027 m³. Os vermireatores foram suspensos 10 cm do chão para facilitar o manuseio e proporcionar aeração na parte inferior.

A espécie de minhoca que foi inserida no experimento foi a *Eisenia foetida*, ou Vermelha da Califórnia, escolha pautada com base em estudos realizados por Oliveira et al. (2008), que descrevem vantagens da espécie. Cestonaro et al. (2012) recomendaram a inserção de 15 minhocas adultas (com a presença visível de clitelo) por vermireator, com dimensões de 0,40 m de comprimento, 0,28 m de largura e 0,15 m de altura. Logo, proporcionalmente, para o presente trabalho inseriram-se 24 minhocas por vermireator. As contagens para a avaliação da reprodução ocorreram no começo, meio e no final do processo de vermicompostagem.

2.2 Monitoramento do processo de pré-compostagem e vermicompostagem

Para o monitoramento dos processos foram levados em consideração os parâmetros e a frequência de análise apresentados na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 Parâmetros monitorados na pré-compostagem e vermicompostagem e sua frequência.

Parâmetro de monitoramento	Método	Local
Temperatura ¹	Termômetro digital tipo espeto	<i>In loco</i>
Umidade aparente ²	Nunes, 2009	
Aeração ³	Revolvimento manual	
Redução do volume	Balde volumétrico	
Redução de massa	Balança digital	
pH	Tedesco et al., 1995	Em laboratório
Condutividade elétrica	Tedesco et al., 1995	
Carbono total	APHA, AWWA & WEF, 1998	
Série de sólidos	APHA, AWWA & WEF, 1998	
Nitrogênio total	Malavolta; Vitti; Oliveira, 1997	

Nota¹: Diariamente foram monitorados sete pontos nas leiras durante a pré-compostagem. A temperatura ambiente e a umidade relativa do ar também foram monitoradas por meio de um termo-higrômetro digital

Nota²: Monitorada pelo teste da mão (NUNES, 2009).

Nota³: O revolvimento foi manual, com auxílio de pás e enxadas. Durante o processo de vermicompostagem não houve necessidade de revolvimento devido à atividade das minhocas.

2.3 Análises microbiológicas

Para o estudo microbiológico foram utilizando três meios de cultura: BDA – Batata Dextrose Ágar, BHI – *Brain Heart Infusion* e meio Amido Caseína com o intuito de quantificar os seguintes grupos de microrganismos: fungos filamentosos e leveduras, bactérias heterotróficas e actinomicetos, receptivamente.

Na Tabela 6.2 apresenta-se a frequência de análise dos diferentes grupos de microrganismos estudados. Devido a erros operacionais no início do monitoramento, ocorreram lacunas nas análises referentes aos fungos filamentosos e leveduras.

Tabela 6.2 Frequência de monitoramento dos grupos de microrganismos estudados durante os processos de pré-compostagem e vermicompostagem.

		Dia de análise							
		Pré-compostagem						Vermicompostagem	
		1°	7°	15°	30°	45°	58°	73°	100°
Microrganismos	Bactérias Heterotróficas	x		x	x	x	x	x	x
	Actinomicetos	x	x	x	x	x	x	x	x
	Fungos Filamentosos	x			x	x	x	x	x
	Leveduras			x	x	x	x	x	x

2.3.1 Diluição em série e inoculação em placa de Petri

2.3.1.1 Preparo de solução salina

Para o processo de diluição em série das amostras, preparou-se 1000 mL de solução salina a 0,8% (0,8 g NaCl para 100 mL de água destilada). A solução foi distribuída em 30 tubos de ensaio (9mL por tubo) e em 6 erlenmeyers (90 mL por erlenmeyer). Em seguida, os tubos e erlenmeyers foram autoclavados por 15 minutos a 121°C, para posteriormente serem utilizados.

2.3.1.2 Preparo das amostras

Com auxílio de uma balança semi-analítica, foram pesadas 10 g de amostra de cada tratamento e foram diluídas em 90 mL de solução salina estéril (erlenmeyer), obtendo-se assim, uma diluição inicial de 10^{-1} . Com o auxílio de um agitador tipo vortex homogeneizou-se a amostra e com uma micropipeta (com o volume de 1 mL) realizou-se a diluição seriada nos tubos de ensaio até atingir a diluição correspondendo a 10^{-6} , como pode ser observado na Figura 6.1.

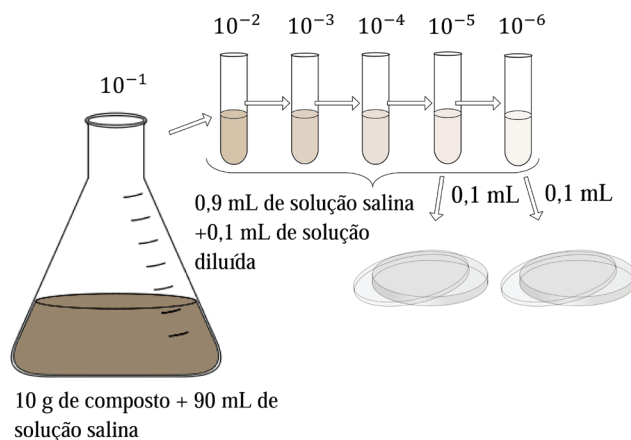


Figura 6.1 Esquema da diluição seriada e inoculação da amostra.

2.3.1.3 Inoculação das amostras

Em zona estéril projetada por um bico de Bunsen, com o auxílio da micropipeta inoculou-se 0,1 mL das diluições 10⁻⁵ e 10⁻⁶ nas placas de Petri contendo os meios de cultura (Figura 6.1). A alíquota da diluição foi espalhada uniformemente por toda superfície do meio de cultura contido na placa de Petri com o auxílio de um *swab* estéril.

2.3.2 Incubação e contagem das amostras

As amostras foram incubadas em temperaturas diferentes, conforme o grupo de microrganismos. As placas de Petri com meio de cultura BHI foram incubadas invertidas em estufa a 37° C por 48 h. As placas com meio de cultura Amido-Caseína foram incubadas invertidas em estufa a 25°C por 60 h e as com meio de cultura BDA foram incubadas com a tampa para cima a 25°C por 60h. Transcorrido este tempo, realizou-se a contagem de colônias desenvolvidas em cada meio de cultura para determinar o número de Unidades Formadoras de Colônia (UFC) por grama de composto/vermicomposto.

2.4 Análises estatísticas

Para a análise estatística dos dados obtidos para a pré-compostagem e vermicompostagem utilizou-se o programa SISVAR® (FERREIRA, 2008). O teste estatístico empregado para comparação de médias foi o teste Scott-Knott, ao nível de 5% de significância.

Por meio do delineamento inteiramente casualizado, as análises de variância foram feitas a partir das reduções percentuais evidenciadas, para os parâmetros analisados (C, N, relação C/N, volume, massa e populações microbiológicas).

Em relação às análises estatísticas microbiológicas, os testes consistiram em dois tipos de análises: um referente a uma análise dos resultados microbiológicos obtidos entre tratamentos para cada data de análise e outro em relação a todo o processo, desde o início da pré-compostagem até o final da vermicompostagem, para cada tratamento. As letras minúsculas com números iguais na mesma coluna implicam em equivalência estatística dos valores ao nível de 5% de significância e letras maiúsculas com números iguais na mesma linha implicam equivalência estatística dos valores ao nível de 5% de significância.

3 Resultados e discussão

3.1 Temperatura

A condição térmica do processo é um dos mais importantes fatores de monitoramento, uma vez que diferentes temperaturas promovem o incremento de diferentes microrganismos (HERBETS, 2005). Na Figura 6.2 são apresentados os resultados do monitoramento de temperatura em todas as leiras e a temperatura ambiente, durante todo o período de pré-compostagem. Não houve monitoramento durante o período de vermicompostagem, pois ao final da pré-compostagem o composto já se apresentava com temperaturas estabilizadas.

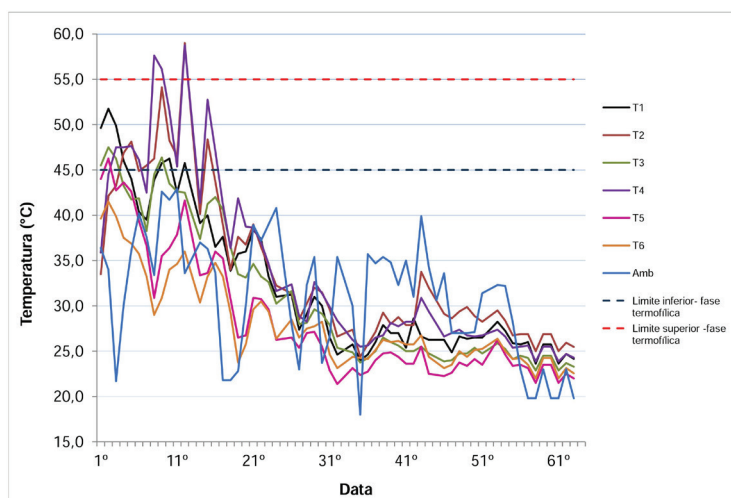


Figura 6.2 Monitoramento das temperaturas nas leiras e temperatura ambiente durante a pré-compostagem.

Nota 1: Ambiente coberto - T1: Lodo e poda, T2: Lodo e casca de café, T3: Lodo, poda e cinzas, T4: Lodo, casca de café e cinzas. Ambiente descoberto - T5: Lodo e poda, T6: Lodo, poda e cinzas, Tamb: ambiente.

No primeiro dia de pré-compostagem T2 e T4 foram os tratamentos com as menores temperaturas, mostrando que a casca de café influenciou no aquecimento mais tardio das leiras. Os valores médios iniciais dos tratamentos variaram de 33°C a 50°C, sendo o menor valor pertencente a T2 e o maior valor a T1. Nota-se que todos os tratamentos alcançaram temperaturas superiores a 40°C após o primeiro dia de pré-compostagem, mas após o terceiro do terceiro dia, T6 começou a apresentar temperaturas inferiores a 40°C permanecendo assim até o final da pré-compostagem. T5 apresentou temperaturas superiores a 40°C apenas nos cinco primeiros dias de pré-compostagem, porém apenas no segundo dia de pré-compostagem atingiu a faixa acima de 45°C.

Os tratamentos T2, T3 e T4 apresentaram temperaturas maiores que 40°C nos primeiros 15 dias de pré-compostagem, enquanto T1 permaneceu apenas durante os primeiros 12 dias de pré-compostagem. De forma geral, durante este período inicial, estes tratamentos expressaram pequenas oscilações térmicas, que segundo Kiehl (1985) estão dentro das faixas da fase termofílica, que é de 45° a 55°.

Os tratamentos T2 e T4 foram os que obtiveram maior frequência de valores superiores a 45°C, mostrando maior aquecimento destes compostos e por consequência maior atividade microbiana. Nenhum dos seis tratamentos apresentou temperaturas acima de 60°C durante todo o processo. Pereira Neto (2007) sugere que se deve evitar que as leiras atinjam temperaturas superiores a 65°C, pois causam a eliminação dos microrganismos mineralizadores responsáveis pela degradação da matéria orgânica e perda de nitrogênio amoniacal.

Segundo Fiori, Schoenhals e Follador (2008) as leiras de compostagem devem registrar temperaturas entre 40°C a 60°C entre o segundo e o quarto dia, como indicador do equilíbrio das condições ambientais do sistema.

Um dos fatores de grande relevância no processo de transformação do composto é o ambiente em que se realiza o processo, pois, quando a matéria orgânica é degradada gera-se calor por meio das reações exotérmicas liberadas pelos microrganismos que então aquecem a leira de compostagem podendo alcançar altas temperaturas. Porém, como observado na Figura 6.3, os tratamentos que se encontravam em ambiente descoberto (T5 e T6) obtiveram um menor tempo de retenção de altas temperaturas em relação aos tratamentos que continham os mesmos compostos, porém estavam em ambiente coberto (T1 e T3), resultado que pode ter sido ocasionado pela fácil e rápida troca térmica com o meio, que está sujeito a condições ambientais de forte influência nas leiras, como ventos e chuvas.

Battisti e Battisti (2011) realizaram compostagem em recipientes fechados com esterco bovino e poda de árvore, apresentando temperaturas iniciais em torno de 28°C a 29°C na primeira semana, com pico de 30°C na semana seguinte e permanecendo neste patamar até o final do período. Portanto, para os autores não foi possível observar a fase termofílica no processo, atribuindo tal resultado ao fato das

folhas trituradas provenientes de podas de árvores utilizadas já terem sido cortadas há mais de 10 dias, ou seja, já haviam atingido o aquecimento máximo logo após a trituração. Este fator pode ter influenciado nos tratamentos com presença de poda no presente trabalho, visto que a poda foi utilizada poucos dias após o seu corte.

Na Figura 6.2 foram evidenciados momentos de oscilação de temperatura. Isto é resultado direto dos revolvimentos constantes realizados nas leiras, pois as mesmas devem ser revolvidas a fim de aumentar a oxigenação na massa do composto, aumentar a porosidade do meio que sofre compactação com o próprio peso, homogeneizar a mistura, controlar a temperatura do processo, auxiliando na degradação com quebras físicas das partículas do composto, além de favorecer a atividade microbiológica proporcionada pelas quebras químicas do composto (PEREIRA NETO, 2007).

Ao final da pré-compostagem os tratamentos apresentaram comportamento térmico médio similar. Porém, estas temperaturas ainda não se comportavam de forma correspondente a que se encontrava no ambiente, o que caracteriza que as leiras ainda não haviam entrado na fase de maturação do composto (KIEHL, 1985).

3.2 pH e condutividade elétrica

O pH é um dos indicadores do grau de maturidade do composto (COSTA et al., 2009). Na Tabela 6.3 estão apresentados os valores médios ao longo do processo de pré-compostagem e vermicompostagem.

Tabela 6.3 Valores de pH ao longo dos processos de pré-compostagem e vermicompostagem.

Tratamentos ¹	Pré-compostagem						Vermicompostagem	
	1° dia ²	8° dia ²	22° dia ²	36° dia ²	50° dia ²	57° dia ²	64° dia ²	106° dia ²
T1	7,27 b	8,12 b	7,59 b	8,00 b	7,84 b	7,78 b	7,97 b	6,68 a
T2	6,59 a	8,55 c	9,19 d	9,29 d	9,66 d	9,64 d	9,58 d	8,62 d
T3	8,44 c	9,08 e	9,10 d	9,30 d	9,06 c	9,20 c	9,19 c	8,46 c
T4	9,58 e	9,04 e	9,49 e	9,55 e	9,73 d	9,75 d	9,84 e	9,11 e
T5	7,27 b	7,86 a	7,33 a	7,65 a	6,95 a	7,40 a	7,08 a	7,12 b
T6	8,97 d	8,85 d	8,86 c	8,90 c	8,95 c	9,09 c	9,16 c	8,72 d

Nota¹: Ambiente coberto – T1: Lodo e poda, T2: Lodo e casca de café, T3: Lodo, poda e cinzas, T4: Lodo, casca de café e cinzas. Ambiente descoberto - T5: Lodo e poda, T6: Lodo, poda e cinzas.

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.

É possível observar que, exceto T2, os demais tratamentos apresentaram inicialmente pH alcalino, com valores superiores a 7,27. Reis (2005) ao trabalhar com compostagem de poda urbana, lodo de esgoto e resíduos orgânicos, verificou valores iniciais de pH entre 6,80 e 8,80.

Os tratamentos que apresentam cinza em sua composição (T3, T4 e T6) possuem pH mais alcalino do que os tratamentos com os mesmos resíduos, mas sem esse material em suas composições (T1, T2, T5). Este comportamento pode ser verificado tanto na comparação entre os materiais (poda e casca de café) quanto ao ambiente (coberto e descoberto). De modo geral, as cinzas podem causar variações nas características físico-químicas dos compostos, especificamente na elevação do pH, Ca, K, Mg, do P extraível e a redução do Al trocável (GONÇALVES, MORO, 1995).

Segundo o MAPA – Instrução Normativa nº 25, de 23/07/2009 (BRASIL, 2009) – o valor de pH mínimo aceitável para a comercialização de vermicomposto no Brasil é igual a 6,0. Deste modo, para o parâmetro pH, todos os tratamentos deste estudo atendem a legislação.

A condutividade elétrica é uma medição indireta da quantidade de sais que estão presentes no material e fornece um parâmetro da estimativa da salinidade do substrato (CARNEIRO et al., 2011). Na Tabela 6.4 são apresentados os valores de condutividade elétrica dos tratamentos em cada uma das análises realizadas ao longo da pré-compostagem e vermicompostagem.

Tabela 6.4 Valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) ao longo dos processos de pré-compostagem e vermicompostagem.

Tratamentos ¹	Pré-compostagem						Vermicompostagem	
	1° dia ²	8° dia ²	22° dia ²	36° dia ²	50° dia ²	57° dia ²	64° dia ²	106° dia ²
T1	631,0 a	610,0 a	844,5 a	461,5 a	709,5 a	507,5 b	423,3 a	798,0 c
T2	1223,5 a	1500,5 d	1244,5 a	1193,5 c	1505,0 c	1157,0 c	376,7 a	786,3 c
T3	1107,5 a	1199,5 c	1095,5 a	828,0 b	1241,5 b	661,5 b	364,0 a	530,0 b
T4	1475,5 a	2059,0 e	2375,0 b	2031,5 d	2027,0 d	1193,5 c	641,3 b	853,3 c
T5	800,0 a	738,5 b	821,5 a	319,0 a	591,5 a	385,33 a	183,0 a	135,3 a
T6	1064,5 a	1157,5 c	799,5 a	449,5 a	610,0 a	336,8 a	270,4 a	232,9 a

Nota¹: Ambiente coberto – T1: Lodo e poda, T2: Lodo e casca de café, T3: Lodo, poda e cinzas, T4: Lodo, casca de café e cinzas. Ambiente descoberto - T5: Lodo e poda, T6: Lodo, poda e cinzas;

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.

* Os materiais foram lavados para redução da CE para adaptação das minhocas. O procedimento foi igual a todos os tratamentos independentemente do valor de CE.

Os tratamentos com presença de cinza apresentaram valores de condutividade elétrica maiores que aqueles tratamentos sem a presença de cinza. Isso pode ser explicado devido à alta quantidade de micronutrientes e sais presentes neste tipo de material (GONÇALVES; MORO, 1995).

Todos os tratamentos tiveram redução da condutividade elétrica durante a pré-compostagem (Figura 6.3).

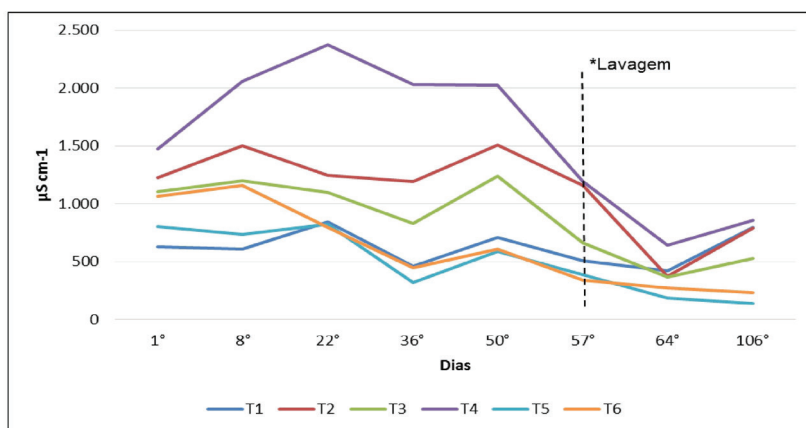


Figura 6.3 Comportamento da condutividade elétrica ao longo do processo de pré-compostagem e vermicompostagem.

Nota¹: Ambiente coberto - T1: Lodo e poda, T2: Lodo e casca de café, T3: Lodo, poda e cinzas, T4: Lodo, casca de café e cinzas. Ambiente descoberto - T5: Lodo e poda, T6: Lodo, poda e cinzas;

* Os materiais foram lavados para redução da CE para adaptação das minhocas. O procedimento foi igual a todos os tratamentos independentemente do valor de CE.

Segundo Cáceres et al. (2006), a liberação de sais minerais pela decomposição de substâncias orgânicas, aumenta a condutividade elétrica nos primeiros dias de compostagem. Os menores valores de condutividade elétrica encontrados foram para os tratamentos T5 e T6 em ambiente descoberto, essa diminuição é explicada pela provável lixiviação de sais, decorrentes de chuvas, ventos e carregamento do material.

O aumento dos valores de condutividade elétrica nas últimas semanas da vermicompostagem evidencia o aumento dos sais solúveis devido à mineralização da matéria orgânica pelas minhocas (GONÇALVES, 2014).

3.3 Redução de volume e massa

Na Tabela 6.5 são apresentadas as reduções de volume na pré-compostagem e vermicompostagem.

Como esperado, todos os tratamentos apresentaram redução de volume e massa. As maiores reduções de volume na pré-compostagem foram observadas nos tratamentos T3 (45,45%) e T6 (45,89%).

Tabela 6.5 Redução de volume nos processos de pré-compostagem e vermicompostagem.

Tratamentos ¹	Pré-compostagem			Vermicompostagem		
	Volume inicial (L)	Volume final (L)	% Redução Volume	Volume inicial (L)	Volume final (L)	% Redução Volume
T1	177,00	103,00	41,81	25,74	13,67 a	46,89 c
T2	186,00	149,00	19,89	25,74	17,45 c	32,22 a
T3	220,00	120,00	45,45	25,74	16,30 c	36,67 a
T4	200,00	164,00	18,00	25,74	16,87 c	34,44 a
T5	184,00	101,50	44,84	25,74	15,44 b	40,00 b
T6	231,00	125,00	45,89	25,74	14,87 b	42,22 b

Nota¹: Ambiente coberto - T1: Lodo e poda, T2: Lodo e casca de café, T3: Lodo, poda e cinzas, T4: Lodo, casca de café e cinzas. Ambiente descoberto - T5: Lodo e poda, T6: Lodo, poda e cinzas;

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.

Sunada et al. (2015) estudaram a compostagem de resíduos sólidos de abatedouro avícola consorciada com casca de arroz e obtiveram redução de volume inferior a 30%, valores que se aproximam dos tratamentos T2 e T4.

A redução de volume é justificada pelo tipo de material utilizado no processo, tendo em vista que alguns substratos são de difícil degradação. As menores reduções na pré-compostagem foram observadas nos tratamentos T2 e T4, que pode ter ocorrido devido à dificuldade encontrada pelos microrganismos em degradar a casca de café, material rico em lignina.

Ao final da vermicompostagem o tratamento T1 apresentou a maior redução de volume ao nível de 5% de significância, fato que pode ser explicado devido à ausência de minhocas no vermireator, pois o mesmo sofreu invasão de formigas e a consequente predação das minhocas. A ausência de minhocas causou a compactação do composto, tendo em vista que esses organismos tem a capacidade de aumentar a porosidade e a aeração do mesmo (STEFFEN et al., 2013). O

presente experimento apresentou valores de redução de volume mais elevados quando comparado a outros trabalhos da literatura, como Godoy (2009).

Na Tabela 6.6 são apresentadas as reduções de massa na pré-compostagem e vermicompostagem.

Tabela 6.6 Redução de massa nos processos de pré-compostagem e vermicompostagem.

Tratamento ¹	Pré-compostagem			Vermicompostagem		
	Massa inicial (Kg) ²	Massa final (Kg) ²	Redução %	Massa inicial (Kg) ²	Massa final (Kg) ²	Redução %
T1	16,15	9,99	38,14	2,88 a	1,94 a	32,79 b
T2	23,90	19,88	16,83	2,79 a	1,90 a	32,12 b
T3	25,14	19,84	21,10	3,52 c	2,99 c	14,93 a
T4	30,89	25,35	17,92	3,13 b	2,80 c	10,56 a
T5	19,67	11,54	41,35	3,90 d	2,25 b	42,26 c
T6	31,19	18,33	41,23	4,85 e	3,27 d	32,59 b

Nota¹: Ambiente coberto - T1: Lodo e poda, T2: Lodo e casca de café, T3: Lodo, poda e cinzas, T4: Lodo, casca de café e cinzas. Ambiente descoberto - T5: Lodo e poda, T6: Lodo, poda e cinzas;

Nota²: Cálculo de redução de massa baseado na massa seca dos compostos.

Nota³: Teste estatístico de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Nota⁴: Letras iguais nas colunas implicam em equivalência estatística dos valores ao nível de 5% de significância.

De acordo com Kiehl (1985) a redução de massa varia de acordo com vários fatores, como o tamanho da leira, umidade, aeração, temperatura e relação C/N.

Os tratamentos T5 e T6 apresentaram maior redução de massa na pré-compostagem e ambos se encontravam em ambiente descoberto. Períodos de chuva podem ter causado o carreamento de material, explicando a redução de massa mais acentuada nesses tratamentos.

Leal et al. (2013) pesquisando sobre a redução de massa na compostagem de misturas de capim-elefante e torta de mamona encontraram redução de massa da ordem de 50%, valor maior ao encontrado no presente trabalho, fato que pode ser explicado devido ao tempo de compostagem que foi maior (90 dias).

Vale ressaltar que os tratamentos T1, T3, T5 e T6 não possuíam casca de café em sua composição e por isso apresentaram reduções de volume e massa

3,2 e 2 vezes, em média, mais elevadas na pré-compostagem quando comparadas com T2 e T4.

A maior redução de massa na vermicompostagem foi observada no tratamento T5 (42,46%). Godoy, Medeiros e Santana (2009), estudando a vermicompostagem de biossólidos de fossas sanitárias, pó de serragem e grama, usando *Eisenia foetida*, obtiveram redução de volume durante o processo de vermicompostagem variando entre 17 e 33%. Tal variação se aproxima da observada entre os tratamentos T1, T2, T3 e T6.

Todos os tratamentos apresentaram redução de massa e volume, comportamento ideal quando avaliada a logística de gerenciamento de resíduos sólidos.

3.4 Relação C/N

Na Tabela 6.7 são apresentados os teores de carbono e nitrogênio ao término da pré-compostagem e vermicompostagem.

Tabela 6.7 Teor de carbono e nitrogênio ao final da pré-compostagem e vermicompostagem.

Pré-compostagem							
	Dia	T1	T2	T3	T4	T5	T6
% Carbono	64°	31,93	35,37	21,43	26	30,14	23,66
% Nitrogênio	64°	2,94	2,44	1,99	2,18	2,85	1,57
Vermicompostagem							
	Dia	T1	T2	T3	T4	T5	T6
% Carbono	43°	32,79	33,47	18,03	24,48	26,92	20,71
% Nitrogênio	43°	2,85	2,94	2,00	2,39	2,52	1,51

Nota¹: Ambiente coberto - T1: Lodo e poda, T2: Lodo e casca de café, T3: Lodo, poda e cinzas, T4: Lodo, casca de café e cinzas. Ambiente descoberto - T5: Lodo e poda, T6: Lodo, poda e cinzas;

A Instrução Normativa n° 25 – MAPA (BRASIL, 2009) estabelece que o teor mínimo de carbono para adubos orgânicos mistos e compostos não seja menor que 15% e de nitrogênio total não seja inferior a 0,5%.

A redução do carbono que ocorre no processo de vermicompostagem é devido à mineralização do carbono, um processo que não ocorre somente devido à alimentação das minhocas, mas, também que se trata de uma ação conjunta com os microrganismos presentes em seu trato intestinal (DORES-SILVA et al., 2011).

O acréscimo de nitrogênio na vermicompostagem ocorre devido ao processo de mineralização ocasionado pelos microrganismos e pelas minhocas que agem em conjunto, causando um aumento na concentração da substância (DORES-SILVA, 2011)

A Instrução Normativa nº 25 – MAPA (BRASIL, 2009), estabelece que vermicompostos devem possuir no mínimo 10% de carbono e 0,5% de nitrogênio para serem comercializados. Assim, todos os tratamentos estão dentro dos parâmetros estabelecidos e podem ser utilizados na agricultura.

Na Tabela 6.8 apresenta-se a variação da relação C/N nos processos de pré-compostagem e vermicompostagem. Todos os tratamentos apresentaram redução da relação C/N na pré-compostagem que ocorre devido à redução do carbono orgânico.

Tabela 6.8 Variação da relação C/N nos processos de pré-compostagem e vermicompostagem.

Tratamentos ¹	Pré-compostagem					Vermicompostagem			
	Dia					Redução (%)	Dia		Redução (%)
	1°	8°	22°	36°	50°		64°	106°	
T1	18,54	13,26	12,27	10,22	10,86	41,44	11,43	11,49	–
T2	22,5	16,17	11,93	13,37	16,35	27,34	14,4	11,37	21,06
T3	18,54	10,05	15,39	11,34	12,78	31,07	10,81	9,01	16,70
T4	22,5	13,04	11,8	10,24	13,86	38,41	12,45	10,25	17,65
T5	18,54	8,86	12,4	11,32	12,48	32,72	10,45	10,67	–
T6	18,54	12,4	18,24	18,48	17,53	5,48	14,27	13,71	3,91

Nota¹: Ambiente coberto - T1: Lodo e poda, T2: Lodo e casca de café, T3: Lodo, poda e cinzas, T4: Lodo, casca de café e cinzas. Ambiente descoberto - T5: Lodo e poda, T6: Lodo, poda e cinzas;

Kiehl (1998) afirma que na compostagem a redução de carbono ocorre devido à degradação da matéria orgânica, onde grande parte do carbono é transformada em CO₂ pelo processo de respiração e outra parte é fixada à biomassa dos microrganismos presentes. Moretti et al. (2015) realizando a compostagem de lodo de esgoto com podas de árvores obtiveram valores de redução da relação C/N que se aproximam dos tratamentos T3 e T5 (12:1).

A relação C/N inicial considerada ótima para o desenvolvimento da compostagem encontra-se entre 25 e 35:1. Para o composto estabilizado, esta relação deve estar entre os valores 8:1 e 12:1 (KIEHL, 2010). Observa-se que mesmo os

tratamentos T1, T3 e T5 não terem iniciado a compostagem dentro da relação C/N indicada, ao final do processo estes mesmos tratamentos apresentaram relação C/N 10,86, 12,78 e 12,48 respectivamente, valores que indicam a maturação do composto.

A Instrução Normativa nº 25/2009 define que o valor máximo para a relação C/N de adubos orgânicos mistos e compostos é de 20:1 (BRASIL, 2009). Se considerado somente este parâmetro todos os tratamentos estão aptos a serem utilizados na agricultura.

Na vermicompostagem todos os tratamentos, exceto T6, apresentaram redução da relação C/N.

Aquino et al. (2005), realizando a vermicompostagem de esterco bovino com bagaço de cana-de-açúcar, encontraram redução na relação C/N de até 50%. O valor mais elevado em relação ao presente estudo se deve ao maior período de ocorrência da vermicompostagem.

Sbizzaro (2013) avaliando o processo de vermicompostagem de dejetos de ovinos e bovinos com palha de cana-de-açúcar encontrou redução de até 16% deste parâmetro, valor que se aproxima dos tratamentos T2 e T4.

A Instrução Normativa nº 25/2009 propõe que o valor máximo para a relação, aceitável para a comercialização de vermicomposto no país, é igual a 14 (BRASIL, 2009). Portanto, todos os tratamentos estão de acordo com a instrução e poderiam ser utilizados como adubo orgânico.

3.5 Série de sólidos

Segundo Queiroz (2007) durante a degradação da matéria orgânica por meio da compostagem, a porcentagem de sólidos voláteis tende a diminuir e, por consequência, a de sólidos fixos tende a aumentar, sendo que, os sólidos fixos representam a fração inorgânica presente no composto.

Pode-se observar na Tabela 6.9 que, de forma geral, houve aumento da porcentagem de sólidos fixos desde o início da pré-compostagem até o final da vermicompostagem, com exceção de T4 que mostrou um comportamento irregular.

Tabela 6.9 Porcentagem de sólidos fixos na pré-compostagem e vermicompostagem.

Sólidos fixos (%)							
	Pré-compostagem					Vermicompostagem	
Tratamentos ¹	1º dia	8º dia	22º dia	36º dia	50º dia	64º dia	106º dia
T1	11,07 aA	13,50 aA	16,94 aA	12,14 aA	20,02 aA	16,32 aA	16,87 aA

Continua

Tabela 6.9 Porcentagem de sólidos fixos na pré-compostagem e vermicompostagem. (Continuação)

Sólidos fixos (%)							
	Pré-compostagem					Vermicompostagem	
T2	12,54 aA	13,18 aA	15,97 aA	11,39 aA	12,72 aA	10,14 aA	14,48 aA
T3	29,28 bA	35,59 bA	45,98 cB	45,34 bB	43,78 bB	53,53 dB	50,33 cB
T4	40,97 cA	29,98 bA	41,08 cA	30,72 bA	33,41 bA	36,57 cA	33,47 bA
T5	20,24 aA	18,97 aA	16,74 aA	23,64 aA	22,12 aA	28,71 bB	31,81 bB
T6	43,22 cA	36,57 bA	33,80 bA	37,27 bA	39,47 bA	42,16 cA	48,10 cA

Nota¹: Ambiente coberto – T1: Lodo e poda, T2: Lodo e casca de café, T3: Lodo, poda e cinzas, T4: Lodo, casca de café e cinzas. Ambiente descoberto - T5: Lodo e poda, T6: Lodo, poda e cinzas.

Nota²: Teste estatístico de Scott-Knott. Letras iguais nas colunas implicam em equivalência estatística dos valores, ao nível de 5% de significância.

Nota³: Teste estatístico de Scott-Knott. Letras iguais nas linhas implicam em equivalência estatística dos valores, ao nível de 5% de significância.

Durante todo o período de pré-compostagem pode-se constatar que a porcentagem de sólidos fixos nos tratamentos apenas com poda, tanto dentro quanto fora da casa de vegetação (T1 e T5, respectivamente), mostrou-se estatisticamente semelhante ao nível de 5% de significância e com as menores médias, bem como T2 que, apesar de possuir uma fonte de carbono diferente, apresentou semelhança com esses dois tratamentos. Já na vermicompostagem, apenas T1 e T2 mostraram resultados equivalentes entre si.

Ao final da pré-compostagem T1 apresentou o maior incremento de sólidos fixos (80,91%), seguido de T3 (49,50%) e T5 (9,31%), todos com poda em sua composição. Já na vermicompostagem, houve maior acréscimo de sólidos fixos em T2 (42,73%), T6 (14,09%) e T5 (10,78%). De forma geral, pode-se observar que os tratamentos que continham poda em sua composição apresentaram melhor resposta do que os tratamentos com casca de café, em relação ao aumento de sólidos fixos durante todo o processo de pré-compostagem e vermicompostagem, indicando a maior quantidade de nutrientes mineralizados nesses tratamentos.

De acordo com Kiehl (1985) durante a compostagem a quantidade de matéria orgânica reduz devido à mineralização e isso é refletido no teor de sólidos voláteis, que expressa a fração orgânica do composto. Em relação aos sólidos voláteis houve redução em todos os tratamentos no decorrer da pré-compostagem e vermicompostagem, com exceção de T4, como é mostrado na Tabela 6.10.

Tabela 6.10 Porcentagem de sólidos voláteis na pré-compostagem e vermicompostagem.

Sólidos voláteis (%)							
Tratamentos ¹	Pré-compostagem					Vermicompostagem	
	1º dia	8º dia	22º dia	36º dia	50º dia	64º dia	106º dia
T1	88,93 cA	86,50 bA	83,06 cA	87,86 bA	79,98 bA	83,68 cA	83,13 cA
T2	87,46 cA	86,82 bA	84,03 cA	88,61 bA	87,28 bA	91,39 cA	85,52 cA
T3	70,72 bA	64,41 aA	54,02 aA	54,66 aA	56,22 aA	55,45 aA	54,59 aA
T4	59,03 aA	70,02 aA	58,92 aA	69,28 aA	66,59 aA	70,31 bA	66,53 bA
T5	79,76 cA	81,03 bA	83,26 cA	76,36 bA	77,88 bA	71,29 bA	68,19 bA
T6	56,78 aA	63,43 aA	66,20 bA	62,73 aA	60,53 aA	57,84 aA	51,90 aA

Nota¹: T1: Lodo e poda, T2: Lodo e casca de café, T3: Lodo, poda e cinzas, T4: Lodo, casca de café e cinzas, T5: Lodo e poda, T6: Lodo, poda e cinzas.

Nota²: Teste estatístico de Scott-Knott. Letras iguais nas colunas implicam em equivalência estatística dos valores, ao nível de 5% de significância.

Nota³: Teste estatístico de Scott-Knott. Letras iguais nas linhas implicam em equivalência estatística dos valores, ao nível de 5% de significância.

Durante a pré-compostagem os tratamentos T4 e T6 apresentaram as menores médias em relação aos demais tratamentos e equivalência entre si durante quase todo esse período, sendo que esses possuíam cinza em sua composição. Na vermicompostagem, T6 continuou com a menor média, mostrando semelhança apenas com T3, os quais possuíam lodo, poda e cinza em sua composição, porém em ambientes distintos.

Em relação à redução de sólidos voláteis, os tratamentos que mostraram melhores respostas foram T1 e T3 na pré-compostagem e T5 e T6 na vermicompostagem, conforme mostrado na Tabela 6.13, indicando a maior degradação de matéria orgânica nesses tratamentos e a melhor eficiência da poda de árvore em relação à casca de café. Um dos fatores que pode ter contribuído para o melhor desempenho da poda de árvore é a aeração dos compostos, pois esse material, por ser maior e mais irregular que a casca de café, permite que haja maior circulação de ar no composto, contribuindo para a degradação da matéria orgânica. A casca de café, por ser menor, permite maior assentamento do material, diminuindo os espaços para circulação de ar.

Segundo Pereira Neto (2007) uma compostagem eficiente, com duração média de 120 dias, deve apresentar redução média de sólidos voláteis de 40%. Por se tratar de um período de pré-compostagem, com duração de 64 dias, os resultados nesse experimento foram menores que o sugerido pelo autor, sendo que a maior redução obtida nesse período foi de 20,50% para T3. Sbizzaro (2013) obteve redução de 9,86% pré-compostando dejetos ovino, bovino e palha de cana-de-açúcar por um período de 34 dias.

Tabela 6.11 Redução de sólidos voláteis durante a pré-compostagem e vermicompostagem.

Redução de sólidos voláteis (%)		
Tratamentos ¹	Pré-compostagem	Vermicompostagem
T1	10,07	–
T2	0,20	2,02
T3	20,50	2,90
T4	–	0,10
T5	2,36	12,44
T6	–	14,26

Nota¹: Ambiente coberto – T1: Lodo e poda, T2: Lodo e casca de café, T3: Lodo, poda e cinzas, T4: Lodo, casca de café e cinzas. Ambiente descoberto - T5: Lodo e poda, T6: Lodo, poda e cinzas.

Nota²: Valores positivos indicam redução percentual.

Nota³: “-” indica que não houve redução no respectivo tratamento.

3.6 Umidade

Segundo Gusiatin e Kulikowska (2014) a umidade na compostagem deve proporcionar o teor de água necessário para movimentação de microrganismos e transporte de nutrientes, e fluxo de oxigênio adequado para manter as condições aeróbicas. A matéria orgânica a ser compostada deve ter umidade ótima em torno de 50%, sendo que os limites máximo e mínimo são 60% e 40% (KIEHL, 1985). Durante os períodos de pré-compostagem e vermicompostagem apenas T2 (37,63%) apresentou valor de umidade abaixo do limite ideal no 22º dia (Figura 6.2). Em contrapartida, todos os tratamentos apresentaram umidade acima da faixa ideal em algum momento do processo, sendo que, o maior valor atingido foi por T1 (74,80%) no último dia de vermicompostagem (Figura 6.4).

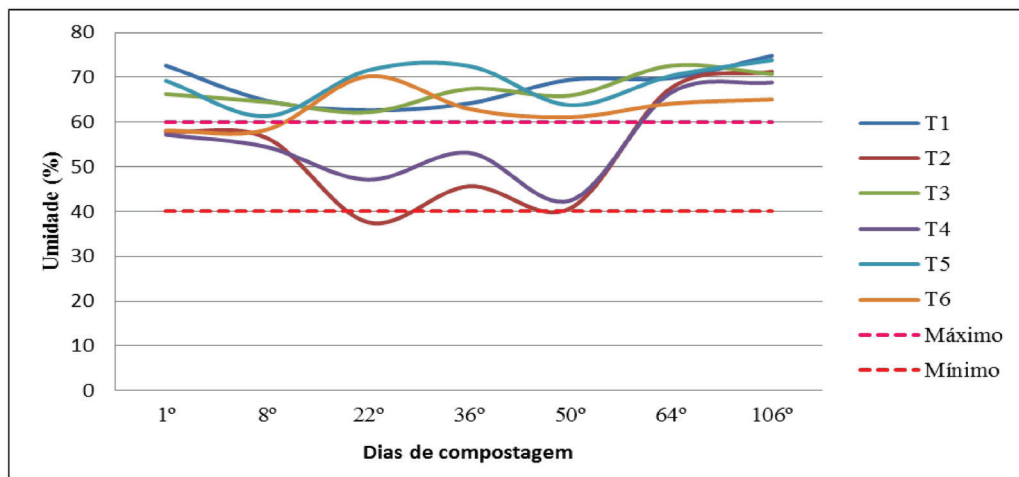


Figura 6.4 Teor de umidade durante a pré-compostagem e a vermicompostagem.

Nota¹: Ambiente coberto – T1: Lodo e poda, T2: Lodo e casca de café, T3: Lodo, poda e cinzas, T4: Lodo, casca de café e cinzas. Ambiente descoberto – T5: Lodo e poda, T6: Lodo, poda e cinzas.

Em relação aos tratamentos realizados em ambiente sem cobertura (T5 e T6) pode-se observar que os valores de umidade aumentaram no 22° dia e 64° dia, coincidindo com períodos de pluviosidade no dia anterior de cada análise, que segundo dados do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) foram de 27,6 mm e 6,4 mm, respectivamente. O mesmo fato pode ser relacionado ao 106° dia de análise, na qual a umidade nesses tratamentos permaneceu próxima à da análise anterior (64° dia), sendo que, de acordo com os dados de pluviosidade do IAPAR, houve precipitação de 14,4 mm quatro dias antes da análise.

3.7 Análise microbiológica

3.7.1 Bactérias heterotróficas

Conforme a Tabela 6.12 observa-se que as bactérias heterotróficas apresentaram um número expressivo durante todo o período de amostragem em todos os tratamentos. Na análise microbiológica inicial, que ocorreu no início da fase termofílica, estes microrganismos estiveram presentes de forma abundante em todos os tratamentos e em quantidade estatisticamente iguais, exceto em T6, que apresentou uma concentração microbiana duas vezes menor que aos demais.

Tabela 6.12 Comparação dos valores entre as datas e entre os tratamentos nas análises microbiológicas para quantificação de bactérias heterotróficas nos tratamentos aplicados na pré-compostagem e vermicompostagem.

Processo	Dia	Média (UFC/g de composto/vermicomposto)					
		Tratamentos ¹					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
Pré-compostagem	1°	3,00x10 ⁸ bA ²	3,00x10 ⁸ bA	3,00x10 ⁸ bA	3,00x10 ⁸ bA	3,00x10 ⁸ bA	1,41x10 ⁸ aA
	15°	2,41x10 ⁸ aA	3,55x10 ⁸ aA	2,72x10 ⁸ aA	8,05x10 ⁸ bC	6,05x10 ⁸ bB	4,69x10 ⁸ aC
	30°	2,19x10 ⁹ bB	2,49x10 ⁹ bA	2,55x10 ⁸ aA	3,79x10 ⁸ aB	1,09x10 ⁹ aA	5,20x10 ⁷ aA
	45°	3,21x10 ⁸ aA	6,56x10 ⁹ bB	3,12x10 ⁹ aB	2,45x10 ⁸ aB	1,23x10 ⁹ aB	6,13x10 ⁸ aD
	58°	8,00x10 ⁷ aA	2,06x10 ⁸ bA	4,57x10 ⁷ aA	1,73x10 ⁸ bA	2,13x10 ⁸ bA	2,89x10 ⁸ bB
Vermicompostagem	73°	1,77x10 ⁸ bA	1,59x10 ⁸ bA	1,03x10 ⁸ aA	7,10x10 ⁷ aA	7,47x10 ⁷ aA	3,67x10 ⁷ aA
	100°	4,48x10 ⁸ aA	2,16x10 ⁸ aA	1,15x10 ⁹ bA	3,80x10 ⁸ aB	9,64x10 ⁸ bB	1,07x10 ⁸ aB

Nota¹: Ambiente coberto – T1: Lodo e poda, T2: Lodo e casca de café, T3: Lodo, poda e cinzas, T4: Lodo, casca de café e cinzas. Ambiente descoberto – T5: Lodo e poda, T6: Lodo, poda e cinzas e cinzas.

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

Nota³: Letras minúsculas iguais na mesma coluna implicam em equivalência estatística dos valores ao nível de 5% de significância.

Nota⁴: Letras maiúsculas iguais na mesma linha implicam em equivalência estatística dos valores ao nível de 5% de significância.

Na segunda análise realizada ao final da fase termofílica (15° dia de pré-compostagem), T4 e T5 foram os tratamentos que apresentaram as maiores concentrações. Tal resultado pode estar relacionado com os seguintes fatores: T4 foi o tratamento que atingiu as maiores temperaturas no interior da leira e apresentou a fase termofílica mais duradoura, o que pode ter influenciado diretamente no aumento da concentração microbiológica no composto. Já em relação a T5, apesar deste ter apresentado uma fase termofílica de menor duração e com temperaturas inferiores a ambiente a partir do 7° dia, foi o único tratamento que apontou redução do pH (Tabela 6.4) próximo da faixa de neutralidade na segunda análise físico-químicas da pré-compostagem. Isso pode ter favorecido a atividade das bactérias heterotróficas, visto que, a maioria destas tem como ambiente ideal pH próximo da neutralidade ou até mesmo ácido (GERMANO; GERMANO, 2003).

Porém, quando se comparam todos os tratamentos ao longo do período de pré-compostagem, a maior expressividade populacional das bactérias é atribuída

a T2, que apresentou um pico populacional de $2,49 \times 10^9$ UFC g^{-1} de composto e o menor a T6 com o pico populacional de $5,20 \times 10^7$ UFC g^{-1} de composto, ambos no 30º dia de pré-compostagem. Tal resultado pode estar associado ao fato de T2 ter alcançado altas temperaturas e uma longa fase termofílica, assim como T4; no entanto o T2 não era composto por cinzas, o que pode ter potencializado o desenvolvimento das bactérias. O baixo desempenho de T6 pode estar diretamente relacionado às baixas temperaturas no composto, que não permitiram que fosse atingida a fase termofílica. Além da presença de cinzas, também se observou maior instabilidade de T6 quanto à concentração microbiana ao longo das análises e comumente o tratamento demonstrava uma população de bactérias inferior aos demais tratamentos.

Na vermicompostagem, a maior concentração populacional foi obtida por T3 com pico populacional de $1,15 \times 10^9$ UFC g^{-1} do vermicomposto no 100º dia do experimento e novamente o menor a T6 com o pico populacional de $3,67 \times 10^7$ UFC g^{-1} do vermicomposto no 73º dia. Este maior pico populacional de T3 mais ao final da vermicompostagem coincide em ser o tratamento que obteve a maior redução da relação C/N (Tabela 6.8), ou seja, a alta concentração microbiana de bactérias heterotróficas foi positiva no aumento da atividade da microbiota para redução da matéria orgânica do composto final. A presença da menor concentração populacional em T6 deve-se ao fato do tratamento continuar na vermicompostagem com a maior instabilidade quanto à massa microbiana, a presença de cinzas e a interferência de fatores do meio ambiente no entorno.

Heck et al. (2012) realizaram compostagem com resíduos orgânicos domiciliares, poda de árvore e lodo de esgoto oriundo da estação de tratamento de esgoto de Porto Alegre/RS e obtiveram uma biomassa de bactérias heterotróficas no produto final da compostagem em torno de $2,5 \times 10^6$ UFC g^{-1} de composto, enquanto na sua primeira coleta a biomassa era de $5,2 \times 10^7$ UFC g^{-1} de composto. E, ambos os resultados, inicial e final, mostraram-se inferiores aos apresentados em todos os tratamentos do presente trabalho.

Ao observar todos os tratamentos que apresentam em sua constituição as mesmas fontes de carbono e nitrogênio, variando apenas a adição ou não de cinzas, notou-se que os tratamentos sem a presença de cinzas apresentaram maiores concentrações de bactérias heterotróficas ao longo do processo.

3.7.2 Actinomicetos

De acordo com a Tabela 6.13, pode-se afirmar com a primeira análise do processo que no início todos os tratamentos possuíam quantidade próxima de actinomicetos. Já na análise do 7º dia de pré-compostagem houve aumento populacional para todos os tratamentos, em relação à primeira análise, independen-

temente de qual estágio térmico o tratamento apresentava, sendo os tratamentos que obtiveram os menores aumentos: T1 ($2,38 \times 10^8$ UFC g^{-1} de composto) e T5 ($1,92 \times 10^8$ UFC g^{-1} de composto). Vale ressaltar que no 7º dia de pré-compostagem o processo se encontrava na fase termofílica, então, onde se espera o aumento da atividade microbiológica.

Tabela 6.13 Comparação dos valores entre as datas e entre os tratamentos nas análises microbiológicas para quantificação de actinomicetos nos tratamentos aplicados na pré-compostagem e vermicompostagem.

Processo	Dia	Média (UFC/g de composto/vermicomposto) ¹					
		Tratamentos ²					
		T1 ¹	T2	T3	T4	T5	T6
Pré-compostagem	1º	$5,87 \times 10^7$ aA ²	$5,13 \times 10^7$ Aa	$8,00 \times 10^7$ aA	$1,15 \times 10^8$ aA	$3,80 \times 10^7$ aA	$6,00 \times 10^7$ aA
	7º	$2,38 \times 10^8$ aA	$6,81 \times 10^8$ aB	$3,91 \times 10^8$ aB	$3,12 \times 10^8$ aB	$1,92 \times 10^8$ aA	$2,21 \times 10^8$ aB
	15º	$3,37 \times 10^7$ bA	$8,33 \times 10^6$ aA	$1,10 \times 10^7$ aA	$3,37 \times 10^7$ bA	$7,87 \times 10^7$ cA	$4,50 \times 10^7$ bA
	30º	$2,47 \times 10^8$ aA	$1,67 \times 10^8$ aA	$9,33 \times 10^7$ aA	$9,67 \times 10^7$ aA	$3,00 \times 10^7$ aA	$6,33 \times 10^7$ aA
	45º	$6,00 \times 10^7$ aA	$1,29 \times 10^9$ cB	$6,67 \times 10^7$ aA	$3,23 \times 10^7$ bB	$1,30 \times 10^8$ aA	$2,13 \times 10^8$ bB
	58º	$1,22 \times 10^8$ aA	$1,67 \times 10^8$ aA	$6,33 \times 10^7$ aA	$2,40 \times 10^8$ aB	$1,30 \times 10^8$ aA	$4,40 \times 10^7$ aA
Vermicompostagem	73º	$1,13 \times 10^7$ aA	$1,00 \times 10^6$ aA	$1,67 \times 10^6$ aA	$4,33 \times 10^6$ aA	$1,00 \times 10^6$ aA	$2,67 \times 10^6$ aA
	100º	$5,67 \times 10^6$ aA	$1,07 \times 10^7$ aA	$1,57 \times 10^9$ cC	$4,90 \times 10^7$ aA	$1,06 \times 10^9$ bB	$8,67 \times 10^6$ aA

Nota¹: Teste estatístico de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Nota²: Ambiente coberto – T1: Lodo e poda, T2: Lodo e casca de café, T3: Lodo, poda e cinzas, T4: Lodo, casca de café e cinzas. Ambiente descoberto - T5: Lodo e poda, T6: Lodo, poda e cinzas e cinzas.

Nota³: Letras minúsculas iguais na mesma coluna implicam em equivalência estatística dos valores ao nível de 5% de significância.

Nota⁴: Letras maiúsculas iguais na mesma linha implicam em equivalência estatística dos valores ao nível de 5% de significância.

Na análise realizada logo ao final da fase termofílica (análise microbiológica do 15º dia), fica evidente um decréscimo das populações de actinomicetos, em todos os tratamentos, em relação à análise do início da fase termofílica.

Herbets et al. (2005) afirmam que os actinomicetos se reproduzem em ambientes com pouco nutrientes, baixa quantidade de água e elevadas temperaturas

e decompõem materiais que outros microrganismos não conseguem degradar, ou seja, em ambientes de baixa competitividade. Considerando que a fase termofílica estimula o aumento de diversas populações de microrganismos, como destacado pelo aumento da população de bactérias heterotróficas, o desenvolvimento destes microrganismos, podem ter inibido o contínuo crescimento populacional dos actinomicetos mais ao final da fase termofílica.

E ao final do experimento os tratamentos T3 e T5 apresentaram um crescimento expressivo da população de actinomicetos. Contudo, no mesmo período, houve um aumento de bactérias heterotróficas contrapondo a afirmação dada por Herbets et al. (2005) e a lógica dos actinomicetos sobressaírem-se em ambientes de alta temperatura.

3.7.3 Fungos filamentosos

Estatisticamente, quando se comparam os resultados do desempenho das populações de fungos filamentosos, tanto ao longo do processo quanto entre todos os tratamentos (Tabela 6.14), observa-se, que não houve diferença estatística entre os resultados. Pode-se afirmar que as populações de fungos filamentosos não variaram independentemente do tipo de material a ser compostado e em relação ao ambiente (coberto ou descoberto), exceto em relação ao T5 que apresentou aumento estatisticamente significativo no 30° dia de pré-compostagem.

Tabela 6.14 Comparação dos valores entre as datas e entre os tratamentos nas análises microbiológicas para quantificação de fungos filamentosos nos tratamentos aplicados na pré-compostagem e vermicompostagem.

Processo	Dia	Média (UFC/g de composto/vermicomposto) ²					
		Tratamentos ¹					
		T1 ¹	T2	T3	T4	T5	T6
Pré-compostagem	1°	2,38x10 ⁶ aA ²	6,81x10 ⁶ aA	3,91x10 ⁶ aA	3,12x10 ⁶ aA	1,92x10 ⁶ aA	2,21x10 ⁶ aA
	30°	5,33x10 ⁶ aA	. ⁵	1,33x10 ⁷ aA	4,33x10 ⁶ aA	4,20x10 ⁷ bB	1,17x10 ⁷ aA
	45°	2,33x10 ⁶ aA	1,67x10 ⁶ aA	3,33x10 ⁶ aA	6,67x10 ⁶ aA	2,33x10 ⁶ aA	3,33x10 ⁶ aA
	58°	2,6x10 ⁶ aA	1,33x10 ⁶ aA	1,33x10 ⁷ aA	1,00x10 ⁷ aA	6,67x10 ⁶ aA	1,00x10 ⁷ aA

Continua

Tabela 6.14 Comparação dos valores entre as datas e entre os tratamentos nas análises microbiológicas para quantificação de fungos filamentosos nos tratamentos aplicados na pré-compostagem e vermicompostagem. (Continuação)

Processo	Dia	Média (UFC/g de composto/vermicomposto) ²					
		Tratamentos ¹					
		T1 ¹	T2	T3	T4	T5	T6
Vermicompostagem	73°	3,67x10 ⁷ aA	6,67x10 ⁶ aA	6,67x10 ⁶ aA	6,67x10 ⁶ aA	1,00x10 ⁷ aA	1,33x10 ⁷ aA
	100°	3,67x10 ⁷ aA	6,67x10 ⁶ aA	6,67x10 ⁶ aA	6,67x10 ⁶ aA	4,67x10 ⁶ aA	1,67x10 ⁷ aA

Nota¹: Ambiente coberto - T1: Lodo e poda, T2: Lodo e casca de café, T3: Lodo, poda e cinzas, T4: Lodo, casca de café e cinzas. Ambiente descoberto - T5: Lodo e poda, T6: Lodo, poda e cinzas e cinzas.

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

Nota³: Letras minúsculas iguais na mesma coluna implicam em equivalência estatística dos valores ao nível de 5% de significância.

Nota⁴: Letras maiúsculas iguais na mesma linha implicam em equivalência estatística dos valores ao nível de 5% de significância.

Nota⁵: Não foi possível quantificar a presença de fungos filamentosos no composto nesta análise.

Também se observa que as populações de fungos filamentosos em comparação com as bactérias heterotróficas e os actinomicetos, foram expressivamente menos numerosas, realçando uma menor atividade dos fungos filamentosos ao longo do processo em todos os tratamentos.

Tiago et al. (2008) realizaram vermicompostagem com diferentes tipos de esterco: bovino, equino, ovino e aves. De forma geral, na amostra de cada tratamento, houve predominância de bactérias heterotróficas em relação à quantidade de fungos, exceto na vermicompostagem de dejetos de equino. Este apresentou uma quantidade de fungos equivalente a $9,01 \times 10^6$ UFC g⁻¹ de vermicomposto, valor sete vezes maior que o encontrado na vermicompostagem de dejetos de ovino e quase duas vezes maior que os apresentados na vermicompostagem de dejetos de bovino e de aves. Os autores atribuem a tal resultado à alta relação C/N final (22,22), pois uma menor disponibilidade de nitrogênio pode ocasionar o aumento da proporção de fungos. No entanto, tal evento não foi presenciado ao final do presente experimento.

3.7.4 Leveduras

Quando se compara estatisticamente os tratamentos da Tabela 6.15, no 15° dia de pré-compostagem apenas T5 obteve maior expressividade de população

de leveduras em relação aos demais tratamentos, com concentração microbiana de $4,20 \times 10^7$ UFC g^{-1} de composto. Porém, quando se analisa ao longo de todo o processo, T5 não resultou em significativa variabilidade na biomassa de leveduras, mantendo-a constante. Esta estabilidade no desenvolvimento das leveduras ao longo do processo também foi averiguada em T4 e T6 que apresentaram valores de máximo e mínimo de $4,33 \times 10^6$ UFC g^{-1} de composto a $4,00 \times 10^7$ UFC g^{-1} de composto e $1,17 \times 10^7$ UFC g^{-1} de composto e $1,20 \times 10^8$ UFC g^{-1} de composto, respectivamente.

Tabela 6.15 Comparação dos valores entre as datas e entre os tratamentos nas análises microbiológicas para quantificação de leveduras nos tratamentos aplicados na pré-compostagem e vermicompostagem.

Processo	Dia	Média (UFC/g) ²					
		Tratamentos ¹					
		T1 ¹	T2	T3	T4	T5	T6
Pré-compostagem	15°	$2,19 \times 10^7$ aA ²	$5,10 \times 10^6$ aA	$1,33 \times 10^7$ aA	$4,33 \times 10^6$ aA	$4,20 \times 10^7$ Ba	$1,17 \times 10^7$ aA
	30°	$1,19 \times 10^8$ aB	$2,29 \times 10^9$ bB	$1,25 \times 10^8$ aA	$4,00 \times 10^7$ aA	$1,02 \times 10^9$ Aa	$1,20 \times 10^8$ aA
	45°	$4,73 \times 10^7$ aA	$1,29 \times 10^8$ aA	$2,63 \times 10^7$ aA	$1,57 \times 10^7$ aA	$4,13 \times 10^7$ Aa	$6,23 \times 10^7$ aA
	58°	$1,47 \times 10^8$ aB	$1,50 \times 10^8$ aA	$2,73 \times 10^8$ aA	$2,00 \times 10^7$ aA	$9,67 \times 10^7$ aA	$1,90 \times 10^7$ aA
Vermicompostagem	73°	$6,27 \times 10^7$ aA	$1,28 \times 10^8$ aA	$8,80 \times 10^7$ aA	$2,40 \times 10^7$ aA	$1,28 \times 10^8$ Aa	$1,02 \times 10^8$ aA
	100°	$2,57 \times 10^7$ aA	$2,30 \times 10^7$ aA	$4,79 \times 10^9$ aB	$4,33 \times 10^6$ aA	$6,64 \times 10^9$ Aa	$1,67 \times 10^7$ aA

Nota¹: Ambiente coberto – T1: Lodo e poda, T2: Lodo e casca de café, T3: Lodo, poda e cinzas, T4: Lodo, casca de café e cinzas. Ambiente descoberto - T5: Lodo e poda, T6: Lodo, poda e cinzas e cinzas.

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

Nota³: Letras minúsculas iguais na mesma coluna implicam em equivalência estatística dos valores ao nível de 5% de significância.

Nota⁴: Letras maiúsculas iguais na mesma linha implicam em equivalência estatística dos valores ao nível de 5% de significância.

Ao se observar a Tabela 6.15 é importante relatar que na primeira análise microbiana para identificação de leveduras (que foi realizada no final da fase termofílica, 15° dia de pré-compostagem), de forma geral, os tratamentos apresentaram as menores populações em relação às demais análises ao longo dos processos. Este comportamento pode estar atrelado às condições físico-químicas do meio, pois a temperatura ótima de crescimento destes microrganismos abrange a faixa

de 20 a 30°C e o pH ideal para o crescimento de leveduras é ácido; enquanto que todos os tratamentos neste período do processo apresentavam pH próximo ou consideravelmente acima de 7 (Tabela 6.3) (TRABULSI; ALTERTHUM, 2004).

Na análise do 30º dia de pré-compostagem, apenas T2 resultou em um aumento significativamente superior das populações de leveduras ($2,29 \times 10^9$ UFC g⁻¹ de composto). Nas análises microbiológicas posteriores (45º dia ao 100º dia) não houve uma variação populacional de leveduras significativa entre os tratamentos.

3.7.5 Comparativo das populações microbianas

Quando se examina simultaneamente a Tabela 6.12, Tabela 6.13, Tabela 6.14 e Tabela 6.15, nota-se que nas análises microbiológicas do 73º dia do processo, houve um decaimento generalizado de todas as populações de microrganismos estudadas em todos os tratamentos. Tal evento pode estar diretamente relacionado com o fato que nos primeiros três dias de vermicompostagem houve a lavagem diária de todos os compostos devido à alta condutividade elétrica em alguns deles, resultando no alto índice de mortalidade das minhocas no início do processo.

Comparando-se os tratamentos que possuem os mesmos compostos orgânicos, porém alocados em ambientes diferentes, observou-se que estatisticamente, tanto T3 em relação a T6 quanto T1 em relação a T5, não houve um comportamento similar da microbiota das populações mais abundantes estudadas (bactérias heterotróficas e actinomicetos). Inicialmente, julga-se, que os tratamentos de mesma composição sejam integrados pelas mesmas massas de microrganismos autóctones; porém no decorrer do processo estes tratamentos apresentaram comportamentos microbianos distintos, mostrando que as condições ambientais em que as leiras estavam inseridas puderam interferir na dinâmica e composição dos microrganismos presentes nos compostos.

Analisando-se a Tabela 6.7 dos compostos ao longo do processo, constata-se que a fase de maior redução de relação C/N corresponde ao período entre a primeira análise e a posterior, que ocorreram no período da fase termofílica. A circunstância é interessante de ser relatada porque é de se esperar que haja essa maior redução da relação C/N exatamente neste período, visto que é durante esta fase que ocorre a elevação da temperatura proporcionada pelas reações exotérmicas realizadas pela intensa atividade microbiológica e estes microrganismos estão mais ativos e com maior potencial para degradarem o maior percentual de matéria orgânica C/N (LIMA, 1981; ORRICO et al., 2007).

Uma conclusão similar também pode ser observada ao se verificar a redução da relação C/N final em relação a inicial especificamente de T6, pois, conforme a Tabela 6.7, T6 foi o tratamento que obteve a menor redução C/N final, o que pode estar relacionado ao fato de ter sido o tratamento que por muitas vezes apre-

sentou as populações de microrganismos de menor significância estatística, além da ausência da fase termofílica, o que implicou na menor atividade da microbiota, resultando na menor degradação da matéria orgânica e, conseqüentemente, na menor redução C/N final.

4 Conclusão

O tratamento de lodo biológico de laticínio via pré-compostagem e vermicompostagem foi eficiente para, além de estabilizar o material orgânico, gerar um adubo orgânico com potencial para ser aplicado na agricultura. O meio onde foram realizadas a pré-compostagem e a vermicompostagem pode influenciar em todo o processo. As maiores reduções de massa e volume foram observadas para o T5 e T6 em ambiente descoberto e os menores valores de condutividade elétrica foram verificados também nestes tratamentos. A poda de árvore apresentou maiores reduções de massa, volume e C/N.

Quando se avalia o comportamento das populações microbiológicas, julga-se, que os tratamentos de mesma composição tenham as mesmas massas de microrganismos autóctones; porém no decorrer do processo estes tratamentos apresentaram comportamentos microbianos distintos, mostrando que as condições ambientais em que as leiras estavam inseridas interferiram na dinâmica e composição dos microrganismos presentes nos compostos.

Os resultados mostraram que, ao longo dos processos, as populações de microrganismos analisadas se mantiveram ativas; visto que os tratamentos foram afetados pelos desempenhos das atividades microbianas, principalmente quando se analisa a atuação das bactérias heterotróficas e dos actinomicetos, resultando, de forma geral, na degradação da matéria orgânica.

Referências

- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20 ed. Washington: American Public Health Association, 1193 p. 1998.
- AQUINO, A. M.; OLIVEIRA, A. M. G.; LOUREIRO, D. C. **Integrando Compostagem e Vermicompostagem na Reciclagem de Resíduos Orgânicos Domésticos**. Circular Técnica 12, Seropédica, 4 p. 2005.
- BATTISTI, D. P.; BATTISTI, J. F.; **Avaliação da eficiência do esterco bovino e do EM-4 na compostagem de resíduos de poda de árvores do município de Medianeira – PR**, 2011 Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior

- de Tecnologia em Gestão Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2011.
- CÁCERES, R.; FLOTATS, X.; MARFÀ, O.; Changes in the chemical and physico-chemical properties of the solid fraction of cattle slurry during composting using different aeration strategies. **Waste Management**, v.26, p. 1081-1091, 2006.
- CARNEIRO, L. J.; DIETER, J.; SAMPAIO, S. C.; SCHMIDT JUNIOR, N.; SANTOS-KOELLN, F. T.; Balanço de sais provenientes da aplicação de água residual de suinocultura em quatro ciclos de cultura. **Revista Meio Ambiente e Agronegócio**. v. 4, n. 3, p. 481-499, 2011.
- 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.
- COSTA, M.S.S.M.; COSTA, L. A. de M.; DECARLI, L. D.; PELÁ, A.; SILVA, C. J. da; MATTER, U. F.; OLIBONE, D. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.1, p. 100-107, 2009.
- DORES-SILVA, P.R.; LANDGRAF, M.D; REZENDE, M.O.O. Acompanhamento químico da vermicompostagem de lodo de esgoto doméstico. **Química Nova**, v. 34, n. 6, p. 956-961, 2011.
- DORES-SILVA, P.R., LANDGRAF, M. D., REZENDE, M. O. DE O. Processo de estabilização de resíduos orgânicos: Vermicompostagem versus compostagem. **Química Nova**, v. 36, p. 640-645, 2013.
- FIORI, M. G. S.; SCHOENHALS, M.; FRANCIELE, A. C. F. Análise da evolução tempo-eficiência de duas composições de resíduos agroindustriais no processo de compostagem aeróbia. **Engenharia Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 178-191, 2008.
- GERMANO, P. M. L; GERMANO, M. I. S. Agente Bacteriano e Toxinfecções. In: GERMANO, P. M. L.; GERMANO, M. I. S. **Higiene e Vigilância Sanitária dos Alimentos**. 4. ed. São Paulo: Manole, Cap. 12. p. 295-366, 2003.

- GODOY, J. R. R. de; MEDEIROS, C. M.; 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.
- GONÇALVES, J. L. de M.; MORO, L.; Uso da “cinza” de biomassa florestal como fonte de nutrientes em povoamentos puros de *Eucalyptus grandis*. IPEF n. 48/49, p. 28-37, 1995.
- GONÇALVES, F. **Tratamento de camas de equinos por compostagem e vermicompostagem**. 2014. 133 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental). – Curso de Engenharia Ambiental – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.
- GUSIATIN, Z. M.; KULIKOWSKA, D.; The usability of the IR, RAC and MRI indices of heavy metal distribution to assess the environmental quality of sewage sludge composts. *Waste Management*, v. 34, n. 7, p. 1227-1236, 2014.
- HERBETS, R. A. **Compostagem de resíduos sólidos orgânicos: aspectos biotecnológicos**. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia). Departamento de Bioquímica. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.
- HECK, K; MARCOS, É. G. de; HAHN, A. B. B; KLUGE, M; SPILKI, F. R; SAND, 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.
- IAPAR – INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do Estado do Paraná**. Londrina, 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 27 out. 2014.
- KIEHL, J. E. **Fertilizantes Orgânicos**. 1 ed. Piracicaba: Agronômica Ceres Ltda. 492 p. 1985.
- KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto**. Piracicaba, 171 p. 1998.
- KIEHL, E. J. **Novos Fertilizantes Orgânicos**. 1 Ed . Piracicaba: Editora Degaspari 2010, 248 p.

- LATEEF, A., CHAUDHRY, M. N., ILYAS, S. 2013. Biological treatment of dairy waste water using activated sludge. *ScienceAsia*, v.39, n.2, p. 179-185, 2013.
- LEAL, M. A. de A.; GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A.; ARAÚJO, E. da 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, n. 11, p. 1195-1200, nov. 2013.
- LIMA, L. M. Q. **Tratamento de lixo**. 2ª ed. São Paulo: Hemus Editora Ltda., 240 p. 1981.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 Ed. Piracicaba: Potafos, 319 p. 1997.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 25**. BRASIL, 2009.
- MORETTI, S. M. L.; BERTONCINI, E. I.; ABREU-JUNIOR, C. H.; Composting sewage sludge with green waste from tree pruning. *Scientia Agrícola*, v. 72, n. 5, p. 432-439, 2015.
- NUNES, M. U. C. Compostagem de resíduos para a produção de adubo orgânico na pequena propriedade. **Circular Técnica 59**. Embrapa, 2009.
- OLIVEIRA, E. M. de; COSTA, F. X.; COSTA, C. C.; Reprodução de minhocas (*Eisenia foetida*) em diferentes substratos. *Revista Caatinga*, v. 21, n. 5, p. 146-150, 2008.
- ORRICO; A. C.A; JÚNIOR, J.L; JÚNIOR ORRICO, M. A. P. Alterações Físicas e Microbiológicas Durante a Compostagem dos Dejetos de Cabras. *Revista de Engenharia Agrícola*, v. 27, n. 3, p. 764-772, 2007.
- PEREIRA NETO, T. J. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. Universidade Federal de Viçosa. p. 19-27, 2007.
- 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.

- REIS, M. F. P. ; **Avaliação do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos**. 2005. 239 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005).
- SBIZZARO, M.; **Vermicompostagem a partir de dejetos de ovinos e bovinos com palha de cana-de-açúcar**. 2013. 134 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2013.
- STEFFEN, G. P. K.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, R. B.; JACQUES, R. J. S.; SANTOS, M. L. dos.; **Earthworm extraction with onion solution**. *Applied Soil Ecology*, v.69, p. 28-31, 2013.
- SUNADA, N. da S.; ORRICO, A. C. A.; ORRICO JUNIOR, M. A. P. ; CENTURION, S. R.; OLIVEIRA, A. B. de M.; FERNANDES, A. R. M.; LUCAS JUNIOR, J de; SENO, L. de O.; **Compostagem de resíduo sólido de abatedouro avícola**. *Ciência Rural*, v.45, n.1, p. 178-183, 2015.
- TIAGO, P. V; MELZ, E. M, SCHIEDECK, G. **Comunidade de bactérias e fungos de esterco antes e após a vermicompostagem e no substrato hortícola após uso de vermicomposto**. *Revista Ciências Agrônômica*, v.39, n.02, p. 187-192, 2008.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: Departamento de solos UFRGS. 175p, 1995.
- TRABULSI, R.L; ALTERTHUM, F. **Microbiologia**. 4 ed. São Paulo: Editora Atheneu, 780 p. 2004.