

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS NA COMPOSTAGEM DO LODO DE ESGOTO COM TRÊS TIPOS DE MATERIAIS ESTRUTURANTES

Caio Vilela Cruz<sup>1</sup> (caiovilelac@hotmail.com), Caroline de Moura D'Andréa Mateus<sup>1</sup> (caroline@fca.unesp.br), Roberto Lyra Villas Bôas<sup>1</sup> (rlvboas@fca.unesp.br), Mônica Moreno Gabira<sup>1</sup> (monica.gabira@gmail.com), Dirceu Maximino Fernandes<sup>1</sup> (dmfernandes@fca.unesp.br), Magali Ribeiro da Silva<sup>1</sup> (magaliribeiro@fca.unesp.br)  
1 FCA/UNESP – Faculdade de Ciências Agrônômicas

### RESUMO

A compostagem pode viabilizar o uso do lodo de esgoto na agricultura, habilitando-o para ser utilizado como Fertilizante Orgânico Composto Classe D (IN nº 25/2009), pois na fase termofílica, as temperaturas alcançadas na massa de composto podem reduzir e eliminar patógenos. Objetivou-se com este trabalho estudar as características químicas e físicas na compostagem do lodo de esgoto em mistura com três tipos de materiais estruturantes. Foram utilizados como materiais estruturantes o bagaço de cana-de-açúcar, a casca de arroz e a casca de eucalipto, na proporção volumétrica 3:1 (três partes de carbono e uma parte de lodo), totalizando três tratamentos e quatro repetições em delineamento experimental inteiramente casualizado. Ao final do processo de compostagem, a temperatura foi eficaz para redução da atividade de vetores (moscas e mosquitos de forma geral) em todos os tratamentos, mas apenas nos tratamentos com bagaço de cana-de-açúcar e casca de eucalipto a faixa de temperatura foi adequada para proporcionar redução adicional de patógenos. O bagaço de cana-de-açúcar e a casca de eucalipto apresentaram características físicas adequadas ao processo de compostagem.

**Palavras-chave:** Biossólido, Composto orgânico, Adubação orgânica.

## PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS IN BIOSOLIDS COMPOSTING WITH THREE TYPES OF STRUCTURING MATERIALS

### ABSTRACT

The agricultural use of biosolids can be possible through composting that convert the sewage sludge in a Class D Organic Compost Fertilizer (IN nº 25/2009), because in the thermophilic phase, the temperatures reached in the compound mass can reduce and eliminate pathogens. The objective of this work was to study the physical and chemical characteristics in biosolids composting with three types of structuring materials. Sugarcane bagasse, rice husk and eucalyptus bark were used as structuring materials in the proportion 3:1 (three parts of carbon and one part of biosolids), totalizing three treatments and four replications in a completely randomized experimental design. At the end of the composting process, the temperature was effective to reduce vector activity (flies) in all treatments, but only in the treatments with sugarcane bagasse and eucalyptus bark the temperature range was adequate to provide additional reduction of pathogens. Sugarcane bagasse and eucalyptus bark presented adequate physical characteristics for the composting process.

**Keywords:** Biosolids, Organic compost, Organic fertilization.

### 1. INTRODUÇÃO

O processo de compostagem tem como princípio a transformação da matéria orgânica por microrganismos aeróbicos, em sua maioria. Assim, os fatores que influenciam o processo de compostagem são aqueles que interferem na atividade e multiplicação desses microrganismos. Os principais fatores a serem monitorados no processo são: temperatura, umidade, aeração, pH e relação C/N.

A temperatura é o principal indicativo da atividade microbiana, demonstrando se os demais fatores se encontram adequados para que essa atividade aconteça. A aeração é influenciada pela densidade e granulometria dos materiais, sendo que materiais com partículas muito pequenas tendem a ser mais densos, o que causa diminuição dos macroporos (KIEHL, 2004).

Espera-se ao final do processo de compostagem, a obtenção de um produto final estável, sanitizado, rico em compostos húmicos e cuja utilização no solo não oferece riscos ao meio ambiente (VALENTE et al., 2009). Na fase termofílica da compostagem, a temperatura da massa de composto sobe para a faixa de 40 a 70°C, o que proporciona, além da degradação e estabilização de matéria orgânica, a redução e eliminação de patógenos (METCALF; EDDY, 2014). Dessa forma, a compostagem pode viabilizar o uso do lodo de esgoto na agricultura, tornando-o um Fertilizante Orgânico Composto Classe D (IN nº 25/2009).

## 2. OBJETIVO

Objetivou-se com este trabalho estudar a compostagem do lodo de esgoto em mistura com três tipos de materiais estruturantes, individualmente, para verificar o comportamento de cada material em relação às características físicas e químicas que afetam o processo.

## 3. METODOLOGIA

O trabalho foi realizado na ETE da Sabesp de Botucatu, localizada na Faculdade de Ciências Agrônomicas - FCA/UNESP, onde foi obtido o lodo de esgoto e instalada a estufa de compostagem. O lodo de esgoto utilizado é do tipo digerido de reatores UASB, que é muito comum nas ETEs da Sabesp.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, composto por 3 tratamentos e 4 repetições, sendo cada parcela constituída por leira de 8,0 m de comprimento, 3,0 m de largura e 1,5 m de altura, totalizando o volume de 18 m<sup>3</sup> por parcela e 72 m<sup>3</sup> por tratamento. Os tratamentos consistiram em três materiais estruturantes: bagaço de cana-de-açúcar, casca de arroz e casca de eucalipto, utilizados individualmente na mistura com o lodo de esgoto na proporção volumétrica 3:1 (três partes de material estruturante e uma parte de lodo). A proporção volumétrica de lodo de esgoto e fontes de carbono foi definida com o intuito de obter valor de relação C/N entre 20 e 30. A montagem das leiras de compostagem foi realizada com auxílio de retroescavadeira e caminhão basculante. Utilizou-se como medida de volume a caçamba do carregador frontal da retroescavadeira. Após colocação dos materiais no caminhão basculante, o mesmo seguia para a estufa para descarregar a mistura já em formato de leiras.

As leiras de compostagem foram dispostas na estufa com espaçamento entre elas suficiente para o tráfego da máquina compostadora utilizada para o revolvimento das leiras durante o processo (Figura 1). O revolvimento das leiras foi realizado para homogeneizar o material e também para controlar a temperatura e umidade ao longo do processo, com o intuito de manter a temperatura na faixa de 55 a 65°C e a umidade entre 50 e 60%, valores considerados adequados para ocorrência da atividade microbiana. O processo de compostagem foi observado por 90 dias (22 de julho a 21 de outubro de 2016, total de 13 semanas), sendo realizados 17 revolvimentos nesse período, distribuídos da seguinte forma: a cada 2 dias na primeira semana, a cada 3 dias entre a segunda e a décima semana e a cada 7 dias nas três últimas semanas, sendo que na última semana não foi realizado revolvimento.

Aos 40 dias do início do processo de compostagem, os três tratamentos apresentaram queda nos valores de temperatura (abaixo de 40°C) e diminuição da umidade (abaixo de 30%). Para restabelecer o nível de umidade das leiras foram realizadas 10 aplicações com 28 L/m<sup>3</sup> de água, no período de 45 a 80 dias do processo de compostagem, distribuída através de sistema de gotejamento registrado por um hidrômetro. Após cada aplicação de água, revolveu-se o material para homogeneizar a umidade no perfil da leira.

Figura 1. Máquina compostadora utilizada para o revolvimento das leiras de compostagem.



Ao longo do processo de compostagem foram analisadas as características físicas e relação C/N do material, de acordo com as seguintes metodologias:

- Temperatura: foi verificada diariamente ao longo do perfil de cada parcela, com auxílio de termômetro portátil que possui haste de 1 m de comprimento. A avaliação foi realizada sempre às 10h30, em quatro pontos de cada parcela (dois em cada lateral), inserindo-se a haste do termômetro perpendicularmente na altura média da leira.
- Umidade: foi avaliada a cada três dias ao longo do processo de compostagem, sendo coletadas quatro amostras simples para formação de uma amostra composta em cada parcela, com auxílio de trado tipo caneca. Cada amostra foi retirada de forma a representar todo o perfil da leira. Após a coleta, as amostras foram pesadas, colocadas para secar em estufa a 65°C e pesadas novamente, segundo metodologia estabelecida por Brasil/MAPA (2014).
- Densidade: calculada de acordo com metodologia estabelecida por Brasil/MAPA (2007).
- Volume da leira: foi obtido através da metragem das leiras e posterior cálculo, adotando-se para isso o formato geométrico trapezoidal.
- pH: no início e ao final do processo de compostagem foi determinado o pH dos materiais, de acordo com metodologia estabelecida por Brasil/MAPA (2014).
- C/N: no início e ao final do processo de compostagem foi determinado o teor de carbono e de nitrogênio presentes no composto, para cálculo da relação C/N, de acordo com metodologia estabelecida por Brasil/MAPA (2014).
- Granulometria: no início e ao final do processo de compostagem foi determinada a granulometria dos materiais através do peneiramento em diferentes malhas, de acordo com metodologia estabelecida por Brasil/MAPA (2014).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

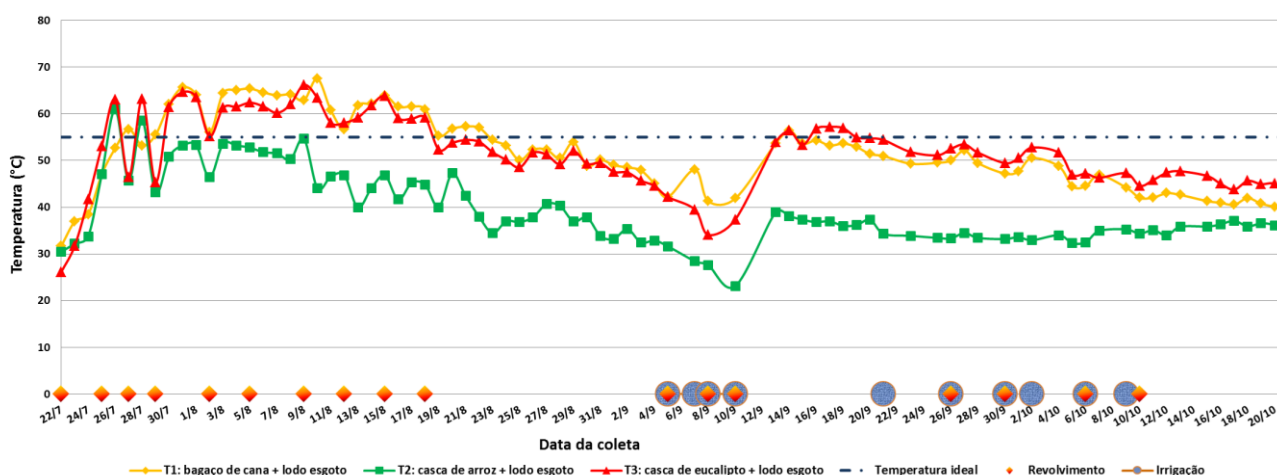
Em todos os tratamentos foram atingidos os valores de temperatura necessários para redução de atratividade de vetores, de acordo com a Resolução CONAMA nº 375 (29/08/06) e Resolução CONAMA nº 380 (31/10/06). Entretanto, apenas os tratamentos T1 e T3, com bagaço de cana-de-açúcar e casca de eucalipto, respectivamente, atingiram os valores de temperatura estipulados pela Resolução CONAMA para redução adicional de patógenos.

Para a redução da atratividade de vetores, a Resolução CONAMA determina valores de temperatura acima de 40°C por pelo menos 14 dias, com média acima de 45°C, o que foi observado em todos os tratamentos (Figura 2). Para a redução adicional de patógenos, a Resolução CONAMA determina valores de temperatura de 55°C ou mais por 15 dias consecutivos, com revolvimento mecânico da leira durante pelo menos 5 dias, sendo observados no período de 02/08/16 a 18/08/16 para os tratamentos T1 e T3 (Figura 2).

Os menores valores de temperatura ao longo do processo de compostagem foram apresentados pelo T2, composto por casca de arroz e lodo de esgoto (Figura 2). Esse comportamento pode ter ocorrido porque a casca de arroz não proporcionou boa mistura com o lodo de esgoto, o que diminuiu a atividade microbiana e consequentemente a temperatura encontrada ao longo do perfil da leira.

Por volta de 40 dias do início do processo de compostagem, os três tratamentos apresentaram queda nos valores de temperatura (abaixo de 40°C) e diminuição da umidade (abaixo de 30%). Com a aplicação de água a partir dos 45 dias, a umidade dos três tratamentos voltou a valores entre 50 e 60%, considerados ideais para induzir o processo de compostagem. Com o aumento da umidade, os tratamentos T1 e T3 voltaram a apresentar elevadas temperaturas, ficando por dias consecutivos na faixa de 40 a 60°C, entretanto, a temperatura do T2 não ultrapassou mais 40°C até o final do processo (Figura 2).

Figura 2. Temperatura média (°C) do perfil da leira de compostagem, de acordo com cada tratamento, faixa de temperatura ideal para eliminação de agentes patogênicos, indicação das datas em que ocorreu revolvimento das leiras com compostadora e aplicação de água nas leiras.



A mistura dos materiais estruturantes com o lodo de esgoto na proporção volumétrica de 3:1 proporcionou umidade entre 50 e 60% para os tratamentos T1 e T3 (Tabela 1), considerada adequada para a atividade metabólica e fisiológica dos microrganismos (RODRIGUES et al., 2006). O tratamento T2 apresentou 45% de umidade no início do processo, o que pode ter contribuído para os baixos valores de temperatura apresentados ao longo do período de compostagem (Tabela 1).

Os três materiais estruturantes diminuíram a densidade do composto, se comparado com o lodo de esgoto puro (Tabela 1). No início do processo essa diminuição proporcionou boa aeração das leiras através do aumento dos macroporos (KIEHL, 2004), e ao final do processo, a diminuição da densidade facilitou o transporte e aplicação do composto final.

O volume de todos os tratamentos diminuiu ao final do processo de compostagem, sendo que o T3 foi o que apresentou menor volume (50% do volume inicial). A casca de arroz praticamente não sofreu decomposição ao longo do processo, influenciando a perda de volume do T2, que foi de apenas 19% (Tabela 1). A casca de arroz possui grande quantidade de sílica em sua estrutura, que dificulta a entrada de água e sua decomposição. A casca de arroz carbonizada poderia ter apresentado melhor resultado, entretanto encareceria o processo, por isso não foi utilizada.

A faixa de pH considerada ótima para o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela compostagem situa-se entre 5,5 e 8,5 (RODRIGUES et al., 2006), sendo que Pereira Neto (2007) afirma que a compostagem pode ser desenvolvida em uma faixa de pH entre 4,5 e 9,5. Os valores de pH das misturas iniciais em todos os tratamentos foram superiores a 5,0, o que proporcionou condições adequadas para ocorrer o processo de compostagem.

A relação C/N é um índice importante no início do processo de compostagem, para determinar as proporções utilizadas de cada material baseado no balanço de nutrientes, e também no final do processo, para verificar a qualidade do composto (MORREL et al., 1985). O valor ideal de relação C/N para iniciar o processo de compostagem está entre 25/1 e 35/1 (KIEHL, 2004), entretanto, alguns pesquisadores indicam que esse valor pode variar de acordo com as características do

material a ser compostado (IMBAR et al., 1993; VALENTE et al., 2009). Os valores de relação C/N da mistura inicial foram inferiores a 25/1 (Tabela 1). Para obter relação C/N maior seria necessário aumentar a proporção de material estruturante em relação ao lodo de esgoto, o que não resolveria o principal objetivo do projeto de viabilizar o uso do lodo de esgoto em áreas agrícolas.

Tabela1. Características do lodo de esgoto e dos materiais estruturantes utilizados nas leiras de compostagem, do composto inicial (10 dias após primeiro revolvimento) e do composto final (90 dias após início do processo de compostagem).

Item	Teor de sólidos (%)	Densidade (t/m <sup>3</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Massa (t)	Massa seca (t)	pH	C/N
Lodo de esgoto	20	1,00	18/trat.	18,0/trat.	3,6/trat.	6,8	8/1
Bagaço cana-de-açúcar	61	0,21	54	11,3	6,9	4,4	150/1
Casca arroz	92	0,14	54	7,6	7,0	5,5	78/1
Casca eucalipto	45	0,27	54	14,6	6,6	4,7	73/1
Composto inicial T1	41		72			5,2	15/1
Composto inicial T2	55		72			5,3	22/1
Composto inicial T3	47		72			5,5	18/1
Composto final T1	61	0,14	43	6,0	3,7	5,0	14/1
Composto final T2	75	0,18	58	10,4	7,8	5,2	24/1
Composto final T3	71	0,17	36	6,1	4,3	5,5	18/1

T1: bagaço cana + lodo esgoto; T2: casca arroz + lodo esgoto; T3: casca eucalipto + lodo esgoto.

A análise granulométrica do material foi realizada no início e ao final do processo de compostagem (Tabela 2) para verificar a mudança no tamanho das partículas de cada material e também para classificar o composto final segundo a natureza física, de acordo com a IN nº 25/2009.

Tabela 2. Especificação granulométrica do composto inicial (10 dias após primeiro revolvimento) e do composto final (90 dias após início do processo de compostagem).

Tratamentos	Peneira 1 (4 mm)		Peneira 2 (3,35 mm)		Peneira 3 (1 mm)		Peneira 4 (0,3 mm)	
	Porcentagem de amostra passante (%)							
	10 dias	90 dias	10 dias	90 dias	10 dias	90 dias	10 dias	90 dias
Composto inicial T1 (bagaço + lodo)	74	81	68	75	41	45	13	14
Composto inicial T2 (casca arroz + lodo)	81	90	75	88	45	30	14	6
Composto inicial T3 (casca eucalipto + lodo)	90	95	88	93	30	28	6	2
	Porcentagem de amostra retida (%)							
	10 dias	90 dias	10 dias	90 dias	10 dias	90 dias	10 dias	90 dias
Composto inicial T1 (bagaço + lodo)	26	19	32	25	59	55	87	86
Composto inicial T2 (casca arroz + lodo)	19	10	25	12	55	70	86	94
Composto inicial T3 (casca eucalipto + lodo)	10	5	12	7	70	72	94	98

Os compostos finais obtidos não atendem as especificações granulométricas constantes do inciso I da IN nº 25/2009, devendo ser classificados de acordo com a natureza física como “produto sem especificação granulométrica”.

Na Figura 3 observa-se a característica visual dos três materiais ao final do processo de compostagem, sendo ainda encontrado no T3 grande quantidade de partículas grosseiras. Essas partículas poderiam ser reaproveitadas para novo processo de compostagem através do peneiramento do material, entretanto, deve-se verificar a viabilidade econômica ao incluir mais um processo.



Figura 3. Leiras de compostagem após montagem e primeiro revolvimento (lado esquerdo) e composto obtido 90 dias após o início do processo (lado direito), sendo T1: bagaço de cana-de-açúcar + lodo de esgoto, T2: casca de arroz + lodo de esgoto e T3: casca de eucalipto + lodo de esgoto.



## 5. CONCLUSÃO

A casca de arroz na compostagem com lodo de esgoto não proporcionou condições para que o composto atingisse os níveis de temperatura estipulados pela Resolução CONAMA nº 375 e nº 380 para redução de vetores e patógenos.

O bagaço de cana-de-açúcar e a casca de eucalipto apresentaram características físicas adequadas ao processo de compostagem.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Coordenação-Geral de Apoio Laboratorial; Murilo Carlos Muniz Veras (Org.). Brasília: MAPA/SDA/CGAL, 2014. 220 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.17, de 21 de maio de 2007. Aprova os Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos. Diário Oficial da União, Brasília, 24 maio. 2007. Seção 1, p.8.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n.375 de 29 de agosto de 2006. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 ago. 2006. Seção 1, p. 141-146.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n.380 de 31 de outubro de 2006. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 07 nov. 2006. Seção 1, p. 59.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.25, de 23 de julho de 2009. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 jul. 2009. Seção 1, p. 20.

IMBAR, Y.; HADAR, Y.; CHER, Y. Recycling of cattle manure: the composting process and characterization of maturity. Journal Environmental Quality, V.22, p. 857-863, 1993.

KIEHL, E. J. Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. 4.ed. Piracicaba: E. J. Kiehl, 2004. 173 p.

METCALF & EDDY - AECOM. Wastewater engineering: treatment and reuse, 5.ed. New York: McGraw-Hill Education, 2014. 2018 p.

MORREL, J. L.; COLIN, F.; GERMON, J.C.; GODIN, P.; JUSTE, C. Methods for evaluation of the maturity of municipal refuse compost. In: GASSER, J. K. Composting of agricultural and other wastes. London: Elsevier, 1985. p. 56-72.

PEREIRA NETO, J. T. Manual de compostagem: processo de baixo custo. Viçosa: UFV, 2007. 81 p.

RODRIGUES, M. S.; SILVA, F. C.; BARREIRA, L. P. Barreira; KOVACS, A. Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos. In: SPADOTTO, C.A.; RIBEIRO, W. Gestão de resíduos na agricultura e agroindústria. Botucatu: FEPAF, 2006. p. 63-94.

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. V.58(R), p. 59-85, 2009.