



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Francisco Beltrão
Curso de Engenharia Ambiental



JAQUELINE DE MOURA

**DESEMPENHO DE COMPOSTEIRA DOMICILIAR CONFECCIONADA A PARTIR
DE MATERIAIS REUTILIZADOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Francisco Beltrão

2018

JAQUELINE DE MOURA

**DESEMPENHO DE COMPOSTEIRA DOMICILIAR CONFECCIONADA A PARTIR
DE MATERIAIS REUTILIZADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Denise Andréia Szymczak

Coorientadora: Prof^a Msc. Priscila Soraia da Conceição Ribeiro

Francisco Beltrão

2018



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC 2

Desempenho de composteira domiciliar confeccionada a partir de materiais reutilizados

por

Jaqueline de Moura

Trabalho de Conclusão de Curso 2 apresentado às 11 horas, do dia 27 de novembro de 2018, como requisito para aprovação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Francisco Beltrão. A candidata foi arguida pela Banca Avaliadora composta pelas professoras abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho aprovado.

Banca Avaliadora:

Denise Andréia Szymczak
(Presidente da Banca)

Michelle Milanez França
(Membro da Banca)

Marilete Chiarelto
(Membro da Banca)

Denise Andréia Szymczak
(Professora responsável pelo TCC e Coordenadora do Curso de Engenharia Ambiental)

“A folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental”

AGRADECIMENTOS

Sou especialmente grata a Deus, por sempre ter iluminado cada passo em direção a essa conquista.

Ao meu pai, Antônio de Moura, por ser meu alicerce, minha base, a pessoa que me permitiu, de inúmeras maneiras, chegar onde estou. Sou eternamente grata a você, pai.

À minha mãe, Adriana Conte, que mesmo à distância, sempre esteve comigo e agora, fisicamente, está mais perto, prestando todo seu apoio.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Francisco Beltrão pela oportunidade de realizar este curso de graduação e por toda a troca de experiências ao longo de toda a caminhada.

Aos meus queridos orientadores, professor Dr. Hernan Vielmo e professora Msc. Priscila Soraia da Conceição Ribeiro por todos os ensinamentos ao longo de toda a trajetória na Universidade e também no TCC. Vocês são meus espelhos de ser humano e de profissional. Meus sinceros agradecimentos.

À querida professora Dr^a. Denise Andréia Szymczak que aceitou ser minha orientadora nessa fase de TCC 2, prestando todo seu apoio. Lhe agradeço imensamente.

Ao professor Msc. Maico Chiarelto por todo o suporte e conhecimento compartilhado.

Às queridas professora Dr^a. Michelle Milanez França e Msc. Marilete Chiarelto, por aceitarem contribuir com seus conhecimentos, como membros de minha banca.

À todo o corpo docente, servidores e colegas da Universidade por fazerem parte de todo o meu processo de formação.

Muitas outras pessoas também tornaram essa caminhada mais especial, tranquila e, parafraseando minha querida amiga Rafaela Arienti Barbieri, foram literalmente meu fôlego durante essa jornada. Rafa, lhe agradeço de coração, por tudo.

À você, Aloma Hancke, que esteve em boa parte dessa jornada, se tornando uma grande e sincera amiga. Quero lhe agradecer pelos incontáveis momentos, por todo o apoio que compartilhamos juntas nessa caminhada e por ter se tornado parte de minha evolução. Te admiro muito.

À Stephanye Thayanne da Silva que, além de me acompanhar desde o começo da faculdade, esteve, há até pouco tempo atrás, sendo minha quase parceira de quarto e, agora, se tornou minha parceira para a vida. Obrigada.

A você, Fabio Henrique Bastiani que me auxiliou na revisão do TCC, lendo e relendo sem nunca se opor, além de me apoiar em todos os momentos. Obrigada por todo o amor e por tornar essa reta final mais leve.

Aos meus fôlegos de fora da Universidade Karine Tomazi, Patrick Krause e Sabrina Wandscheer Maciel, cada um nos lugares a que pertencem, mas sempre em meu coração, onde quer que eu vá.

Também agradeço a todos e todas que, de alguma forma, tiveram importante papel nessa caminhada.

“You cannot build ecological integrity without human integrity. The land reflects the people.”

(Ray Archuleta)

RESUMO

MOURA, J. **Desempenho de composteira domiciliar confeccionada a partir de materiais reutilizados**. 2018. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2018.

Os resíduos sólidos orgânicos, quando direcionados adequadamente à compostagem, podem prolongar a vida útil de aterros sanitários, contribuindo significativamente para o desenvolvimento sustentável. Dito isto, o presente trabalho objetivou acompanhar o desempenho de uma composteira domiciliar, que foi confeccionada durante o estudo, utilizando-se apenas de materiais reutilizados. O monitoramento da composteira consistiu na realização de análises de teor de água, teor de sólidos voláteis, temperatura e pH, efetuadas nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Francisco Beltrão. Foram utilizados os resíduos orgânicos provenientes de restaurante universitário e, também, poda oriunda da Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão, obedecendo a relação C/N de 2:1. A fim de diminuir o erro amostral, houveram três repetições da composteira com análises em triplicata para cada uma delas. Foi observado que a manivela inserida no galão com objetivo de aerar o material não se mostrou eficiente. Além disso, é recomendado que em próximos estudos, a poda seja triturada e que os materiais com granulometria maior que dois centímetros sejam retirados. Com relação ao teor de água, o mesmo iniciou em uma faixa adequada (40 – 60%), mas ao longo do processo se elevou excessivamente. Com a adição de poda, o teor de sólidos voláteis também se elevou e apresentou redução de cerca de 10% ao final do processo, valor inferior ao recomendado de 40%. Entretanto, outros autores encontraram redução de teor de sólidos voláteis inferior a 40%, em condições semelhantes às estudadas. Os valores de pH se mantiveram dentro da faixa considerada ideal para a compostagem e a temperatura para as três repetições alcançou faixas termofílicas entre o 1º e 20º dias de compostagem. Após, o sistema perdeu calor e oscilou entre 10 e 20°C até o final. Após 126 dias, se obteve um composto maturado, apesar de não ter sido possível controlar completamente o teor de água ao longo de todo o processo. Portanto, é recomendado que em próximos estudos, o teor de água seja controlado e os materiais elencados para confecção do reator sejam avaliados minuciosamente para que a compostagem ocorra adequadamente.

Palavras-chave: Resíduos sólidos orgânicos. Compostagem. Tratamento.

ABSTRACT

MOURA, J. **Development of domiciliar composter from reutilized materials**. 2018. 37 s. Completion of course work (Bachelor of Environmental Engineering) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2018.

The solid organical residues, when are directed adequately to the composting process, can prolong the life use of landfills, contributing significantly to the sustentable development. With this affirmation, this work accompanied the development of a domiciliary composter, that was made during this study, using only reutilized materials. The monitoring of the composter consisted in the accomplishment of water content, volatile solids content, temperature and pH analysis, performed at the dependences of the Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Francisco Beltrão. Organical residues from the universitary restaurant and the pruning from the Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão were used, following the relation C/N of 2:1. With the intentions of reduce the sample error, there were three samples of the equipment with analysis in triplicate in each one of them. It was realized that the crank placed in the gallon with the objective of aerating the material, doesn't showed up as an efficient procedure. Besides that, it's recommended that in next studies that the puring be crushed and the materials have a granulometry higher than two centimeters. About the water content, it has iniciate in an adequate band (40-60%), but during the process it got excessively elevated. The puring addition elevated the volatile solids content and also presented a reduction close to 10% at the ending of the process, an inferior value than recommended (40%). However other authors have find a reduction of the volatile solids content inferior than 40% at similar conditions of this study. The pH values were maintained in the band considered ideal to the composting process and the temperature to the three repetitions reached thermophilic bands between the first and the twentieth day of composting. After that, the system lost heat and oscillated between 10 and 20°C until the ending. After 126 days, it was got a matured compost, despite the fact that was not possible to completely control the water content throughout the entire process. So, it's recommended that in next studies the water content be controlled and the listed materials to the confection of the reactor be evaluated meticulously so the composting process will occur properly.

Keywords: Organic solid waste. Composting. Treatment.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
NBR	Norma Brasileira
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RU	Restaurante Universitário
SV	Sólidos Voláteis

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Composteira elétrica Decomposer	20
Figura 2 – Croqui da composteira domiciliar e composteiras construídas	24
Figura 3 – Amostras dispostas em béquer para análise	25
Figura 4 – Dados de temperatura em relação à idade das composteiras	27
Figura 5 – Teor de água das composteiras	28
Figura 6 – Dados de teor de sólidos voláteis das composteiras.....	29
Figura 7 – Valores de pH em relação à idade das composteiras	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados de redução em massa e volume para as composteiras	29
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo geral	15
2.2 Objetivos específicos	15
3 REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 Resíduos sólidos urbanos	16
3.2 Métodos de compostagem.....	18
3.3 Fatores que afetam a compostagem.....	20
4 MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 Construção da composteira com materiais reutilizados.....	24
4.2 Manejo da composteira construída.....	24
4.3 Determinação dos parâmetros físico-químicos	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
5.1 Comportamento dos parâmetros físico-químicos	27
5.2 Manejo da composteira	31
6 CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

O conceito de resíduos sólidos deve ser entendido, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, como sendo todo material, objeto, substância ou até mesmo um bem descartado que é intrínseco às atividades humanas diárias. Portanto, ao passo que a todo momento há geração de resíduo, é necessário que sejam encontradas alternativas para seu tratamento e disposição.

Nesse sentido, nota-se que a temática resíduos sólidos gera discussões, que vão de encontro aos empecilhos atrelados aos mesmos. Assim, é de conhecimento geral que, é necessária a existência de diretrizes acerca do gerenciamento dos resíduos sólidos e, a PNRS vem como ferramenta norteadora para todos os envolvidos na geração de resíduos (BRASIL, 2010).

Ao passo que a todo momento há geração de resíduos, a disposição dos mesmos em lixões a céu aberto, bem como o tratamento inadequado dos mesmos, implica na poluição da água, ar e solo, acarretando enorme prejuízo aos ecossistemas, inclusive ao ser humano, responsável, este, pela geração de grandes impactos negativos. Tais impactos provocam uma reação em cadeia dentro do ciclo de geração de resíduos, uma vez que o meio ambiente precisa depurar toda a carga de poluição diária designada a ele. Porém, difícil é estimar até quando isso será possível (PEIXE; HACK, 2014).

No ano de 2016, o Brasil apresentou grande retrocesso em relação à disposição final dos resíduos. Estima-se que 58,7%, ou 41,7 milhões de toneladas de resíduos sólidos foram enviadas para aterros sanitários. Além disso, 29,7 milhões de toneladas de resíduos (41,6%), foram encaminhadas para lixões, totalizando 3.331 municípios que destinam inadequadamente seus resíduos sólidos (ABRELPE, 2016).

Uma das formas de reduzir a carga de resíduos enviadas à disposição final é por meio da reutilização. Esse processo tem por objetivo o aproveitamento dos resíduos sólidos sem que haja transformação biológica, física ou físico-química e está em terceiro na ordem de prioridade de gestão e gerenciamento de resíduos (BRASIL, 2010). Santos et al. (2011) pontuam a importância da reutilização no âmbito econômico, uma vez que ocasiona redução de custos com matéria-prima, além de agregar valor ao resíduo reutilizado.

Além da reutilização, tem-se o tratamento de resíduos sólidos como uma importante medida para contribuir com a gestão correta dos resíduos sólidos. Nesse sentido, considerando que cerca de 60% dos resíduos sólidos gerados no Brasil são de origem orgânica, a melhor alternativa para tratar tamanha carga de resíduos, é a compostagem (BRASIL, 2010). Além da PNRS, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos instituído pelo Ministério do Meio Ambiente em 2012, versa sobre a relevância da gestão adequada dos resíduos sólidos orgânicos. Em um processo relativamente simples de decomposição e estabilização da matéria orgânica, a compostagem pode fornecer um produto final de ótima qualidade, agregando à estrutura dos solos, resultando em maior qualidade no cultivo dos mesmos (PEREIRA NETO, 2007).

Para que a compostagem ocorra, efetivamente, existem alguns métodos empregados na atualidade. Um dos métodos consiste na formação de pilhas ou leiras de decomposição dos resíduos. No entanto, existem também técnicas de confinamento dos resíduos em equipamentos ou reatores com emprego de maior ou menor grau de tecnologia (MMA, 2010).

Nesse sentido, o foco desse estudo concentra-se no desenvolvimento de um modelo de composteira domiciliar para tratamento de resíduos sólidos orgânicos eficiente e de baixo custo, para que seja acessível ao maior número possível de pessoas, atendendo a dois objetivos da PNRS, a reutilização de materiais para a confecção do protótipo e o tratamento dos resíduos orgânicos por meio da compostagem.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar o desempenho de uma composteira domiciliar construída a partir de materiais reutilizados.

2.2 Objetivos específicos

- a) Construir um modelo de composteira a partir de materiais reutilizados;
- b) Avaliar o processo de compostagem a partir de parâmetros físico-químicos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Resíduos sólidos urbanos

O conceito de resíduos sólidos, de acordo com a PNRS, abrange as fases sólida ou semissólida da matéria, além de gases confinados em recipientes e líquidos que não podem ser lançados na rede pública de esgotamento sanitário, devido à composição do efluente inibir ou prejudicar, de alguma forma, a ação do tratamento biológico (BRASIL, 2010).

Um exemplo prático é o sangue que, por haver possibilidade de contaminação por patógenos, não pode ser lançado diretamente na rede de esgoto. Do mesmo modo, resíduo sólido compreende materiais, substâncias, objetos e também qualquer bem inutilizado, oriundo de atividades humanas (BRASIL, 2010).

No que tange às responsabilidades no gerenciamento do resíduo sólido, o mesmo é compartilhado entre fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Somente no Brasil, quase 78,3 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos são gerados anualmente (ABRELPE, 2016). Segundo Brasil (2010), para tratar essa carga de resíduos, é de suma importância que cada etapa do gerenciamento dos resíduos sólidos seja respeitada para que, assim, o ciclo de vida dos produtos siga sua trajetória pré-estabelecida.

Em consonância com a PNRS, o gerenciamento dos resíduos deve seguir uma ordem de prioridade. A primeira ação a ser realizada é objetivando a não-geração, que expõe a ideia de evitar, ao máximo, a produção de resíduo. Em seguida, tem-se o princípio da redução, que atenta para a diminuição da geração de resíduo pelos indivíduos. Nesse âmbito, insere-se a ideia de frear o consumo exacerbado, que não acompanha o ritmo de depuração do meio ambiente (BRASIL, 2010).

A reutilização encontra-se em terceiro na ordem de prioridade de geração de resíduos sólidos. É fundamentada na utilização, ao máximo, de um material antes do seu descarte. Outro conceito para reutilização refere-se ao aproveitamento dos resíduos sólidos sem interferir em sua composição biológica, física ou físico-química (BRASIL, 2010).

Ainda, a reutilização impacta diretamente na conservação da energia de materiais. Segundo um estudo da Midwest Research Institute – MRIGlobal (1972), se fosse reutilizada a sucata na produção de 1000 toneladas de barras de aço ao invés de utilizar matéria-prima bruta, haveria uma economia de 74% no consumo de energia. Da mesma forma, para cada tonelada de vidro reutilizado, economizaria aproximadamente 290 kg de petróleo usado na fundição. Para o papel, a conservação de energia estaria em torno de 70%.

A reciclagem configura um princípio em quarta prioridade na ordem de gerenciamento dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010). É nesta etapa que se realiza o efetivo tratamento do resíduo sólido, por meio de transformação biológica, física e físico-química, atribuindo valor comercial ao resíduo (SILVA et al., 2016).

Seguindo a ordem de prioridade no gerenciamento dos resíduos, tem-se o tratamento. No Brasil, há grande produção de matéria orgânica que é destinada de maneira incorreta com os resíduos da coleta diferenciada, além de acarretar sobrecarga de aterros e outros problemas. Nesse sentido, a compostagem é um método apropriado e cientificamente comprovado para o tratamento desses resíduos. Entretanto, apenas cerca de 1,6% dos resíduos orgânicos, no Brasil, são destinados à compostagem (BRASIL, 2012).

De maneira pontual, metade dos resíduos sólidos urbanos (RSU), gerados em domicílios, são de origem orgânica (SIQUEIRA; ABREU, 2016). Nesse sentido, o foco do presente trabalho concentra-se nesses resíduos sólidos orgânicos, melhor explicitados na sequência.

Segundo Ribeiro e Morelli (2009), os resíduos orgânicos, ou também conhecidos como biodegradáveis, são assim classificados em detrimento da composição química. Por exemplo, pode-se citar borra de café e chá, cabelos, restos de alimentos, cascas e bagaços de frutas e verduras, legumes, ovos, alimentos estragados, ossos, aparas e podas de jardinagem.

Portanto, a PNRS insere, em seu artigo 3º, a importância da compostagem como forma de tratamento adequada para esses resíduos sólidos orgânicos (BRASIL, 2010). Nesse contexto, se insere a relevância da gestão adequada dos resíduos e, tendo em vista esse viés, a segregação na fonte contribui substancialmente, quando realizada da forma correta. Há inúmeras melhorias provenientes da separação e, dentre elas, o aumento da qualidade da matéria orgânica destinada à compostagem (BESEN et al., 2014).

De maneira geral, Siqueira e Assad (2015) apresentam um interessante estudo referente ao estado de São Paulo, em que abordam a divisão da compostagem em centralizada e descentralizada. A primeira compreende o manejo dos resíduos sólidos orgânicos em larga escala. Já a segunda também engloba o tratamento dos resíduos orgânicos, porém, em pequena escala. Nessa classificação, insere-se a compostagem domiciliar, que difere dos demais tipos de resíduos sólidos urbanos devido à sua origem (em residências) e que é objeto de estudo deste trabalho (BRASIL, 2010).

3.2 Métodos de compostagem

Entende-se por compostagem como processo aeróbio de tratamento de resíduos sólidos orgânicos em que microrganismos atuam degradando a matéria orgânica presente, sob os fatores abióticos temperatura, teor de água e aeração. Como resultado desse processo, em condições favoráveis, há liberação de calor, gás carbônico e água, além da obtenção de um composto estabilizado que pode possuir propriedades de melhoramento das condições dos solos (SIQUEIRA; ABREU, 2016).

Valente et al. (2009) contextualizam outra definição análoga, que descreve a compostagem como um processo de decomposição aeróbia controlada e estabilizadora da matéria orgânica, considerando essenciais a existência de condições de temperaturas termofílicas, resultantes das atividades de degradação biológica, para que o processo aconteça. Ao final, tem-se um produto estável, sanitizado, enriquecido por compostos húmicos e adequado para uso no solo.

Apesar de ser um processo relativamente simples, a tentativa de implantação efetiva da compostagem, no Brasil, ainda é lenta. De acordo com Siqueira e Abreu (2016), os resíduos orgânicos não deveriam ter sua disposição atrelada a aterros sanitários e classificados apenas como rejeito. Pelo contrário, o grande potencial de reaproveitamento destes materiais é o embasamento fundamental dos autores, que questionam o fato da compostagem não ser uma atividade adotada pelos governos, também em locais vulneráveis, como forma de promoção de saúde coletiva.

Nesse sentido de desenvolver o hábito da compostagem, é importante salientar os métodos existentes para adoção da prática. Mais especificamente, no âmbito da compostagem domiciliar, há o método pilha, que dispõe acerca do empilhamento sucessivo das frações carbono e nitrogênio, configurado em geometria triangular.

Semelhante às pilhas, existem as leiras, composteiras que diferem daquelas em relação à forma geométrica, por terem um comprimento maior do que as pilhas. Além disso, a adoção da pilha ou da leira é caracterizada pelo volume de resíduo a ser tratado. A lógica adotada é que quando a quantidade de resíduo a ser tratada for elevada, a adoção da leira seja o ideal (WANGEN; FREITAS, 2010). ASHBY (2013) salienta a possibilidade de realizar a compostagem em reatores em um processo conhecido como Dano, onde os resíduos são compostados no interior de cilindros rotativos horizontais.

Além da configuração da composteira, o método de aeração pode variar. Nesse sentido, existe a compostagem por aeração manual e forçada, além de equipamentos ou reatores que realizam a aeração com auxílio da tecnologia (MMA, 2010). Com relação aos reatores com menor emprego de tecnologia, Lima Junior et al. (2017) abordam dois modelos de composteiras em pequena escala.

O princípio de funcionamento das composteiras apresentadas por Lima Junior et al. (2017) é baseado em dispor as frações carbono e nitrogênio em compartimentos estáticos que funcionam por aeração passiva, ou seja, por meio do movimento natural do ar pelas composteiras. O primeiro modelo diferencia-se do segundo apenas pela adição de dutos de drenagem que possuem a função de aumentar a aeração passiva dos resíduos dispostos na composteira.

Existem também composteiras domésticas elétricas com maior emprego de tecnologia, como a apresentada pela empresa Trasix (2016). Segundo a empresa, a composteira, intitulada Decomposer 2, pode processar até cinco quilogramas de resíduos por dia. Ainda segundo a Trasix (2016), a aeração é realizada automaticamente pelo equipamento que, além disso, ativa os microrganismos presentes na serragem que, acompanha a composteira, para iniciarem o processo de decomposição (Figura 1).

Já as composteiras dispostas em pilhas ou leiras podem ser reviradas manualmente pelo operador, com auxílio de enxadadas, a fim de promover aeração. No entanto, quando o processo de aeração é realizado por algum equipamento, como dutos perfurados, por onde há passagem de ar, e implantados ao longo da composteira, denomina-se o processo de compostagem por aeração forçada (MMA, 2010).

Figura 1 – Composteira elétrica Decomposer



Fonte: Trasix, 2016

3.3 Fatores que afetam a compostagem

Para que o tratamento por compostagem ocorra adequadamente, é necessário que sejam observados e monitorados os parâmetros que permeiam o processo. Tais fatores afetam direta ou indiretamente a compostagem e, assim, a qualidade do composto (VALENTE et al., 2009).

Por exemplo, o pH é tido como um parâmetro que afeta os sistemas de compostagem e, por isso, deve ser monitorado constantemente ao longo do processo (PEREIRA NETO, 2007). Em consonância à Vilhena (2010), devido à característica mais ácida da decomposição microbiana, o pH tende a ser ácido no início do processo de compostagem.

Esse fator deve ser bem monitorado no início da degradação pois, o pH, estando na zona ácida, favorece a formação de amônia. No entanto, no decorrer do processo de decomposição, os ácidos produzidos no início são consumidos, novamente, por ação microbiana e, como consequência, há elevação do pH (VILHENA, 2010).

Ainda segundo Vilhena (2010), ao final do processo de degradação, comumente, o pH observado fica em torno de um mínimo de 6,0. Além disso, após a maturação do composto, o mesmo, geralmente, apresenta pH entre 7,0 e 8,0. O resíduo domiciliar é interpretado pelo autor como tendo um pH ácido na faixa de 4,5 a 5,5. Já o composto maturado humificado apresenta pH entre 7,0 e 8,0.

Pereira Neto (2007) aprofunda-se mais nos valores ideais de pH, demonstrando que a faixa de pH para se trabalhar nos processos de compostagem pode ser muito ampla, variando entre 4,5 e 9,5. Ainda, de acordo com o autor, valores extremos observados durante o processo são ajustados pelos microrganismos decompositores da matéria orgânica. Já com relação ao pH do composto maturado, o valor exposto pelo autor como sendo o ideal, é o superior a 7.

Além de ajustar os valores de pH durante o processo de compostagem, os microrganismos decompositores elevam a temperatura da massa em compostagem até a faixa entre 55-60°C, caracterizando a fase conhecida como termófila ou termofílica (VILHENA, 2010).

Para Pereira Neto (2007), a faixa termofílica do processo é atingida entre 12 a 24 horas após a disposição dos materiais para compostagem. Essa faixa de temperatura, para o autor, varia entre 45-65°C. O grau de importância dessa fase no processo de compostagem, tanto para Vilhena (2010), quanto para Pereira Neto (2007), se concentra na eliminação de patógenos do meio em decomposição.

Após a fase termófila, se inicia o processo de diminuição da temperatura (em torno de 30-35°C a 45-50°C). Essa diminuição começa a caracterizar a etapa de bioestabilização da matéria orgânica e, mais além, em torno de 20 a 35-40°C, inicia-se a fase mesófila ou mesofílica no processo de compostagem (VILHENA, 2010).

Assim como pH e temperatura, o teor de água deve ser controlado durante todo o processo. Nesse sentido, considerando a compostagem como sendo um processo de degradação da matéria orgânica, é fundamental que haja presença de água, a fim de satisfazer as necessidades fisiológicas dos microrganismos decompositores. Sendo assim, porcentagens em torno de 40% indicam processo lento, uma vez que as bactérias estarão com menor atividade em comparação aos fungos, os quais predominarão nessas condições (KIEHL, 1998).

Entretanto, ainda de acordo com Kiehl (1998), quando o teor de água está acima de 60%, pode haver início de processo anaeróbio, tendo em vista que os microporos e os macroporos da massa em decomposição estarão preenchidos com água, podendo emitir maus odores. Nesse contexto, a faixa ideal de teor de água presente na massa em compostagem deve estar inferior a 60%, mas superior a 40% sendo, a porcentagem de 55%, o valor ideal.

Ao passo que o teor de água deve ser mantido em torno de 55%, o mesmo não ocorre com o teor de sólidos voláteis, responsável por indicar a quantidade de matéria

orgânica de fácil degradação. A matéria orgânica tende a diminuir de concentração durante o processo de compostagem devido a ação de decomposição realizada pelos microrganismos (KIEHL, 1998). De acordo com Pereira Neto (2007), o teor de sólidos voláteis observado para resíduo domiciliar, está em torno de 80%. Ao final do processo, é interessante que o composto apresente valores iguais ou inferiores a 40%.

No que diz respeito à aeração da massa em compostagem, Kiehl (1998) aponta a mesma como um fator de maior importância no processo de compostagem, uma vez que se não for controlado, pode migrar para anaerobiose e, em decorrência disso, acarretar mau odor e produção de chorume. Além disso, pode descaracterizar a compostagem como processo essencialmente aeróbio.

Além dos fatores mencionados até então, há a relação carbono/nitrogênio (C/N), fundamental para o início da compostagem. No que diz respeito à fração nitrogênio, um estudo realizado por Aquino; Oliveira e Loureiro (2005) apresenta o resíduo do restaurante universitário da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, com relação C/N de 15. Entretanto, de acordo com Ministério do Meio Ambiente, a relação C/N mais adequada para o início do processo é de 30/1 (MMA, 2010).

Para compor a fração de carbono da massa de compostagem, a poda de arborização urbana é muito recomendada para esse processo (VALE, 2005). Esse material orgânico é composto, aproximadamente, de 50% de carbono, 44% de oxigênio, 6% de hidrogênio e 1% de nitrogênio. Portanto, tendo em vista sua composição química, esse material configura um bom constituinte para o processo de compostagem (BARRICHELO; BRITO, 1985).

Meira (2010) traz a importância da utilização de resíduos de arborização urbana para fins mais nobres, evitando a disposição inadequada como em terrenos baldios, ou a disposição final em aterros sanitários. A utilização desse resíduo em processos de compostagem é uma alternativa para tratar a destinação ambientalmente adequada desse resíduo.

A granulometria é mais um fator importante associado a compostagem e, também, tem grande relevância para a aeração, por controlar o movimento dos fluidos líquidos e gasosos da massa em compostagem. Existe uma relação inversamente proporcional entre granulometria e área superficial, em que, quanto menor uma, maior a outra. Nesse sentido, quanto menor a granulometria, maior a área superficial em contato com os microrganismos e, portanto, maior será a decomposição da massa em compostagem (KIEHL, 1998).

No entanto, Vilhena et al. (2009) salientam a dificuldade para estabelecer a granulometria ideal para a compostagem, uma vez que cada material possui suas particularidades. Uma boa técnica é misturar variados tipos de resíduos e promover uma mistura adequada, ações que aumentam a porosidade e homogeneização a fim de diminuir a compactação da massa em compostagem. Atentando-se a esses parâmetros, a compostagem tende a ocorrer de forma adequada, gerando um composto final de qualidade.

4 MATERIAL E MÉTODOS

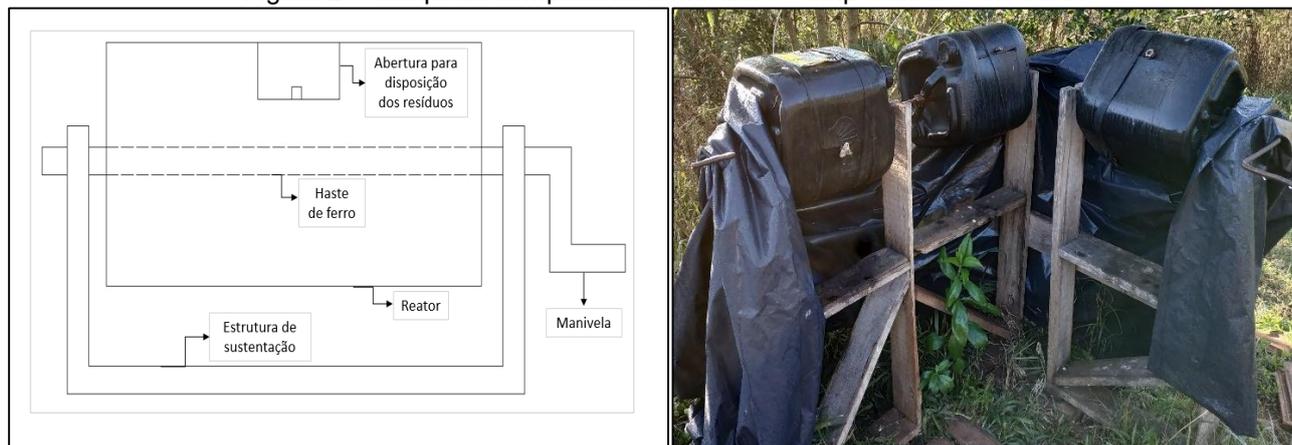
4.1 Construção da composteira com materiais reutilizados

O trabalho foi realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Francisco Beltrão. O material que compôs o reator compreendeu um galão de 20 litros, oriundo de doação de uma empresa de ferro-velho, situada na cidade de São José do Cedro, SC.

Para montagem da composteira, o galão de 20 litros foi perfurado no topo e na base, onde foi introduzida uma estrutura de ferro de, aproximadamente, 1 metro que teve uma de suas extremidades encurvadas formando um L a fim de funcionar como uma manivela para auxiliar na movimentação da massa de compostagem.

Foi inserida também uma abertura no topo horizontal do galão, para depositar os resíduos e coletar as amostras. Também foi adicionada uma estrutura de sustentação para a composteira feita de madeira reutilizada oriunda de doação de uma fábrica de móveis de São José do Cedro, SC, fixada às duas extremidades da estrutura de ferro (Figura 2).

Figura 2 – Croqui da composteira domiciliar e composteiras construídas



Fonte: Autoria própria, 2018

4.2 Manejo da composteira construída

O período de compostagem ocorreu entre 25/04/2018 até 28/08/2018, totalizando 126 dias de compostagem. Nesse processo, a fim de compor a relação carbono/nitrogênio de 30/1, que o Ministério do Meio Ambiente (2010) traz como ideal,

foi utilizado poda de árvores do município de Francisco Beltrão, proveniente de doação pela prefeitura da mesma cidade e resíduo orgânico do restaurante universitário (RU) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Francisco Beltrão.

A aeração foi efetuada três vezes na semana em conjunto com a verificação da necessidade de acrescentar água à composteira. Esse parâmetro foi determinado pelos fatores organolépticos tato e visão. Essas sensações são obtidas pressionando a massa com as mãos e verificando se há escorrimento de água ou não. Caso haja, a massa de compostagem está com excesso de umidade. Já se a massa se desprender das mãos ao ser pressionada, indica que a massa está muito seca. Ainda, se ao pressionar, a massa não apresentar escorrimento e também não se desprender em pedaços, indica um bom controle de umidade pelo operador do processo.

4.3 Determinação dos parâmetros físico-químicos

A amostragem do composto foi efetuada com repetição de três composteiras e em triplicata para cada uma delas, seguindo os procedimentos da NBR 10.007. Nesse sentido, as amostras foram retiradas do centro, extremidade direita e esquerda, homogêneas e quarteadas (ABNT, 2004).

Após a coleta semanal das amostras (Figura 3), as mesmas seguiram para análise do teor de água, teor de sólidos voláteis (SV), pH e temperatura, no laboratório de águas e efluentes da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Francisco Beltrão, seguindo a metodologia abordada por Andrade e Abreu (2006). Após, os dados foram comparados com os presentes na literatura, a fim de testar a efetividade do processo de compostagem.

Figura 3 – Amostras dispostas em béquer para análise



Fonte: Autoria própria, 2018

Para a análise de teor de água, foram pesados 10g de amostra em um béquer, incubando as mesmas em cadinho de cerâmica na estufa por 24 horas e em temperatura de 105° C, de acordo com o método utilizado por Carmo e Silva (2012). Retirando-se da estufa e após um período de 10 minutos, as amostras foram novamente pesadas e, por meio da equação 1, o teor de água foi calculado e obtido em porcentagem.

$$\text{Teor de água (\%)} = 100 \times [(m_u - m_s)/m_u] \quad (1)$$

Na equação 1, m_u e m_s representam, respectivamente, a massa úmida e a massa seca da amostra.

Para a análise de teor de sólidos voláteis (SV), foi adotado o método estabelecido por Goldin (1987), onde as amostras secas, oriundas das análises de teor de água, foram acondicionadas no forno mufla em cadinhos de cerâmica a uma temperatura de 550 °C por duas horas. Após, foi realizada a pesagem e, com auxílio da equação 2, determinado o teor de sólidos voláteis, ou o teor de matéria orgânica.

$$SV(\%) = 100 \times [(m_i - m_f)/m_i] \quad (2)$$

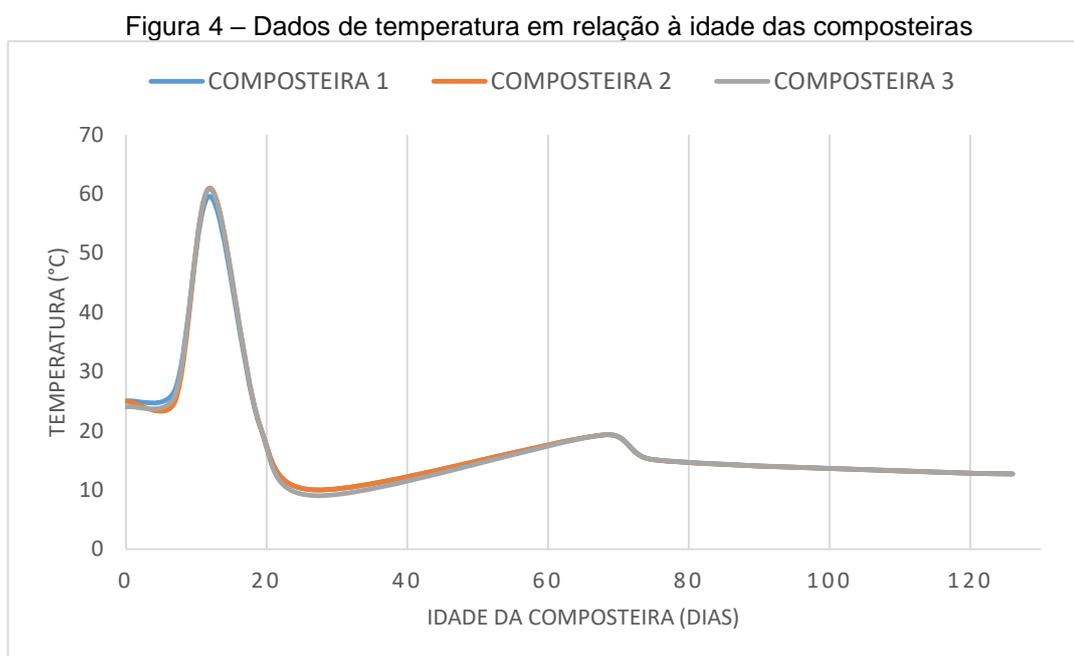
Onde, m_i representa a massa inicial da amostra e m_f , a massa final da amostra.

No que tange à determinação do potencial hidrogeniônico (pH), o procedimento adotado foi pesar em um béquer 10g das amostras, adicionando, em seguida, 20 mL de água destilada, agitando por cerca de 5 minutos e, após um tempo de cinco minutos de descanso, foi medido o pH por meio de um pHmetro de bancada. Para o monitoramento semanal da temperatura, foi utilizado um termômetro para compostagem.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Comportamento dos parâmetros físico-químicos

No que diz respeito à temperatura, todas as três repetições atingiram temperaturas termofílicas entre o 1º e 20º dias de compostagem (Figura 4). Após, o sistema perdeu calor, oscilando entre as faixas de 10 a 20°C até o final do processo.



Fonte: Autoria própria, 2018

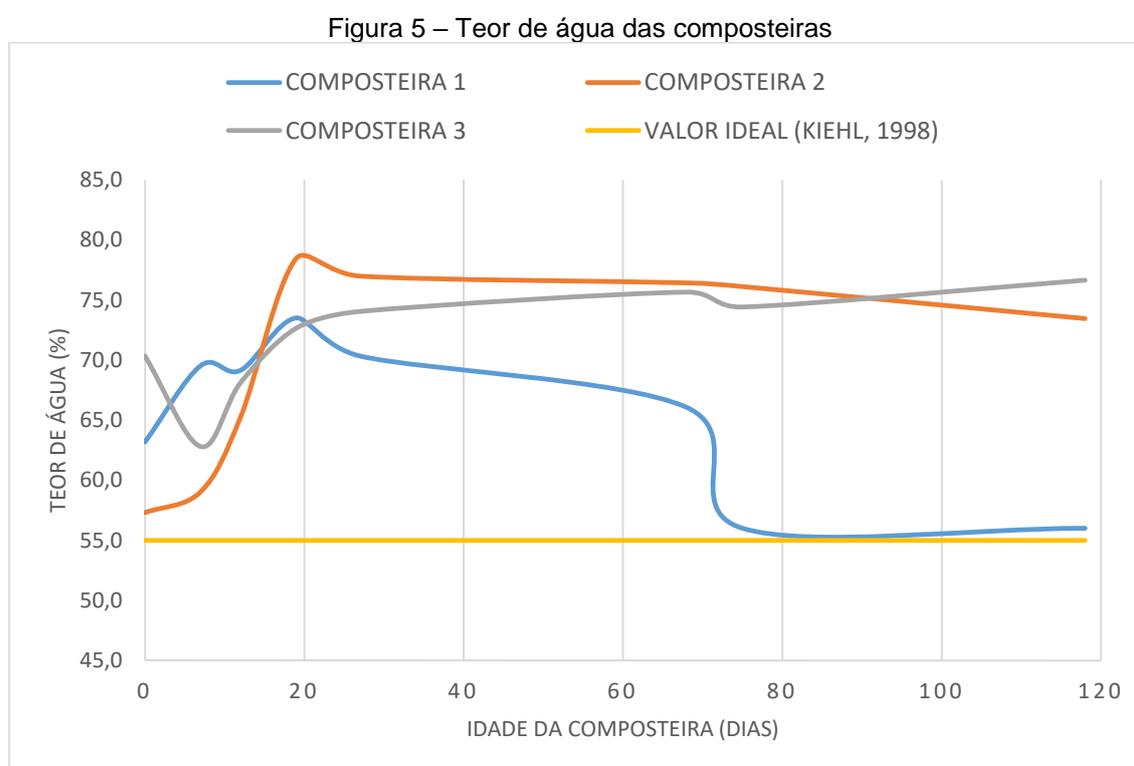
Dentre as hipóteses que justifiquem a queda de temperatura, tem-se a baixa aeração. Ao diminuir a disponibilidade de oxigênio na massa em compostagem, ocorre o decréscimo da atividade microbiana que depende essencialmente da presença de oxigênio. Com a diminuição da atividade microbiana, a liberação de calor proveniente da atividade exotérmica dos microrganismos também diminui e a temperatura no sistema não sobe (KIEHL, 1998).

Nesse contexto, no estudo realizado por Adhikari; Trémier e Barrington (2012), a manutenção da temperatura no protótipo estudado pelos autores durante as 20 semanas de compostagem foi atribuída ao correto reviramento mensal dos resíduos em compostagem.

A queda na temperatura, após o 20º dia, também pode estar associada à variação do teor de água ao longo do processo. Em um estudo realizado por Arrigoni;

Paladino e Laos (2015), os autores notaram temperaturas termofílicas intercaladas por oscilações entre temperaturas mesofílicas ao longo de todo o processo. Essa ocorrência, de acordo com os autores, também é explicada pela variação do teor de água do material ao longo de todo o processo.

O teor de água para as composteiras 1 e 2 iniciou em uma porcentagem adequada para o processo de compostagem (entre 40 e 60%), de acordo com Kiehl (1998). No entanto, para a composteira 3, esse parâmetro iniciou acima do recomendado (Figura 5).

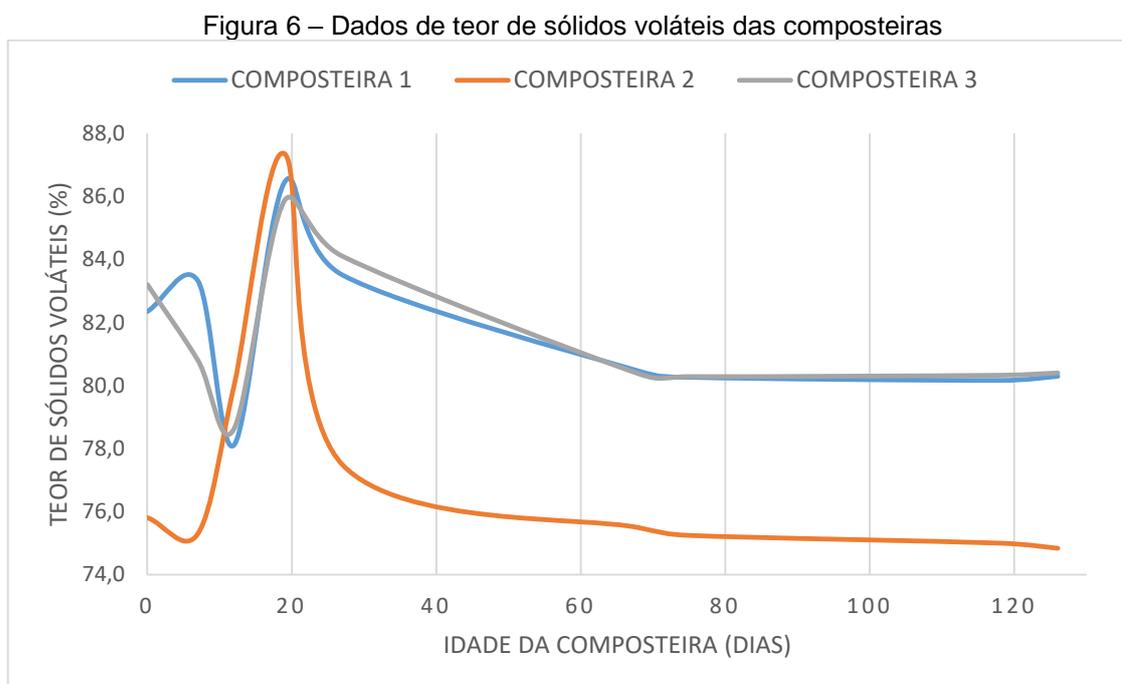


Fonte: Autoria própria, 2018

Entretanto, como já mencionado, a ocorrência de intensos eventos pluviométricos prejudicou a estabilização do teor de água. Sendo assim, após o controle, efetuado por meio das lonas e adição de poda seca, foi possível acompanhar a gradativa diminuição do teor de água das composteiras. Para a composteira 1, essa diminuição, chegou a aproximadamente 55% a partir dos 65 dias de compostagem. Já para as composteiras 1 e 2, o teor de água manteve-se elevado em relação à composteira 1, durante todo o processo.

A incorporação de poda seca à massa em compostagem nos reatores resultou em aumento de matéria orgânica e, conseqüentemente, elevação do teor de sólidos

voláteis que havia iniciado em, aproximadamente, 80% para as três composteiras, valor geralmente observado para resíduo domiciliar em início de processo (PEREIRA NETO, 2007) (Figura 6). Após cessar a adição de poda nas composteiras, os valores de teor de sólidos começaram a diminuir.



Fonte: Autoria própria, 2018

A redução de teor de sólidos voláteis foi de 10%, inferior ao ideal de 40%, indicado por Pereira Neto (2007). Porém, em relação à massa houve redução média de 98% para os reatores. Em relação ao volume, houve redução média de 97 (Tabela 1).

Tabela 1 – Dados de redução em massa e volume para as composteiras

Composteira	Redução em massa (%)	Redução do volume (%)
1	98	96
2	98	96
3	97	98
Média	98	97

Fonte: Autoria própria, 2018

Apesar do valor de redução de teor de sólidos voláteis não ser esperada, não se pode dizer que o processo foi ineficiente quanto à redução de massa de resíduos. Essa redução contribui diretamente para o aumento da vida útil de aterros sanitários, já que diminui a carga de resíduos destinada a esses locais. Nesse sentido, a compostagem desses materiais contribuiu para o correto tratamento desses resíduos, evitando assim, a disposição inadequada dos mesmos (BRASIL, 2010).

Apesar do valor de redução de teor de sólidos voláteis ser inferior ao estabelecido como ideal por Pereira Neto (2007), esse valor se aproxima da redução obtida em outros estudos, como os de Jain; Jambhulkar e Kalamdhad (2018), Kalamdhad et al. (2009) e Rodríguez et al. (2012).

No estudo realizado por Jain; Jambhulkar e Kalamdhad (2018), a porcentagem de redução de teor de sólidos voláteis, em um reator semelhante ao estudado foi de, aproximadamente, 14,9%. No trabalho em questão, o reator também foi testado em três tratamentos, mas possuía capacidade de 550 litros. Além disso, os resíduos utilizados foram biochar (biomassa carbonizada), *Hydrilla verticillata* (macrófita aquática invasora), esterco de vaca e serragem.

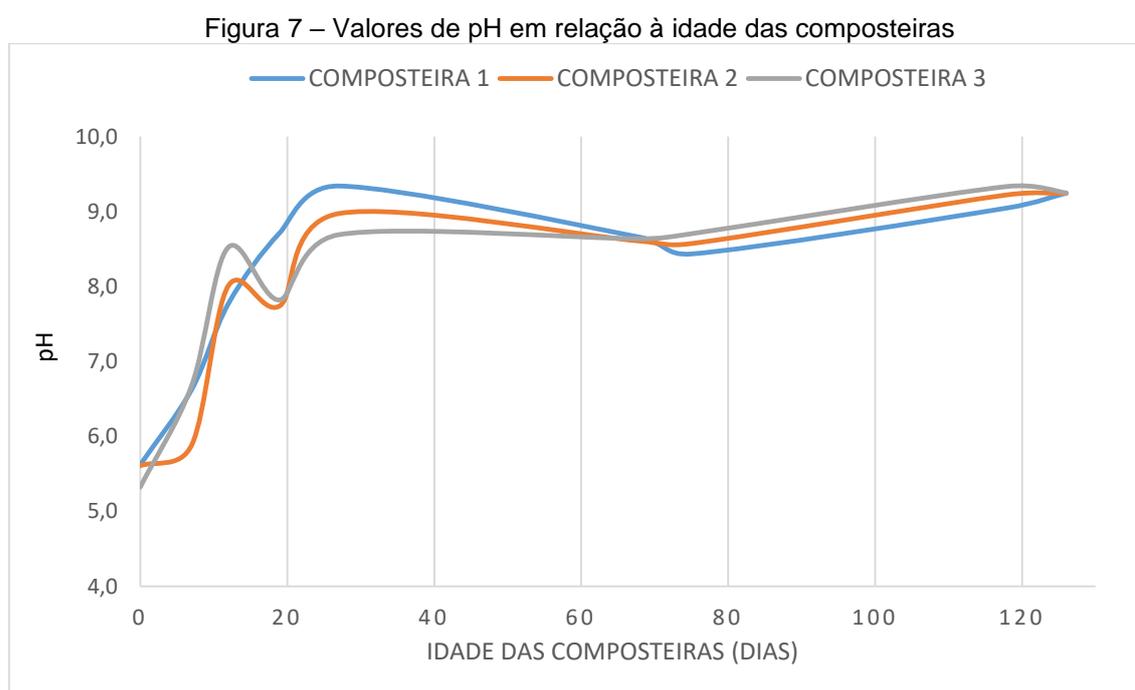
Kalamdhad et al. (2009) estudaram o processo de compostagem de resíduos de vegetais verdes crus, folhas secas de árvore, esterco de búfalo e serragem, em uma composteira de tambor rotativa com capacidade de 3500 litros, nas estações inverno, primavera e verão. Os autores obtiveram valores para perda de matéria orgânica iguais a 23%, 18% e 20%, respectivamente.

Rodríguez et al. (2012) avaliaram o desempenho do processo de compostagem de resíduos vegetais, estrume de vaca, serragem e folhas secas de árvore, em um reator de tambor rotativo com capacidade de 100 litros. Os autores realizaram oito tratamentos, com diferentes porções de cada resíduo. Ao final, obtiveram uma média de 7% de redução de teor de sólidos voláteis.

Apesar dessa redução inferior a 40%, os autores mencionados também consideraram a compostagem adequada. Jain; Jambhulkar e Kalamdhad (2018) salientam que a taxa de degradação obtida com o uso do reator de tambor rotativo resultou em um composto que pode ser utilizado para melhoramento agrônômico.

Kalamdhad et al. (2009) atribuem a eficiência do processo de degradação à rápida diminuição da relação C/N durante os primeiros 60 dias de compostagem. Já Rodríguez et al. (2012) afirmam que após 150 dias de compostagem, obtiveram um composto maturado por meio de um reator de tambor rotativo horizontal.

Outro parâmetro utilizado para acompanhar o processo de compostagem nos reatores foi o pH. De acordo com Vilhena (2010), em início de processo, para resíduo domiciliar, a faixa de pH está entre 4,5 e 5,5. Com o andamento da degradação microbiana, esses valores começam a subir, alcançando a zona alcalina. Neste trabalho, o pH iniciou na região ácida, como Vilhena (2010) pontua ser a característica do resíduo domiciliar. No decorrer do processo, o pH se elevou a uma média de 9,2 para as três composteiras (Figura 7).



Fonte: Autoria própria, 2018

Pereira Neto (2007) salienta que o pH pode variar na faixa de 4,5 a 9,5 durante todo o processo de compostagem, sendo que é recomendado que o pH do composto maturado seja superior a 7. Portanto, o valor final obtido para o pH encontra-se na faixa aceitável para o processo de compostagem.

5.2 Manejo da composteira

No decorrer do processo de compostagem, foi observado que os materiais utilizados na estruturação das composteiras, as barras de ferro para confecção das manivelas nos reatores, não se mostraram eficientes. Isso ocorreu, pois, as barras de ferro oxidaram rapidamente, desta forma, sugere-se que, em próximos experimentos,

ou as composteiras, sejam mantidas em local com cobertura ou que outro material seja utilizado na confecção.

Ainda, a manivela inserida no galão a fim de funcionar como estrutura responsável pela aeração do material não se mostrou eficiente ao movimentá-la manualmente. Ao girar a manivela, a massa presente no interior apenas era movimenta de uma extremidade à outra do galão, quando o objetivo da mesma era a de homogeneizar o material. Assim, é sugerido que, em novos trabalhos, sejam inseridas estruturas que se assemelhem a chicanas no interior do reator.

Com relação à granulometria da poda de arborização utilizada, é interessante que em um próximo estudo, a mesma seja triturada e se retire os materiais de granulometria maior que dois centímetros para, assim, aumentar a área superficial de ataque dos microrganismos (KIEHL, 1998).

Outro ponto que pode ter afetado a eficiência de degradação do processo de compostagem foi a ocorrência de intenso evento pluviométrico entre a primeira e segunda semana de compostagem. Durante esse evento meteorológico, se notou entrada de água pelas extremidades da abertura das composteiras, gerando acúmulo no interior.

Apesar dos materiais mencionados nesse estudo não terem se mostrado adequados, é importante salientar que a reutilização de materiais é prevista em lei como forma adequada de gerenciar resíduos sólidos. Também, esse trabalho contribuiu para a conservação da energia que seria consumida na produção de um protótipo a partir de matéria-prima bruta.

6 CONCLUSÃO

Com a realização desse estudo, foi possível perceber que os materiais utilizados para a confecção do protótipo não foram adequados. Assim, recomenda-se que, em estudos futuros, os materiais elencados para estruturação do protótipo não oxidem ao serem submetidos a eventos climatológicos ou a composteira seja coberta. Além disso, é interessante que sejam inseridas estruturas no reator, complementares à aeração, como chicanas.

Ao final da compostagem foi possível obter um composto maturado, de aparência e cheiro terrosos e coloração marrom escura, apesar de não ter sido possível controlar inteiramente o teor de água ao longo do processo. Portanto, em estudos futuros, é interessante que o teor de água seja controlado assim como a granulometria dos materiais no reator e também o método de aeração. Dessa forma, poderá contribuir para a melhora do processo de compostagem ao longo de todo o tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRELPE. **Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais**. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. 2016.
- ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR nº 10007. Amostragem de resíduos sólidos**. 2ª ed., 2004.
- ADHIKARI, B. K; TRÉMIER, A; BARRINGTON, S. **Performance of five Montreal West Island home composters**. Environmental Technology, 2012.
- ANDRADE, J. C; ABREU, M. F. **Análise química de resíduos sólidos para monitoramento e estudos agroambientais**. Campinas, SP: Instituto Agrônômico, 2006.
- AQUINO, A. M; OLIVEIRA, A. M. G; LOUREIRO, D. C. **Integrando compostagem e vermicompostagem na reciclagem de resíduos orgânicos domésticos**. Seropédica, RJ: Embrapa, 2005.
- ARRIGONI, J. P; PALADINO, G; LAOS, F. **Feasibility and Performance Evaluation of Different Low-Tech Composter Prototypes**. International Journal of Environmental Protection, vol. 5. 2015.
- ASHBY, M. F. **Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologia e gestão / coordenadores Maria do Carmo Calijuri. Davi Gasparini Fernandes Cunha**. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- BARRICHELO, L.E.G; BRITO, J.O. **Química da madeira**. Piracicaba: ESALQ, 125p., 1985.
- BESEN, G. R; RIBEIRO, H; GÜNTHER, W. M. R; JACOBI, P. R. **Coleta seletiva na região de São Paulo: impactos da política nacional de resíduos sólidos**. São Paulo, SP: Ambiente & Sociedade, 2014.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 02 ago. 2010.
- CARMO, D. L; SILVA, C. A. **Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2012.
- GOLDIN, A. **Reassessing the use of loss-on-ignition for estimating organic matter content in noncalcareous soils**. Commun. Soil Sci. Plant. Anal., 18:1111-1116, 1987.
- JAIN, M. S; JAMBHULKAR, R; KALAMDHAD A. S. **Biochar amendment for batch composting of nitrogen rich organic waste: Effect on degradation kinetics, composting physics and nutritional properties**. Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Guwahati, Guwahati 781039, India. Bioresource Technology, 2018.

KALAMDHAD, A. S; SINGH, Y. K; ALI, M; KHWAIRAKPAM, M; KAZMI, A. A. **Rotary drum composting of vegetable waste and tree leaves**. Bioresource Technology, 2009.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba, SP: JG Digitalização, 1998.

MEIRA, A.M. **Gestão de resíduos da arborização urbana**. Recursos Florestais: Tecnologia de Produtos Florestais. Piracicaba, 2010.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito dos consórcios públicos**. Brasília, 2010.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano nacional de resíduos sólidos**. Fevereiro, 2012.

MRI – MIDWEST RESEARCH INSTITUTE. **Economic Studies in Support of Policy Formation on Resource Recovery**. Unpublished report to the Advisory Committee on Environment, 1972.

PEIXE, M; HACK, M. B. **Compostagem como método adequado ao tratamento dos resíduos sólidos urbanos: experiência do município de Florianópolis/SC**. 2014.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2007.

RIBEIRO, D. V; MORELLI, M. R. **Resíduos sólidos: problema ou oportunidade?** Rio de Janeiro, RJ: Interciência, 2009.

RODRÍGUEZ, L; CERRILLO, M, I; GARCÍA-ALBIACH, V; VILLASEÑOR, J. **Domestic sewage sludge composting in a rotary drum reactor: Optimizing the thermophilic stage**. Journal of Environmental Management: Elsevier, 2012.

SANTOS, J. G. FERREIRA, C. E. V. RAMALHO, A. M. C. UNIPÊ, N. M. M. N. M. **A importância das cooperativas de reciclagem na gestão dos resíduos sólidos urbanos: um estudo em uma cooperativa de campina grande – pb**. XIV Semead. Outubro, 2011.

SILVA, G. V; OLIVEIRA, A. R; SILVA, T. A; SILVA, P. V. E FIDELIS. **Política nacional de resíduos sólidos e sua implementação no município de rio pomba/MG**. Rio Grande do Norte, RN: Holos, 2016.

SIQUEIRA, T. M. O; ABREU, M. J. **Fechando o ciclo dos resíduos orgânicos: compostagem inserida na vida urbana**. São Paulo, SP: Cienc. Cult., 2016.

SIQUEIRA, T. M. O; ASSAD, M. L. R. C. L. **Composting of municipal solid waste in the state of São Paulo (Brazil)**. São Paulo, SP: Ambiente & Sociedade, 2015.

TRASIX. Soluções ambientais. **Decomposer 2**. 2016.

VALE, A.T; SARMENTO, T.R; ALMEIDA, A.N. **Caracterização e uso de madeiras de galhos de árvores provenientes da arborização de Brasília, DF** – Ciência Florestal, Santa Maria, v. 15, n. 4, p. 411-420. Jun, 2005.

VALENTE, B. S; XAVIER, E. G; MORSELLI, T. B. G. A; JAHNKE, D. S; BRUM, B. S; CABRERA, B. R; MORAES, P. O; LOPES, D. C. N. **Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos**. Archivos de zootecnia, 2009.

VILHENA, A. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. São Paulo, SP: CEMPRE, 2010.

WANGEN, D. R. B; FREITAS, I. C. V. **Compostagem doméstica: alternativa de aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos**. Revista Brasileira de Agroecologia, 2010.