

Tratamento e Disposição Final de Resíduos

COMPOSTAGEM ACELERADA: ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DO COMPOSTO

Bárbara R. Heidemann

DAQBI/UTFPR/PR, IC

Edilsa R. Silva

DAQBI/UTFPR/PR, PD
edilsa@cefetpr.br

Marlene Soares

DAQBI/UTFPR/PR, PD

Valma M. Barbosa

DAQBI/UTFPR/PR, PD

RESUMO

A compostagem é um processo controlado de degradação microbiológica da matéria orgânica, presente nos resíduos sólidos dispostos por um município. Dividida em duas fases, nas quais ocorrem a degradação e a estabilização do composto, durando, aproximadamente, 120 dias. Para que a transformação da matéria orgânica em composto não consuma tanto tempo, já existem processos de compostagem acelerada. Este trabalho analisa os microrganismos patogênicos ou não, presentes no material (lodo de esgoto da Estação de Tratamento de Esgoto Belém – ETE Belém e poda vegetal triturada), a ser compostado e no já maturado, da empresa Tibagi – Sistemas Ambientais, que utiliza como método acelerado – o processo Kneer®. O método utilizado para indicar ausência e presença de patógenos foi o Colorimétrico/Enzimático, com o reagente Fluorocult LMX, para coliformes totais e termotolerantes, e a contagem em placa, com o meio Ágar Enterococos, para enterococos fecais. Para analisar a biota presente utilizou-se contagem em placa, com o meio PCA, para bactérias, e o meio PDA, para fungos.

ABSTRACT

The compostage is a controlled process of microbiological degradation of the organic, present substance in the solid residues made use by a city. It is divided in two phases, in which the degradation and the stabilization of the composition occur, lasting, approximately 120 days. So that the transformation of the organic substance in composition does not consummate as much time, already processes of sped up compostage exist. This work analyzes the microorganisms, pathogenic or not, gifts in the material (silt of sewer of the Station of Treatment of Wastewater Belém – STW Belém and trims triturated vegetable) to be compostation and in already maturation, of the Tibagi company – Ambients Systems, that uses as sped up method, the Kneer® process. The used method to indicate absence and presence of pathogens was the Enzymatic/Colorimetric, with the reagent Fluorocult LMX, for total and thermotolerants coliforms, and the counting in plate, with the media Enterococci Agar, for fecal enterococci. To analyze the microorganisms present, counting in plate was used, with the media PCA, for bacteria, and the media PDA, for fungi.

INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos urbanos são materiais como alimentos, papéis, metais, plásticos, vidros, entre outros, resultantes da atividade do homem, que não podem mais ser, diretamente, utilizados por este. Várias cidades sofrem com a má disposição desses resíduos, sendo feita, muitas vezes, em lixões a céu aberto, havendo problemas também com a falta de espaço físico para a construção de aterros sanitários e com a falta de coleta seletiva.

A partir dessa situação, observou-se a necessidade do desenvolvimento de tecnologias para a destinação adequada de resíduos, principalmente dos orgânicos, não-recicláveis. Uma das opções é a compostagem, processo que já vem sendo utilizado há muito tempo, porém não de forma controlada.

Compostagem

A compostagem é um processo microbiológico aeróbio e controlado de transformação de resíduos orgânicos em matéria estabilizada.

A matéria estabilizada se compõe de compostos orgânicos e pode ser utilizada como adubo ou fertilizante.

Para o processo de compostagem ser bem-sucedido, é necessário que sejam controlados os parâmetros físico-químicos como: temperatura, aeração, umidade, pH, relação C/N (carbono/nitrogênio), para os microrganismos encontrarem condições ideais ao seu desenvolvimento.

O controle da temperatura garante o desenvolvimento de uma população microbiótica diversificada, assim como elimina os microrganismos patogênicos. A aeração controlada garante o não-

desenvolvimento de microrganismos anaeróbios e a atividade ótima dos aeróbios. Altos teores de umidade também causam anaerobiose no meio, e baixos teores de umidade inibem a atividade microbiológica, diminuindo a taxa de estabilização. O pH deve permanecer entre 6,5 e 7,5 para atender às necessidades tanto de bactérias quanto de fungos. A relação C/N deve permanecer entre 25:1 e 35:1. Na compostagem com carbono em excesso, a atividade biológica diminui, sensivelmente, por causa da deficiência de nitrogênio, que é reciclado das células de bactérias mortas. Com o excesso de nitrogênio, por sua vez, este é eliminado na forma de amônia.

A compostagem é dividida em duas fases: fase de degradação ou bioestabilização e fase de maturação ou humificação.

Na fase de degradação predominam os microrganismos mesófilos. Conforme as reações da biodegradação da matéria orgânica vão ocorrendo, o calor é liberado, diminuindo, assim, a população de mesófilos, proliferando-se com mais intensidade os termófilos. Quando a maior parte do substrato orgânico for transformada, a temperatura diminui, e os mesófilos voltam a instalar-se.

A bioestabilização dura aproximadamente 90 (noventa) dias. Além da máxima degradação, nesta fase se objetiva a eliminação de microrganismos patogênicos pela ação da temperatura. Há grande consumo de oxigênio, necessitando, desse modo, de grande aeração.

Inicia-se, então, a fase de maturação, na qual a degradação e a eliminação de patogênicos continuam. A humificação dos materiais ocorre por meio de transformações químicas, observando-se

baixa atividade microbiológica, necessitando-se de menor aeração. A coloração se torna mais escura, sem odor inicial e com aspecto de terra molhada. A maturação tem a duração de aproximadamente 30 (trinta) dias.

A fase de maturação é de grande importância, pois o composto imaturo, quando aplicado como adubo, pode ser tóxico e levar à proliferação de microrganismos patogênicos, favorecidos pelas condições de anaerobiose.

Microrganismos

Os microrganismos, bactérias, fungos e actinomicetos são os principais responsáveis pela transformação da matéria orgânica crua em húmus pelo consumo de micro e macronutrientes. Sabe-se que somente os microrganismos são capazes de transformar biologicamente a matéria orgânica crua em húmus, tendo em vista que nenhum processo, quer laboratorial quer industrial, conseguiu produzir húmus sintético.

As bactérias presentes no material a ser compostado são importantes na fase termófila, principalmente decompondo açúcares, amidos, proteínas e outros compostos orgânicos de fácil digestão. Sua função é decompor a matéria orgânica – animal ou vegetal – aumentar a disponibilidade de nutrientes, agregar partículas ao solo e fixar o nitrogênio.

Os fungos são microrganismos filamentosos, heterotróficos, os quais se desenvolvem em baixas e altas faixas de pH. Sua função é a decomposição em alta temperatura de adubação e fixação de nitrogênio.

A Tabela 1, a seguir, demonstra as características dos principais grupos microbianos envolvidos no processo de compostagem.

Tabela 1 – Características dos principais grupos microbianos envolvidos no processo de compostagem.

Discriminação	Bactérias	Actinomicetos	Fungos
Substrato	Carboidratos, amidos, proteínas e outros compostos orgânicos de fácil decomposição	Apropriado para substratos de difícil decomposição	Apropriado para substratos de difícil decomposição
Umidade	-	-	Prefere regiões secas
Oxigênio	Menor necessidade de oxigênio	Regiões bem aeradas	Regiões bem aeradas
pH ótimo	Neutro até levemente alcalino	Neutro até levemente alcalino	Ácido a alcalino
Faixa de valores de pH	6.0 7.7	-	2.0 a 9.0
Revolvimento	Não interfere	Desfavorável	Desfavorável
Significado durante a decomposição	80 a 90% da capacidade da degradação	-	-
Temperatura	Até 75%; redução da capacidade de degradação quando essa temperatura for ultrapassada	Supõe que o limite de temperatura seja 65° C	Limite de temperatura de 60° C
Função	Decompor a matéria orgânica, animal ou vegetal, aumentar a disponibilidade de nutrientes, agregar partículas no solo e fixar o nitrogênio	Decomposição dos resíduos resistentes de animais e vegetais, formação do húmus, decomposição em alta temperatura de adubação verde, feno, composto, etc., e fixação do nitrogênio	Decomposição dos resíduos resistentes de animais e vegetais, formação do húmus, decomposição em alta temperatura de adubação verde, feno, composto, etc., e fixação do nitrogênio

Fonte: Nassu (2003)

Compostagem acelerada

Este método de compostagem esclarecido, com duração de 120 (cento e vinte) dias, é o método natural, ou seja, o resíduo orgânico junto da poda vegetal, por exemplo, é misturado e disposto em um pátio por meio de leiras, permanecendo todo o tempo ali, sendo apenas revirado para a adequada aeração.

Já o processo acelerado, como o próprio nome diz, tem uma menor duração de tempo. O composto analisado é proveniente do processo Kneer®, da empresa Tibagi Sistemas Ambientais.

O processo começa quando dois silos são carregados, um com material portador de carbono (resíduo vegetal triturado), e o outro com resíduo orgânico (lodo de esgoto) a ser degradado. Os materiais são dosados pelas roscas transportadoras, em proporções definidas por meio de um balanço de massa prévio. Após a dosagem, os materiais seguem para um misturador no qual são homogeneizados para promover maior contato entre os mesmos.

Por meio de esteiras, esse material é transportado para um reator biológico dimensionado de forma a promover

ótimas condições de aeração e isolamento térmico. A câmara de insuflação foi construída de modo a reter, em sua parte superior, o substrato, e permitir, pelas aberturas, a passagem do ar por meio da massa em compostagem. O isolamento térmico existente nas paredes laterais do reator é constituído de uma camada de espuma de poliuretano. No topo do reator existe a camada de exaustão, no qual é promovido vácuo para facilitar a aeração e a retirada dos gases provenientes da oxidação biológica. O controle da temperatura é feito por uma termorresistência inserida pela tampa do reator.

O processo é controlado por um software, que o divide em duas fases. A primeira, a de aumento da temperatura do substrato, o início do processo de compostagem, recebe aeração em um intervalo a variar de 6 (seis) a 30 (trinta) minutos, para concentrações de oxigênio nos gases de exaustão superiores a 16% e inferiores a 20%. A segunda, a de declínio de temperatura, o intervalo de aeração varia de 30 (trinta) a 60 (sessenta) minutos, para concentrações de oxigênio superiores a 18% na linha de exaustão.

O sistema de aeração é constituído por tubulações de insuflação e exaustão, válvulas, mangueiras, conjunto de fixação ao reator biológico e biofiltro. Esse biofiltro serve para impedir que os gases malcheirosos produzidos durante o processo sejam lançados diretamente na atmosfera. Nele ocorre uma série de princípios físicos, químicos e biológicos o gás em contato com o meio filtrante, promovendo retirada das substâncias gasosas provenientes da oxidação biológica que ocorre no interior do reator. Possui as mesmas características construtivas do reator, porém é carregado com composto maturado.

Os reatores possuem, em sua parte inferior, uma linha de drenagem do

chorume produzido, o que permite sua retirada por gravidade, armazenagem e posterior reciclo.

Ao final do processo, o reator é descarregado pela abertura da porta frontal, em sua base é instalado um pistão hidráulico que promove inclinação necessária para o descarregamento do material no pátio de cura.

O material fica 14 (quatorze) dias no reator e mais 14 dias no pátio.

Lodo de esgoto

O lodo de esgoto é o resíduo gerado no tratamento das águas residuárias urbanas (esgoto). Essas são tratadas com a finalidade de reduzir sua carga poluidora para garantir seu retorno ao ambiente sem causar degradação ambiental.

OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho foi verificar a eficiência do Sistema Kneer® de compostagem acelerada, alimentando o reator com a mistura de poda vegetal e lodo proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto Belém (ETE Belém), na proporção de 3:1 (três

partes de poda para uma parte de lodo), no que diz respeito à eliminação de microrganismos patogênicos.

METODOLOGIA

Após o reator ser alimentado, amostras foram retiradas nos dias 0, 3, 7, 11, 14, 28 e 32, do tempo em que o material permaneceu no reator e no pátio de compostagem. Essas amostras foram retiradas conforme a NBR n. 10.007, e transportadas para o laboratório do CEFET-PR em uma caixa de isopor com gelo.

Para a análise de microrganismos (coliformes totais, termotolerantes, enterococos fecais, bactérias heterotróficas e fungos e leveduras), foram realizadas diluições de 30 (trinta) gramas da amostra, de 10^{-1} a 10^{-6} , em solução salina 0,9%.

A presença ou ausência de coliformes totais e termotolerantes realizada pelo Método Colorimétrico/Enzimático, adicionando o reagente Fluorocult LMX a 100 mL da diluição 10^{-6} . Verificou-se mudança de cor para coliformes totais e fluorescência para termotolerantes.

Inoculou-se 1 mL da diluição 10^{-6} em Ágar Enterococos para determinar a presença e quantidade de enterococos fecais; 0,1 mL da mesma diluição em PCA, para indicar a quantidade de bactérias heterotróficas e 0,1 mL da mesma diluição em PDA, para determinar a quantidade de fungos e leveduras. Estas três determinações foram feitas pela técnica do espalhamento em placas de Petri.

Todos os experimentos foram realizados em triplicata e analisadas duas bateladas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises microbiológicas estão expressos nas tabelas abaixo:

Os resultados encontrados para coliformes totais e termotolerantes demonstram que a compostagem ocorreu de maneira esperada. Pode-se considerar o mesmo para os Enterococos Fecais. A análise de bactérias, fungos e leveduras foi realizada para confirmar a presença dos mesmos no material antes de ser degradado e, posteriormente, como composto.

Tabela 2. Resultados das análises da batelada 1

BATELADA 1					
DIAS	Coliformes Totais	Termotolerantes	Enterococos Fecais (UFC/mL)	Bactérias (UFC/mL)	Fungos (UFC/mL)
0	Positivo	Positivo	$1,5 \times 10^6$	$1,65 \times 10^8$	$1,2 \times 10^8$
3	Positivo	Positivo	-	2×10^7	4×10^7
7	Positivo	Positivo	3×10^7	$1,3 \times 10^8$	$2,5 \times 10^8$
11	Negativo	Negativo	4×10^7	$2,4 \times 10^8$	1×10^7
14	Negativo	Negativo	-	6×10^7	2×10^7
28	Negativo	Negativo	-	5×10^7	1×10^7
32	Negativo	Negativo	-	6×10^7	$1,5 \times 10^7$

Tabela 3. Resultados das análises da batelada 2

BATELADA 2					
DIAS	Coliformes Totais	Termotolerantes	Enterococos Fecais (UFC/mL)	Bactérias (UFC/mL)	Fungos (UFC/mL)
0	Positivo	Positivo	1×10^7	1×10^8	1×10^7
3	Positivo	Positivo	2×10^7	2×10^8	2×10^7
7	Positivo	Positivo	-	1×10^8	2×10^8
11	Positivo	Positivo	-	$1,5 \times 10^8$	$1,5 \times 10^7$
BATELADA 2					
DIAS	Coliformes Totais	Termotolerantes	Enterococos Fecais (UFC/mL)	Bactérias (UFC/mL)	Fungos (UFC/mL)
14	Negativo	Negativo	-	5×10^7	$1,45 \times 10^7$
28	Negativo	Negativo	-	5×10^7	2×10^7
32	Negativo	Negativo	-	$2,5 \times 10^7$	$1,6 \times 10^7$

CONCLUSÃO

A compostagem é uma alternativa apropriada de disposição final de resíduos sólidos orgânicos. Para que o composto formado seja de boa qualidade ou para haver melhores condições do processo de compostagem, a coleta seletiva adequada dos resíduos sólidos urbanos, separando os recicláveis dos orgânicos, faz-se necessária.

A principal apreensão, no que diz respeito a microrganismos no composto, é a eliminação dos patogênicos. Essa pode se feita com um ótimo controle de fatores físico-químicos, durante o processo de compostagem.

As análises da quantidade de bactérias, fungos e leveduras confirmaram a biota existente no material, tanto em fase termófila quanto na fase mesófila.

A compostagem acelerada se mostrou um excelente método de transformação de matéria orgânica em adubo orgânico, desde que realizada de forma controlada.

BIBLIOGRAFIA

- ANDREOLI, C.; PEGORINI, E. **Gestão pública do uso agrícola de lodo de esgoto**;
- BIDONE, F. R. A.; PAVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos, EESC – USP, 1999.
- Curso de Especialização em Engenharia Ambiental, Microbiologia do Processo de Compostagem, 2003.
- FERNANDES, F.; ANDREOLI, C. **Manual prático para a compostagem de biossólidos**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). Programa de Saneamento Básico, 1999.
- KIEHL, E. J. **Manual de compostagem**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1998.
- . O processo de compostagem do lixo urbano. In: I SIMPÓSIO ESTADUAL DE LIXO URBANO, 1986, Curitiba. **Anais ...** Curitiba: 1986.
- NASSU, K. Compostagem: uma proposta alternativa para o aproveitamento da matéria orgânica dos resíduos sólidos urbanos.
- PEREIRA NETO, J. T. **Quanto vale o nosso lixo**. Minas Gerais: Ed. Gráfica Orion, 1999.
9. TIBAGI, SISTEMAS AMBIENTAIS **Sistema Kneer® de compostagem acelerada**. Curitiba, 2000;