



232 - AVALIAÇÃO DO HÚMUS DE MINHOCA COMO INOCULANTE NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS

Anderson Almeida Silva⁽¹⁾

Graduando em Tecnologia em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Araçuaí.

Fabrizia Santos Batista⁽²⁾

Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Araçuaí.

Palloma de Souza Assis⁽³⁾

Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Araçuaí.

Carlos Augusto Pereira da Silva⁽⁴⁾

Engenheiro Ambiental pela Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas Santo Agostinho. Docente do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Araçuaí.

Patrícia Conceição Medeiros⁽⁵⁾

Engenheira Ambiental pela Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas Santo Agostinho. Mestre em Biotecnologia pela Universidade Estadual de Montes Claros. Docente do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Januária.

Endereço⁽¹⁾: Rua dos Jequitibás, 222 – São Francisco - Araçuaí - MG - CEP: 39600-00 - Brasil - Tel: (33) 98898-7849 - e-mail: anderson.ambient4l@gmail.com

RESUMO

A crescente produção de resíduos sólidos urbanos que proporcionalmente demandam áreas para uma destinação final tecnicamente adequada, contribui para a pesquisa por novas alternativas de tratamento de resíduos. Neste sentido, o presente estudo teve por objetivo avaliar duas diferentes formas de realizar o tratamento de resíduos sólidos orgânicos do meio urbano por meio da compostagem, com a utilização de resíduos de uma padaria, de um restaurante, da feira livre, e de palhas e podas de capim para a produção do composto orgânico, mediante a utilização de reatores aeróbios adaptados em tambores com capacidade volumétrica de 100 litros. O método foi dividido em dois tratamentos, com três repetições cada, utilizando-se tambores de cor azul identificado como grupo experimental, no qual foi adicionado húmus de minhoca como material inoculante, e tambores identificados pela cor verde como grupo controle, que consistiu no parâmetro do experimento. As características físicas dos dois tratamentos apresentaram grande diferença em relação ao volume final de cada tambor. Analisando visualmente o teste prático de germinação com *sorghum vulgare* (sorgo forrageiro), foram observados resultados satisfatórios do teste com o adubo orgânico com o qual foi o primeiro a germinar, inferindo-se que o composto produzido possuía um bom grau de maturação.

PALAVRAS-CHAVE: Compostagem; resíduos orgânicos; húmus.

INTRODUÇÃO

O interesse e percepção da necessidade da preservação do meio ambiente têm ganhado notoriedade devido ao avanço da utilização excessiva dos recursos naturais, bem como a sua degradação pelas atividades antrópicas. Um dos grandes problemas oriundos do desenvolvimento populacional, marcado pelo consumismo do sistema capitalista, é à disposição de resíduos sólidos em áreas inadequadas, ocasionando a degradação do solo. (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Desde as primeiras civilizações, os resíduos já compõem um aspecto de grande geração de problemas (MORAES, 2012). Devido às necessidades básicas humanas de se vestir, alimentar-se e de ter moradia, as sobras dos materiais utilizados e o descarte impróprio ocasionou apenas o início de um problema ambiental.

Todo o resíduo sólido, considerando os princípios do desenvolvimento sustentável, gerado em atividades antrópicas, deve ser analisado em relação ao seu potencial uso como insumo, passível de utilização na indústria, agropecuária, infraestrutura urbana etc., e não como um simples resíduo a ser descartado ou ser encaminhado para a disposição final (MATOS, 2014).



Dados de 2017 da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, mostram que a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil foi de 78,4 milhões de toneladas. Em relação à disposição final dos resíduos sólidos urbanos coletados, 59,1% são destinados em aterros sanitários, e 40,9% são despejados em locais inadequados (ABRELPE, 2017).

Os resíduos sólidos provenientes das primeiras atividades humanas eram predominantemente compostos por restos de origem animal e vegetal. A problemática da geração de resíduos se intensificou, acompanhando a evolução dos índices populacionais e suas necessidades (SANTOS, 2007). No cenário atual, a disposição dos resíduos sólidos em aterros sanitários, poderia ser significativamente reduzida, se houvesse a correta destinação.

Para a destinação correta dos resíduos sólidos orgânicos destaca-se o processo de compostagem, que consiste no processo de tratamento mais antigo que o homem tem conhecimento, cujo objetivo é transformar a matéria orgânica em húmus (adubo orgânico) para posterior uso agrícola, além de contribuir com a proteção ambiental, com a saúde pública, e também com a questão social (PEREIRA NETO, 2007). O tratamento dos resíduos orgânicos evita sua disposição inadequada, à atração de vetores transmissores de doenças, a geração de chorume e a contaminação do lençol freático (MASSUKADO, 2008).

A compostagem dispõe de técnicas que consistem no tratamento de resíduos orgânicos, a partir da atividade microbiana, que ao final do processo, resulta em um composto orgânico, também conhecido como húmus, utilizado para adubação do solo (HERBERTS *et al.*, 2005).

Segundo Santos *et al.* (2014), a compostagem contribui para a valorização dos resíduos como matéria-prima, sendo do ponto de vista agrônomo, um processo de grande relevância, pois uma quantidade considerável de nutrientes está retornando para o solo na forma mineral e orgânica, proporcionando melhorias químicas, físicas e biológicas.

Em 2017, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), promulgou a Resolução nº 481/2017, que estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos. Definindo compostagem como “processo de decomposição biológica controlada dos resíduos orgânicos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições aeróbias e termofílicas, resultando em material estabilizado”. E composto orgânico como “produto estabilizado, oriundo do processo de compostagem, podendo ser caracterizado como fertilizante orgânico, condicionador de solo e outros produtos de uso agrícola”.

Uma das preocupações que permeiam o processo de compostagem é a contaminação do composto produzido com resíduos urbanos em decorrência da contaminação por microrganismos patogênicos e pela presença de metais pesados, assim, a separação dos materiais por meio da triagem, pode minimizar/mitigar tais problemas e o produto final pode ser de uso irrestrito e com boas qualidades para melhorar as características químicas e físicas do solo (SANTOS *et al.*, 2014).

Os parâmetros específicos quanto ao método de compostagem para garantir a qualidade ambiental, ressaltam a importância de evitar a geração de odores fortes, a proliferação de moscas e outros vetores e a excessiva produção de chorume. Dentre outras variáveis analisadas, estão o tipo e quantidade de resíduos a ser tratada, área disponível, mão de obra, proximidade de residências e capital necessário para implantação e manejo do processo (INÁCIO; MILLER, 2009).

Diante deste contexto, o presente trabalho objetivou avaliar a dinâmica em termos de quantidade e qualidade da produção de composto, dos resíduos orgânicos coletados de uma padaria, um restaurante e na feira livre do mercado municipal de Araçuaí/MG, e verificar a quantidade da produção de húmus destes resíduos utilizando minhocas como inoculante.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados para o desenvolvimento da pesquisa foram coletados em uma padaria, em um restaurante e na feira livre do mercado municipal, localizados no centro de Araçuaí/MG, cuja quantidade de resíduos orgânicos gerados é significativa.

O reator aeróbio foi o método de tratamento empregado para a decomposição dos materiais orgânicos, mostrando-se viável por ser de simples operação, possuir controle de odores satisfatório, e baixo custo de implantação (INÁCIO; MILLER, 2009). O experimento foi instalado no campus Araucaí do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, nos dias quatro e onze de julho de 2015 e, monitorado durante 40 dias consecutivos.

Processo de compostagem

Para a montagem do processo, utilizou-se os resíduos orgânicos coletados (Figura 1), poda de grama (material estruturante) e húmus de minhoca (material inoculante).



Figura 1: Resíduos utilizados na montagem dos reatores: verduras, frutas, legumes, hortaliças e restos de comida, poda de grama e cascas de ovos

A transformação biológica do resíduo orgânico em húmus ocorreu por meio de compostagem em reatores aeróbios, dimensionados em tambores de plástico com capacidade volumétrica para 100 litros. A distribuição dos materiais seguiu a proporção de 30% de resíduos orgânicos e 70% de material estruturante. Foram utilizados dois tipos de tratamento, cada um com três repetições, ambos, contendo resíduos orgânicos e poda de grama. Analisou-se também, os resultados dos dois métodos para tratar os resíduos mediante adição do húmus de minhoca como material inoculante no tratamento dois (cor azul - grupo experimental), para ser comparado ao tratamento um (cor verde - grupo controle) (Figura 2).



Figura 2: Disposição dos tambores utilizados no experimento da compostagem orgânica

O preenchimento dos reatores aeróbios intercalou camadas com restos de alimentos e regas de água. Para o tratamento 2, foram acrescentados às composteiras húmus de minhoca, e todas as sobreposições foram efetuadas atingindo o limite dos tambores. Os tambores utilizados no experimento da compostagem de sistema fechado foram perfurados nas laterais, para possibilitar o monitoramento da temperatura, e no fundo, para coleta do chorume. Para a coleta do chorume, os tambores foram colocados em cima de covas revestida com lona, para não ter contato com o solo.

A temperatura dos reatores foi monitorada com um termômetro digital, medida diariamente durante um mês, e após a estabilização do processo, a medição passou a ser semanal. As leituras de temperatura foram realizadas em cada um dos reatores em dois pontos: base e centro. O monitoramento possibilitou verificar o progresso da atividade microbiana definida pelos níveis de temperatura atingidos, fator indicador de coerência no processo de compostagem.

Avaliação do processo de compostagem

A característica visual de homogeneidade e odor agradável de terra indicou a fase final do processo de compostagem. Ao final do processo, verificou-se primeiramente, o rendimento final de húmus em cada reator, comparando à quantidade inicial de resíduos utilizada e a realização do teste de germinação.

O teste de germinação foi aplicado ao processo como um parâmetro utilizado para analisar o ponto de maturação do composto orgânico. Através deste teste, pode-se identificar se há substâncias tóxicas no composto (fitotoxicidade), que podem interferir na germinação e desenvolvimento das plantas (BELO, 2011). Em análise, os baixos índices de germinação podem indicar se há elementos inorgânicos e metais presentes no composto (SILVA, F; BOAS, R. 2007).

Foram utilizadas sementes da espécie *sorghum vulgare* (sorgo forrageiro), por apresentar rápida germinação e desenvolvimento. O teste correspondeu à semeadura de 0,12 kg, em cada substrato utilizado para avaliação, sendo eles: 1) Terra vermelha comum; 2) Adubo orgânico e 3) Terra comum contendo calcário e esterco bovino (Figura 3). As bandejas com o experimento, foram instaladas em uma área coberta por sombrite, para evitar o excesso de luz.



Figura 3: Disposição dos substratos no teste de germinação: 1) Terra vermelha comum; 2) Adubo orgânico e 3) Terra comum contendo calcário e esterco bovino

Em avaliações mais específicas, o composto final foi submetido a análises químicas, segundo os métodos oficiais quanto à concentração de matéria orgânica, relação C/N, nitrogênio, enxofre, cálcio, magnésio, fósforo presentes no composto, além dos minerais totais solúveis e insolúveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Rendimento do composto e Temperatura

Observou-se uma redução no volume do material dos tambores com o decorrer do tempo, resultante da degradação do resíduo (Tabela 1). Pelas características físicas dos dois tratamentos, verificou-se significativa diferença em relação ao volume final dos tambores. Os materiais dispostos nos tambores verdes, dispo de grande quantidade de resíduos na fase de montagem, tiveram seu preenchimento com cerca de 30 a 40% de cada tambor. Comparando-os com os materiais dos tambores azuis, que foram montados inicialmente com menor quantidade de resíduos, ocupavam entre 60 a 70% da capacidade total.

Os resultados obtidos na fase final do processo de compostagem, não corroboraram com as especulações quanto ao volume final dos materiais. O primeiro tratamento montado nos tambores verdes apresentou visualmente maior eficiência no processo de degradação, em virtude do volume final de composto encontrado, no entanto, neste tratamento este composto não se apresentava completamente maturado (composto humificado). Percebeu-se que havia material em situação putrescível, úmido e com forte odor, que indicam ineficiência no processo de degradação. O tratamento dois (azul), ao final do processo, continha materiais também em situação putrescíveis, entretanto, os resíduos estavam mais secos e com odor característico de terra.

As características físicas degradadas encontradas no primeiro tratamento induzem às possíveis questões que podem ter influenciado no resultado final do mesmo: 1) em decorrência da quantidade de materiais utilizados, a aeração dos reatores deveria ser maior e, 2) o período de monitoramento do processo foi insuficiente para a degradação ideal de uma grande carga de resíduos.

TABELA 1: Quantidade média dos resíduos utilizados no processo de compostagem e a produção de húmus e chorume

TRATAMENTO						
Resíduos	SEM INÓCULO			COM INÓCULO		
	Quantidade (kg)	%		Quantidade (kg)	%	
Padaria	3,60	15,67		Padaria	1,60	10,13
Restaurante	10,10	43,98		Restaurante	3,17	20,04
Feira	7,37	32,08		Feira	7,13	45,15
Palha	1,90	8,27		Palha	1,90	12,03
Inóculo	0,00	0,00		Inóculo	2,00	12,66
Total	22,97	100		Total	15,80	100
Húmus	-	-		Húmus (kg)	2,98	19
Chorume	4,23	33,3		Chorume	3,26	33,3

O fator tempo, necessário para completa degradação dos resíduos orgânicos, está diretamente ligado aos níveis de temperatura atingida na compostagem. A temperatura foi um dos principais parâmetros de controle dos experimentos, pois a presença de calor é a primeira indicação de que o processo de compostagem está se desenvolvendo adequadamente (KIEHL, 1998).

A temperatura é um forte indicador da eficiência e do controle do processo de compostagem (PIGATIN, 2011). Para Heck *et al.* (2012), o processo de compostagem por meio do tratamento termofílico, visa a eliminação de patógenos que podem estar presentes na fase inicial, quando o material foi submetido a tratamento. O monitoramento constante e cauteloso durante o processo de compostagem, e a estocagem do produto final, é fundamental para garantir a qualidade do composto.

Assim, nesse experimento a fase termofílica ocorreu nos primeiros cinco dias para ambos os tratamentos, período que resultou nas maiores temperaturas médias (48,27° C e 44,10° C) para os tratamentos sem inóculo e

com inóculo. Nesta fase, o tambor dois do tratamento sem inóculo apresentou temperaturas superiores a 50°C. O tratamento com inóculo foi montado com menor quantidade de resíduos orgânicos em relação ao primeiro tratamento. Essa característica pode ter contribuído na aeração do material e, por conseguinte no controle da temperatura, fato que pode ser confirmado pela variação da temperatura, inferiores se comparadas ao tratamento sem inóculo.

Depois que o processo atingir a fase termofílica (em torno de 45°C), o ideal é que a temperatura seja controlada entre 45 e 65 °C. Esta faixa é considerada ótima para a intensificação da atividade microbológica (FIGUEIRA JÚNIOR, 2012).

O tratamento com inóculo foi montado com menor quantidade de resíduos orgânicos em relação ao primeiro tratamento. Essa característica pode ter contribuído na aeração do material e, por conseguinte no controle da temperatura, fato que pode ser confirmado pela variação da temperatura, inferiores se comparadas ao tratamento sem inóculo.

Em todos os reatores, houve rápida elevação da temperatura nos primeiros dias, indicando que o processo de compostagem estava se desenvolvendo adequadamente, alcançando temperaturas em média de 45°C. O que apresentou resultados em conformidade com a Resolução CONAMA nº 481/2017, que versa que durante o processo de compostagem seja garantido o período termofílico mínimo para redução de agentes patogênicos. Sendo que em sistemas de compostagem aberto não ultrapasse os 65°C nos primeiros três dias e os 55°C nos primeiros 14 dias.

Na Figura 4, é possível observar uma queda rápida na temperatura a partir do nono dia de experimento, com valores mais estáveis no tratamento com inóculo, próximo a 30°C. Isto pode indicar uma aceleração na decomposição do material em função do inóculo.

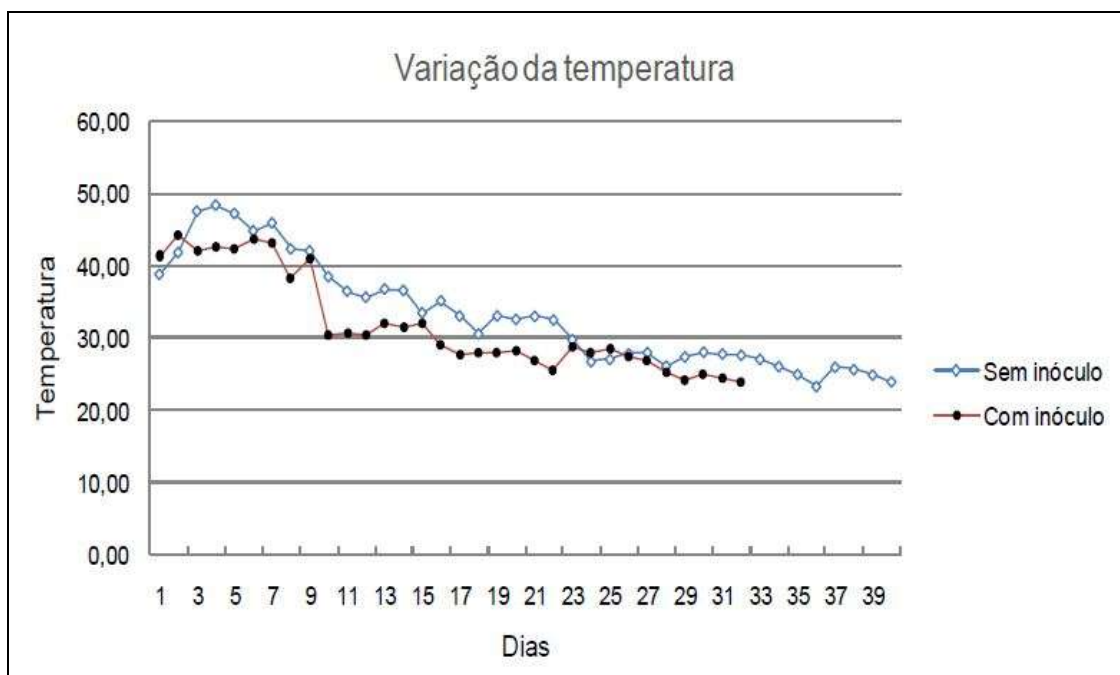


Figura 4: Monitoramento da temperatura média dos reatores no período de 40 dias

O teste prático de germinação (parâmetro de avaliação visual) apresentou resultados satisfatórios. O teste sugeriu que, não há presença de substâncias tóxicas no composto pois, Silva; Villas Boas (2007) afirmam que, o índice de germinação é diretamente influenciado pelo grau de maturação do substrato e pela presença de fitotoxinas.

Dois dias após a semeadura do sorgo forrageiro, o adubo orgânico foi o primeiro a germinar, e posteriormente os demais substratos também germinaram (Figura 5). No decorrer do período de desenvolvimento, os substratos um e três apresentaram crescimento equiparados, e o substrato dois, apresentou pequena vantagem em relação aos demais.



Figura 5: Início da germinação

Após o crescimento das plântulas, foi cortado o fornecimento de água por dois dias, e o composto orgânico apresentou eficiente capacidade de retenção de água (Figura 6).



Figura 6: Maior crescimento no substrato 2, mostrando maior capacidade de retenção de água pelo composto orgânico.

Chorume

O método de tratamento de resíduos em sistema fechado, propiciou a retenção e a coleta do líquido produzido no processo de decomposição. Quando se analisa a Tabela 2, verifica-se que o tratamento 1 gerou grande quantidade de chorume. Este fato é explicado porque o tratamento 1 foi realizado com maior quantidade de resíduos orgânicos, sendo, 68,9 kg de material a compostar para 12,7 l de chorume gerado, enquanto o tratamento dois, continha 47,4 kg de material a compostar para 9,8 l de chorume gerado.



TABELA 2: Quantidade de chorume gerado em litros em relação à quantidade inicial de resíduos

	TRATAMENTO								
	SEM INÓCULO				COM INÓCULO				
	1	2	3	Total	1	2	3	Total	
Peso inicial	25,4 kg	17,6 kg	25,9 kg	68,9 kg	Peso inicial	15,1 kg	16,2 kg	16,1 kg	47,4 kg
Peso final	3,15 kg	2,75 kg	3,40 kg	9,30 kg	Peso final	6,4 kg	5,45 kg	5,68 kg	17,56 kg
Húmus	-	-	-	-	Húmus	2,95 kg	2,70 kg	3,30 kg	8,95 kg
Chorume	4l	2,70l	6l	12,7l	Chorume	2,80l	3,30l	3,70l	9,8l

O chorume coletado, por ser proveniente apenas de materiais orgânicos, sem contato com outros elementos químicos, é base de estudos para aplicação na agricultura. Conforme estudos desenvolvidos pela Embrapa, o chorume orgânico já está sendo caracterizado como um produto de adubação do solo. O líquido, diluído em água, pode aumentar a produtividade em até 20% e pode ser aplicado em grandes áreas agrícolas, pelo sistema de irrigação (EMBRAPA, 2015). Entretanto, é recomendado que anterior a utilização do chorume, o mesmo seja submetido a análises químicas.

Análises físico-químicas do composto

O composto final nesse estudo foi submetido a análises químicas (Tabela 3). Para Inácio; Miller (2009), os nutrientes carbono e nitrogênio, são os mais importantes para a ação microbiana. O carbono atende aos microorganismos como fonte de energia e o nitrogênio para síntese de proteína.

TABELA 3: Análise química do material antes e após a degradação aeróbica

Degradação	M.O (%)	Res. Min. Total (%)	Rel. C/N (%)	Res. Min. Sol. (%)	Res. Min. Sol. (%)	C.Org (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	N (%)	P (%)
Antes	55,74	51,10	23:1	39,10	12,00	36,40	9,31	3,93	3,12	1,59	0,065
Depois	49,13	48,57	20:1	31,80	16,77	7,92	8,78	3,88	2,88	1,66	0,058

A relação carbono/nitrogênio (C/N) do material *in natura* antes da compostagem pode ser considerada boa, pois segundo Inácio; Miller (2009) valores entre 30 e 40 acelera o processo de decomposição reduzindo o tempo de residência do resíduo, com isso, otimiza o espaço desocupando as áreas destinadas às leiras e aumenta a quantidade de húmus produzido. O processo de estabilização da matéria orgânica pela degradação aeróbica reduziu em 13% a relação C/N do material.

Em termos práticos, essa redução em função da degradação da fibra pelos microorganismos pode ser visualizada pelo rebaixamento da leira ou no caso deste estudo, pela diminuição do volume do material nos tambores. A redução no volume da leira é consequência do consumo de carbono como fonte energética para atividade biológica e as perdas de sólidos voláteis e gás carbônico. Silva *et al.* (2008), trabalhando com a compostagem conjugada de lodo de tanque séptico e resíduos sólidos vegetais, observou comportamento semelhante devido a baixa relação C/N do material no início da degradação.

A maior solubilidade de resíduo mineral com a compostagem aumenta o valor biológico do composto, tornando assim, os minerais mais disponíveis para a absorção pelo sistema radicular das plantas. Esta característica também é importante, do ponto de vista ambiental, pois reduz a exposição de elementos que têm potencial para poluição de mananciais hídricos, como o fósforo, ocasionado pelo processo de eutrofização.

Essa estabilização pode ser interpretada como processo de descontaminação ou redução do potencial poluente de um determinado resíduo, a exemplo da matéria orgânica, a qual sofreu redução, também pelas prováveis perdas de CO₂ e CH₄ (BUDZIAK; MAIA; MANGRICH *et al.*, 2004).

Destaca-se nos resultados o alto percentual de cálcio das análises, decorrente de uma quantidade significativa de cascas de ovos provenientes do resíduo de padaria. De modo geral, o método da compostagem mostrou-se eficiente na estabilização da matéria orgânica e redução da carga poluente do resíduo orgânico.

CONCLUSÃO

A nova legislação brasileira sobre saneamento básico e a Política Nacional de Resíduos Sólidos, coloca um imenso desafio para os municípios, em relação à implantação de programas de compostagem e coleta seletiva. Por outro lado, esforços vêm sendo desenvolvidos e a compostagem mostra-se uma técnica eficiente no tratamento de resíduos sólidos orgânicos, uma vez que transforma um passivo ambiental em um composto dotado de valor econômico e útil na fertilização do solo.

Para esse experimento, algumas características puderam ser observadas ao final da compostagem em todos os tratamentos, como: redução do volume, mudança no odor e umidade reduzida. Os dois experimentos apresentaram resultados satisfatórios quanto à redução do volume inicial dos resíduos orgânicos. Porém os resultados obtidos indicaram que no tratamento 1, a degradação da matéria orgânica não foi totalmente eficiente, apresentando odor desagradável e compactação dos resíduos orgânicos, não sendo, portanto, o material final desejado.

Através da aplicação do processo de compostagem em restos de alimentos, foi obtido um produto orgânico estável, que pode ser utilizado na adubação do solo. Para que esse processo ocorra corretamente são necessários vários cuidados, assim evitando alguns fatores indesejáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. 2017. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2017.pdf>>. Acesso em: 16 julho de 2019.
2. BELO, S. R. S. **Avaliação de fitotoxicidade através de *Lepidium sativum* no âmbito de processos de compostagem**. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente). Departamento de Engenharia Mecânica Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10316/20257>> Acesso em: 01 de maio de 2019.
3. BUDZIAK, C. R.; MAIA, C. M. B. F.; MANGRICH, S. A. Transformações químicas da matéria orgânica durante a compostagem de resíduos da indústria madeireira. **Quim. Nova**, v. 27, n. 3, p. 399-403, 2004.
4. CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 418, de 03 de outubro de 2017**. Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=728>>. Acesso em: 16 de julho de 2019.
5. HERBERTS, R. A.; COELHO C. R. A.; MILETTI, L. C.; MENDONÇA M. M. Compostagem de resíduos sólidos orgânicos: aspectos biotecnológicos. **Revista Saúde e Ambiente**, v. 6, p. 41-50, 2005.
6. HECK, Karina; MARCO, Évilin G. de; HAHN, Ana B. B.; KLUGE, Mariana; SPILKI, Fernando R.; SAND Sueli T. Van Der. 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.
7. INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156 p.
8. KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem**. Piracicaba: Rural, 1998. 171 p.
9. MASSUKADO, L. M. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares**. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2008. Disponível em: <[10.11606/T.18.2008.tde-18112008-084858](https://doi.org/10.11606/T.18.2008.tde-18112008-084858)> Acesso em: 20 de ago. 2015.
10. MATOS, A. T. **Tratamento e Aproveitamento Agrícola de Resíduos Sólidos**. Viçosa (MG): Editora UFV, 2014.
11. OLIVEIRA, J. A. M. de; MEDEIROS, P. C.; OLIVEIRA, C. M. M. de; SANTOS, A. F. S; RIBEIRO, D. P. Níveis de contaminação por metais pesados na área de disposição de resíduos sólidos no município de



- Januária-MG. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**. Florianópolis, v. 8, n. 1, p.629-640, jan./mar. 2019.
12. PEREIRA NETO, J; T. **Gerenciamento do lixo urbano: aspectos técnicos e operacionais**. Viçosa, Ed. UFV, 2007. 129p.
 13. SANTOS, Joana Luísa Dias dos. **Caracterização físico-química e biológica em diferentes laboratórios de produtos obtidos a partir da compostagem de resíduos orgânicos biodegradáveis**. Tese. Faculdade de Ciências Universidade do Porto. 2007.
 14. SANTOS, Amanda Thirza Lima; HENRIQUE, Nirvani Schroeder; SHHLINDWEIN, Jairo André; FERREIRA, Elvino; STACHIW, Rosalvo. Aproveitamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos para produção de composto orgânico. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**. v. 3, n. 1, p. 15-28, 2014.
 15. SILVA, F. A. M; VILLAS BOAS, R. L. Parâmetros de maturação para diferentes compostos orgânicos. **Revista Bras. de Agroecologia**. Botucatu, vol. 4, n. 1, p. 67-78, 2009.
 16. SILVA, et al. Compostagem aeróbia conjugada de lodo de tanque séptico e resíduos sólidos vegetais. **Revista de Engenharia sanitária e Ambiental**. vol. 13, n. 4, p. 371-379, 2008.