

**QUALIDADE DO COMPOSTO GERADO NO TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE RESTAURANTE E DIFERENTES RESÍDUOS ORGÂNICOS**Lucas Cardoso Lima<sup>1</sup>, Ronaldo Fia<sup>2</sup>, André Geraldo Cornelio Ribeiro<sup>3</sup>, Bruna Mayumi Hashizume<sup>4</sup> & Regina Aline Soares<sup>5</sup>1 - Geógrafo, Doutorando em Recurso Hídricos em Sistema Agrícolas/ Universidade Federal de Lavras, [lucascardosolima@hotmail.com](mailto:lucascardosolima@hotmail.com)2 - Engenheiro Agrícola e Ambiental, Professor Adjunto DEG/ UFLA. [ronaldofia@deg.ufla.br](mailto:ronaldofia@deg.ufla.br)3 - Engenheiro Civil, Professor DEG/UFLA. [andreribeiro@deg.ufla.br](mailto:andreribeiro@deg.ufla.br)4 - Graduando Engenharia Ambiental/Universidade Federal de Lavras, [hashizume@hotmail.com](mailto:hashizume@hotmail.com)5 - Graduando Engenharia Ambiental/Universidade Federal de Lavras, [reginarasoares@gmail.com](mailto:reginarasoares@gmail.com)**Palavras-chaves:**

adubo orgânico

compostagem

lodo

**RESUMO**

Este trabalho objetivou avaliar a qualidade do composto final proveniente de diferentes fontes de carbono e nitrogênio na compostagem de resíduos orgânicos resultantes das refeições do Restaurante Universitário (RU) da Universidade Federal de Lavras. Foram realizados quatro tipos de tratamento (T1 - capim e resíduo do RU; T2 - capim, resíduo do RU e lodo de esgoto; T3 - serragem/maravalha e resíduo do RU; e T4 - serragem/maravalha, resíduo do RU e lodo de esgoto). Para cada tratamento foram feitas duas repetições, cada pilha de compostagem teve a forma cônica com aproximadamente 1,30 metro de altura por 2 metros de base. O experimento foi conduzido com uma umidade de 40%. Após 120 dias em campo, o pH final dos tratamentos foram 8,6; 7,7; 6,7 e 6,8 respectivamente para os tratamentos T1, T2, T3 e T4. Por sua vez, os tratamentos T1 e T2 obtiveram uma relação C/N melhor que os tratamentos T3 e T4, onde os valores respectivos foram de 13,1 e 11,4 para T1 e T2, e 32,2 e 48,4 para T3 e T4. Entre os micronutrientes e metais pesados encontrados no composto final, o zinco e o cobre apresentaram valores abaixo das normativas sugeridas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) para todos os tratamentos. Conclui-se que os compostos produzidos a partir de resíduos de restaurante e de lodo de esgoto T1 e T2 atenderam as normas avaliadas e podem ser aplicados no solo como adubo orgânico.

**Keywords:**

organic fertilizer

composting

sludge

**COMPOST QUALITY FROM TREATMENT WITH RESTAURANT SOLID WASTES AND OTHER ORGANIC WASTES****ABSTRACT**

The objective of this work was to evaluate the quality of the final compost from different sources of carbon and nitrogen during the composting process of organic residues from the University Restaurant (UR) of the Federal University of Lavras, and assess this compost according to production and use regulations of organic compounds. Four types of treatment were used: T1 - grass and UR residue, T2 - grass, UR residue and sewage sludge, T3 - sawdust/UR residue, and T4 - sawdust/shavings, UR residue and sewage sludge. Two replicates were performed for each treatment. Each compost pile had a conical shape with approximately 1.30 meters of height and 2 meters of base. The experiment was conducted at 40% humidity. After 120 days in the field, the final pH of the treatments were 8.6, 7.7, 6.7 and 6.8 for treatments T1, T2, T3 and T4, respectively. Treatments T1 and T2 obtained a better C/N ratio than treatments T3 and T4, where the respective values were 13.1 and 11.4 for T1 and T2, and 32.2 and 48.4 for T3 and T4. Among the micronutrients and heavy metals found in the final compound, zinc and copper had values below the standards suggested by MAPA and Conama for all treatments. In conclusion, the compost produced from restaurant waste and sewage sludge met the standards assessed and can be applied to the soil as an organic fertilizer.

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o desenvolvimento tecnológico acelerado trouxe consigo, além do desenvolvimento, a geração de resíduos em função das necessidades da população. Porém, esse aumento na geração de resíduos vem acarretando sérios problemas de ordem social e ambiental para o planeta.

De acordo com a Lei 12.305, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (BRASIL, 2010), resíduos sólidos são definidos como: “material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder”.

De acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, o Brasil gerou 183.481,5 toneladas de resíduos, sendo que desse valor, 94.334,10 são de origem orgânica, correspondendo a 51,2% de todo o resíduo gerado no Brasil (BRASIL, 2012). Analisando os valores apresentados, e sabendo que em sua grande maioria, o descarte desses resíduos orgânicos é realizado de forma inadequada, em aterros sanitários ou em casos extremos em vazadouros, se faz necessário medidas para um direcionamento desses resíduos, a fim de se evitar problemas sociais e ambientais.

Uma forma para tratamento dos restos orgânicos, bastante utilizada e recomendada pela PNRS é a compostagem. Segundo a PNRS, no âmbito da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, cabe ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos, e articular com os agentes econômicos e sociais, formas de utilização do composto produzido (BRASIL, 2010).

A compostagem consiste em um processo natural de decomposição aeróbia dos resíduos orgânicos por microrganismos, que pela oxidação biológica dos materiais, liberam dióxido de carbono e água, resultando num composto rico em macro e micronutrientes úteis ao solo e às plantas (KEFALAS *et al.*, 2011).

O uso agrícola de resíduos, tem sido recomendado em virtude de proporcionar benefícios agrônômicos, como elevação do pH do solo, redução da acidez potencial e aumento na disponibilidade de macronutrientes (ABREU JÚNIOR *et al.*, 2001; KROB *et al.*, 2011; LIMA *et al.*, 2011; MORAES *et al.*, 2014), além de

representar um benefício de ordem social, devido à disposição final menos impactante no ambiente.

Diversos trabalhos têm mostrado aumento na produção de matéria seca e grãos, por espécies de interesse agrônômico, cultivadas em solos tratados com o composto gerado a partir de resíduos orgânicos. Em alguns casos, o aumento é equiparável ou superior aos obtidos com a adubação mineral recomendada para as culturas (OLIVEIRA *et al.*, 2009; RODRIGUES *et al.*, 2011; STOJAKI *et al.*, 2013).

A utilização da matéria orgânica humificada, gera impactos positivos ao solo, evitando-se processos erosivos, correções de nutrientes no solo, dentre outros fatores. Mas vale salientar que devem ser feitas as análises pertinentes do composto final de acordo com a origem do material utilizado na compostagem.

O presente trabalho objetivou analisar e comparar com a resolução Conama n° 375 (BRASIL, 2006) e a Instrução Normativa n° 25, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009), o composto resultante, após 120 dias de compostagem, de resíduos oriundos do restaurante universitário da Universidade Federal de Lavras, juntamente com os resíduos sólidos advindos de uma estação de tratamento de esgoto, bem como capim e serragem/maravalha de madeira.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido nas dependências da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no Campo Experimental de Tratamento de Resíduos Sólidos I (CETRES I), unidade vinculada à Diretoria de Meio Ambiente da UFLA. As coordenadas geográficas do local são latitude 21°13'32" S, longitude 44°57'30" W e altitude média de 981 metros.

Para montagem das pilhas de compostagem foram utilizadas as sobras do Restaurante Universitário (RU) da UFLA, lodo de esgoto, serragem/maravalha de madeira e capim picado.

Diariamente, durante o período de uma semana, coletou-se uma amostra representativa dos resíduos das refeições do RU após o horário do almoço. O lodo de ETE utilizado nesse estudo, foi coletado na Estação de Tratamento de Esgoto Domésticos do Município de Santo Antônio do Amparo – MG, onde este, passa por tratamento preliminar e posteriormente por um tratamento biológico anaeróbio e encaminhado para o leito de drenagem e secagem.

O capim utilizado foi o capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq. cv. Colonião), coletado nas proximidades do CETRES I e encaminhado para o Departamento de Zootecnia da UFLA, para ser triturado em picadeira com peneira de aproximadamente 10 mm de abertura, obtendo-se assim um material homogêneo. Na sequência, o material foi encaminhado para armazenamento no CETRES I. A serragem/maravalha foi obtida em madeiras da cidade de Lavras e encaminhada ao CETRES I para montagem das pilhas de compostagem.

A relação entre as concentrações de carbono e nitrogênio (C/N) foi obtida pela divisão da concentração de carbono pela concentração de nitrogênio das amostras como demonstrando na (Tabela 1), e as análises (C/N) serviram como ponto de partida para a montagem das pilhas.

**Tabela 1.** Caracterização da umidade e da relação carbono/nitrogênio dos resíduos utilizados no processo de compostagem

Resíduos	Umidade (%)	Relação C/N
Resíduo do RU	58	12/1
Capim	12	52/1
Serragem/Maravalha	14	240/1
Lodo	68	13/1

Após a fase de caracterização dos materiais utilizados no experimento para a obtenção dos valores médios de carbono, nitrogênio e umidade, iniciou-se a segunda etapa no processo experimental da compostagem, quando foram montadas as pilhas e realizadas as análises laboratoriais para acompanhamento do processo. Na montagem das pilhas foram utilizados os modelos de baixo custo descritos por PEREIRA NETO (2007). Assim, considerou-se um peso mínimo inicial de 500 kg de material para compostagem, para cada tratamento foram feitas duas repetições. Cada pilha de compostagem teve a forma cônica com aproximadamente 1,30 m de altura por 2,00 m de base.

A quantidade dos diferentes resíduos utilizados na compostagem foi determinada a partir da composição inicial dos resíduos, estabelecendo-se uma relação C/N de 40/1 para os tratamentos T1 e T3, sem lodo; e de 30/1 para os tratamentos T2 e T4, com lodo de esgoto na composição das

pilhas. Em função da umidade dos resíduos na caracterização inicial, foi adicionada água da rede de abastecimento da UFLA para atingir uma faixa de umidade inicial em torno de 40% em todos os tratamentos (PEREIRA NETO, 2007).

Para alcançar as relações C/N pré-estabelecidas e um peso homogêneo para todos os tratamentos, chegou-se a um peso de 600 kg para cada pilha. Vale ressaltar no tratamento T3, que para alcançar a massa de 600 kg, fez-se necessário uma relação C/N de 50/1, devido a uma paralisação de 2 dias do restaurante universitário, o que acarretou a falta do resíduo do mesmo para a montagem das pilhas, diante do problema, optou-se em manter o peso inicial para todos os tratamentos. Uma vez, que a não montagem dos tratamentos T3 e T4, iria gerar uma diferença de duas semanas para os tratamentos T1 e T2.

Os diferentes tratamentos avaliados foram compostos pela montagem de pilhas de resíduos com diferentes composições, sendo as mesmas confeccionadas em duplicata (Tabela 2).

**Tabela 2.** Especificação dos tratamentos utilizados no processo experimental da compostagem dos resíduos do restaurante universitário da UFLA com outros diferentes resíduos orgânicos e quantidade medias utilizada de cada subproduto

Tratamento/Pilhas	Resíduos e água	Massa (kg)
T1 (P1 e P2)	Capim	490
	Resíduo do RU	110
	Água	196
T2 (P3 e P4)	Capim	350
	Resíduo do RU	140
	Lodo	110
	Água	140
T3 (P5 e P6)	Maravalha	350
	Resíduo do RU	250
	Água	150
T4 (P7 e P8)	Maravalha	220
	Resíduo do RU	190
	Lodo	190
	Água	140

As pilhas que compuseram os tratamentos T1 e T2 foram montadas diretamente sobre o solo limpo, não impermeabilizado, e aquelas que integraram os tratamentos T3 e T4, também em solo não impermeabilizado seis dias após a montagem das primeiras. A diferença entre as datas de montagem nos tratamentos, é devido a sobra do RU, que não acumulou a quantidade necessária para montagem, fruto do trabalho ambiental realizado no refeitório de conscientização das sobras.

Para o acompanhamento da temperatura foi utilizado um termômetro digital, tipo espeto da marca Incotern, sendo retiradas três temperaturas em cada pilha (topo, meio e base) à uma profundidade de aproximadamente 30 cm. A partir do desenvolvimento da temperatura inicial nas pilhas de compostagem, verificou-se a necessidade de reviramento das pilhas a cada três dias para a dissipação do calor e manutenção da temperatura abaixo dos 65 °C (PEREIRA NETO, 2007). O reviramento foi realizado com o auxílio de pás, enxadas e garfos de jardinagens e manteve-se até o final da fase de degradação ativa da matéria orgânica (primeira fase). O umedecimento das pilhas era efetuado no instante que ocorria o reviramento das pilhas, introduzindo água de acordo com a sensibilidade do tato no presente momento, e garantindo uma homogeneização em toda pilha, ao adicionar água de forma gradativa ao reviramento.

O acompanhamento da umidade das pilhas de compostagem foi feito manualmente por meio do tato, esse procedimento foi realizado devido a necessidade de acompanhar a umidade em campo para estabelecer a quantidade de água a ser utilizada no umedecimento das pilhas a cada 3 dias. Entretanto, inicialmente, durante os primeiros 5 dias, foram realizados testes para determinação da umidade da massa de resíduos em laboratório, a fim de correlacionar com a umidade observada manualmente em campo, como em um teste de calibração uma umidade em torno de 40% para as pilhas durante a primeira fase (degradação ativa) do processo de compostagem.

A umidade em 40% durante a fase de degradação ativa, determinada de acordo com a faixa sugerida pela literatura. PEREIRA NETO (1996) verificou que a umidade ideal para que ocorra o processo

de compostagem de resíduos sólidos, em clima tropical, característico no Brasil, está entre 40% e 60%. Devido à escassez de água na instituição no período que seria avaliado o experimento, optou-se pela menor faixa de umidade.

Semanalmente, foram coletadas amostras das diferentes pilhas, que foram encaminhadas aos Laboratórios de Resíduos Sólidos e de Análise de Águas Residuárias do Núcleo de Engenharia Ambiental e Sanitária do Departamento de Engenharia da UFLA para determinação da umidade (a fim de verificar e validar a umidade por meio do tato), pelo método gravimétrico após secagem em estufa a 65 °C, pH em água, por potenciometria, carbono orgânico, pela oxidação por via úmida do carbono orgânico por dicromato de potássio, nitrogênio total Kjeldahl, pelo método micro Kjeldahl, fósforo total pelo método fosfomolibdico, pós a digestão ácida da amostra, sódio e potássio, em fotômetro de chama após a digestão ácida das amostras (SILVA, 2009). Para avaliação de metais pesados no composto final, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa de composto, ao final do processo, foi de 341, 295, 272 e 308 kg, para os tratamentos T1, T2, T3 e T4 respectivamente (Tabela 2). A perda de massa em relação à montagem das pilhas se deve à perda de carbono e dos compostos de nitrogênio para a atmosfera, à variação da umidade inicial e final das pilhas, e à separação dos rejeitos após o peneiramento da massa de resíduos.

Ao final da compostagem foram obtidos valores satisfatórios para os tratamentos T1, T2, T3 e T4, no que tange ao aproveitamento na produção do composto, com valores dos rejeitos em 25, 23, 19 e 21% de acordo com a Tabela 2. Como observado em campo, alguns materiais, em função da maior granulometria, não foram degradados adequadamente, o que poderia dificultar a utilização como adubo orgânico. Foram considerados rejeitos, todos os materiais que não passaram pela malha da peneira de 4 mm de abertura, sendo observado torrões de solo devido ao reviramento, que se encorpou ao composto, ossos e restos de capim e serragem/maravalha não degradados.

**Tabela 2.** Características químicas e físicas do composto produzido aos 120 dias de compostagem nos diferentes tratamentos avaliados

Características	T1	T2	T3	T4
Massa inicial (kg)*	600	600	600	600
Massa final (kg)*	452	382	335	389
Composto (kg)	341	295	272	308
Rejeito (%)	25	23	19	21
Umidade final (%)	40	37	37	37
Temperatura final (°C)	32	31	36	36
pH final	8,6	7,7	6,7	6,8
Relação C/N final	13,1	11,4	48,4	32,3
Nitrogênio (g kg <sup>-1</sup> )	2,0	2,2	2,2	2,4
Fósforo (g kg <sup>-1</sup> )	0,27	0,36	0,20	0,32
Potássio (g kg <sup>-1</sup> )	5,0	4,5	1,1	1,2
Sódio (g kg <sup>-1</sup> )	0,23	0,21	0,19	0,20
Cobre (g kg <sup>-1</sup> )	0,035	0,058	0,028	0,046
Zinco (g kg <sup>-1</sup> )	0,045	0,076	0,039	0,084
Cromo (g kg <sup>-1</sup> )	0,007	0,009	0,006	0,009
Chumbo (g kg <sup>-1</sup> )	0,056	0,063	0,064	0,069
Cádmio (g kg <sup>-1</sup> )	ND	ND	ND	ND

\* Matéria seca; ND – Não detectado.

Os maiores valores de rejeitos em T1 e T2 estão relacionados ao material utilizado como fonte de carbono. Visualmente, foram observados colmos do capim não degradado na massa de composto produzido. NITHIKUL et al. (2011) ao avaliarem uma unidade de triagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos em Bangkok na Tailândia, que opera com 1.200 toneladas por dia, verificaram a produção de 24% de rejeito, e uma produção diária de 300 toneladas de composto orgânico após 40 dias de estabilização.

Ao contrário de T1 e T2, em T3 e T4 foi observado um rejeito mais homogêneo,

ficando apenas restos de ossos e pequenos colmos de capim. Esse fato é observado pelo aspecto uniforme da serragem/maravalha utilizada na compostagem. Ao analisar os valores de rejeitos nota-se uma menor taxa desse ficando na faixa de 19 e 21% respectivamente para T3 e T4.

Quanto à umidade final do composto (Tabela 2), os valores obtidos, 40, 37, 37 e 37%, respectivamente para T1, T2, T3 e T4, estão acima dos sugeridos por KIEHL (1985), entre 25 e 35%. Porém, os valores obtidos no presente trabalho são justificáveis, uma vez que durante todo o processo as pilhas de compostagem ficaram expostas ao

tempo, e sujeitas às precipitações pluviais. No período de maturação foi que ocorreu a maior quantidade de chuvas.

Apesar da variabilidade dos valores de pH no composto final (Tabela 2), ligeiramente básico para T1 e T2 e levemente ácido para T3 e T4, os valores estão dentro do intervalo descrito por PEREIRA NETO (2007) para o composto final, podendo assim ser utilizado, segundo este parâmetro, no cultivo de espécies vegetais. LEAL et al. (2013) obtiveram valores de pH superiores a 7 ao compostarem capim elefante e torta de mamona. Já BANEGAS et al. (2007) ao compostarem serragem de madeira e lodo de esgoto anaeróbio, verificaram que o pH do composto foi 6,4.

Mesmo encontrando valores de pH abaixo de 7, como no presente trabalho, o composto que apresentar um pH na faixa superior a 6 tem a capacidade de liberar nutrientes para a maioria das plantas (MELO et al., 2008; PAVINATO; ROSOLEM, 2008).

Ao final da compostagem, os valores da relação C/N para os tratamentos T1 e T2 foram satisfatórios 13,1 e 11,4, respectivamente, chegando ao recomendando por PEREIRA NETO (2007) para utilização na adubação orgânica. Por sua vez, T3 e T4 não alcançaram a faixa recomendada para serem aproveitadas na agricultura, que foram de 32,2 e 48,4. Fato que pode ser confirmado pelas maiores temperaturas observadas em T3 e T4 no final dos 120 dias de monitoramento; que pode indicar maior atividade microbiana nestes tratamentos em função da presença de carbono ainda facilmente degradável (não estabilizado). A alta relação C/N para T3, pode ser explicada pelo problema explicitado na sua montagem, onde a alta relação prejudicou o seu desempenho ao longo do processo.

A aplicação no solo de resíduos com elevado teor de carbono pode resultar em imobilização do nitrogênio do solo pelos microrganismos, para que estes utilizem o nitrogênio do solo para composição e síntese celular, e para degradação do carbono presente no composto (SHINDO & NISHIO, 2005; GIACOMINI et al., 2009; GIACOMINI et al., 2013; GONZATTO et al., 2013).

As concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio apresentadas (Tabela 2) pelo composto

final foram relativamente pequenas quando comparadas com alguns valores da literatura. Além de refletirem a composição inicial dos materiais compostados, as concentrações destes elementos variam em função das perdas que ocorrem na massa de compostagem e que são ocasionadas pelas características intrínsecas do processo como as elevadas temperaturas e a lixiviação pela adição de água por rega ou pelas águas pluviais.

HIMANEN & HÄNNINEN (2011) conseguiram um composto a base de resíduos de cozinha e lodo anaeróbio de esgoto com cerca de 10 vezes mais nitrogênio (20 a 26 g kg<sup>-1</sup> de N) que o observado neste trabalho. O mesmo ocorreu com Leal et al. (2013) que obtiveram composto oriundo de capim elefante e torta de mamona (21 a 27 g kg<sup>-1</sup> de N).

A concentração de fósforo no composto proveniente de dejetos da suinocultura e casca de arroz foi de 25 g kg<sup>-1</sup>, cerca de 100 vezes mais que o observado no presente trabalho. Neste caso, deve-se considerar que o dejetos de suíno apresentou elevada concentração inicial de fósforo, o que contribuiu para maior concentração desse elemento no composto final (DUI-NA et al., 2013). TATÀNO et al. (2015) obtiveram menor concentração de fósforo ao compostar resíduos orgânicos domésticos em composteira (cerca de 9 g kg<sup>-1</sup>), mais ainda superior ao observado neste trabalho. Provavelmente, devido às reduzidas perdas por lixiviação ocorridas na composteira, por ser impermeabilizada.

Valores semelhantes de potássio foram observados por FAVERIAL & SIERRA (2014) e TATÀNO et al. (2015) ao compostarem resíduos orgânicos residenciais em composteira fechada (21 e 18 g kg<sup>-1</sup>). Apesar das elevadas concentrações de potássio verificadas em T1 e T2 de 5 e 4,5 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, relativas aos tratamentos T3 e T4 que obtiveram 1,1 e 1,2 g kg<sup>-1</sup>, os valores foram bastante inferiores ao da literatura, porém próximos aos 5,1 g kg<sup>-1</sup> de potássio obtidos por REZENDE et al. (2013) ao compostar casca de café, um resíduo sabidamente rico em potássio. Por ser fracamente adsorvido pela matéria orgânica, o valor reduzido do potássio no final da compostagem foi, provavelmente, devido à lixiviação pela água aplicada e pela água da chuva ocorrida durante o

processo de compostagem.

A preocupação com o sódio neste trabalho foi devido a sua presença nos restos de comida do restaurante e a possibilidade de sua manutenção no composto final, que poderá limitar as quantidades de composto a serem aplicadas no solo como fertilizante. Tendo em vista que o sódio traz efeitos deletérios para o solo e para as culturas quando em grande quantidade (MATOS et al., 2014). CHOWDHURY et al. (2014) ao compostarem resíduos da fabricação de azeite de oliva com casca de arroz, verificaram concentrações finais no composto entre 0,9 e 1,5 g kg<sup>-1</sup> de sódio, dependendo da variação das quantidades iniciais de cada resíduo. Os maiores valores encontrados por estes autores, em relação ao presente trabalho que foram de 0,23, 0,21, 0,19 e 0,20 g kg<sup>-1</sup> respectivamente para T1, T2, T3 e T4, se deve ao material de origem da compostagem. Sabidamente, resíduos provenientes do processamento de azeitona são ricos em sódio e potássio.

Uma avaliação em relação às características avaliadas no composto final dos quatro tratamentos e à Instrução Normativa nº 25 de 23 de julho de 2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e

Abastecimento - MAPA (BRASIL, 2009) que estabelece normas para os compostos orgânicos, está apresentada na Tabela 3.

A referida norma classifica os fertilizantes orgânicos em classes que resumidamente, podem ser descritas como: Classe A – fertilizante orgânico que em sua produção não sejam utilizados elementos tóxicos (como metais e orgânicos sintéticos); Classe B – fertilizante orgânico que em sua produção sejam utilizados elementos tóxicos (como metais e orgânicos sintéticos); Classe C – fertilizante orgânico que em sua produção sejam utilizadas matérias primas oriundas do lixo domiciliar; e Classe D – fertilizante orgânico que em sua produção seja utilizada qualquer quantidade de matéria prima de proveniente de despejos sanitários.

Assim, o composto produzido em T1 e T3 pode ser classificado como fertilizante orgânico classe C, e aquele produzido nos tratamentos T2 e T4, classificados como classe D, que foram utilizados fertilizantes provenientes de despejos sanitários.

Pode-se verificar que em relação aos macronutrientes e às características físicas, os compostos produzidos a partir dos tratamentos T1 e

**Tabela 3.** Comparação entre as características químicas e físicas avaliadas no composto produzido aos 120 dias de compostagem nos diferentes tratamentos e aquelas estabelecidas na Instrução Normativa nº 25, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009), e na Resolução Conama nº 375 (BRASIL, 2006)

Características	T1	T3	Classe C	T2	T4	Classe D	Conama
Umidade (%)	40	37	< 50	37	37	< 70	-
pH	8,6	6,7	> 6,0	7,7	6,8	> 6,5	-
Relação C/N	13,1	48,4	< 20	11,4	32,3	< 20	-
Nitrogênio (g kg <sup>-1</sup> )	2,0	2,2	> 5,0	2,2	2,4	> 5,0	-
Fósforo (g kg <sup>-1</sup> )	0,27	0,20	-	0,36	0,32	-	-
Potássio (gkg <sup>-1</sup> )	5,0	1,1	-	4,5	1,2	-	-
Cobre (g kg <sup>-1</sup> )	0,035	0,028	> 0,5	0,058	0,046	> 0,5	< 1,5
Zinco (g kg <sup>-1</sup> )	0,045	0,039	> 1,0	0,076	0,084	> 1,0	< 2,8
Cromo (g kg <sup>-1</sup> )*	0,007	0,006	-	0,009	0,009	-	< 1,0
Chumbo (g kg <sup>-1</sup> )*	0,056	0,064	-	0,063	0,069	-	< 0,30
Cádmio (g kg <sup>-1</sup> )*	ND	ND	-	ND	ND	-	< 0,039

ND – Não Disponível. Classe C – fertilizante produzido com resíduos orgânicos domiciliares; Classe D – Fertilizante que tenha na composição algum resíduo sanitário (por exemplo, lodo de esgoto). \*Valores de referência estabelecidos pela Resolução Conama nº 375, de 29 de agosto de 2006, no lodo de esgoto ou produto derivado para aplicação no solo.

T3, só não atenderam à concentração de nitrogênio estabelecida pela IN nº 25 do MAPA, onde foram verificadas as seguintes concentrações 2,0 e 2,2 g kg<sup>-1</sup> para T1 e T2, e a concentração estabelecida pela Instrução Normativa é superior a 5 g kg<sup>-1</sup>.

Entretanto, os compostos produzidos nos tratamentos T3 e T4 além da concentração de nitrogênio que foram de 2,2 e 2,4 respectivamente, não atenderam ao especificado para relação C/N, podendo comprometer o desenvolvimento das culturas se aplicado no solo, uma vez, que a faixa exigida pela resolução é menor que 20 g kg<sup>-1</sup> C/N, e foram verificadas para T3 e T4 valores de 48,4 e 32,2 g kg<sup>-1</sup> na relação C/N respectivamente.

Apesar da utilização do lodo de esgoto na compostagem, não foi verificado a presença de metais pesados em elevadas concentrações, entre os mais comumente avaliados (cobre, zinco, cromo, chumbo e cádmio), no composto final. Provavelmente, pelo fato de o lodo utilizado ser originário de uma cidade de pequeno porte e não industrializada, com pequena contribuição destes elementos nos esgotos.

Em relação aos micronutrientes e metais pesados encontrados no composto final, o zinco e o cobre ambos apresentaram valores abaixo das normativas sugeridas pelo MAPA e pelo Conama para todos os tratamentos de acordo com a Tabela 3, por sua vez, os valores obtidos para chumbo, cádmio e cromo em todos os tratamentos estão abaixo dos parâmetros recomendados pela Resolução Conama nº 375 para disposição no solo. Entretanto, um acompanhamento deve ser feito quanto à disposição continuada dos resíduos no ambiente. O acúmulo de metais pesados não imobilizados pelo solo ou absorvido pelas plantas poderá ocasionar a perda de qualidade do solo e conseqüentemente a sua poluição.

## CONCLUSÃO

- Verificou-se que o composto produzido nos diferentes tratamentos teve em sua maioria, as suas características dentro dos parâmetros de qualidade estabelecidos pela Instrução Normativa nº 25 e na Resolução Conama nº 375.
- O lodo utilizado, não demonstrou qualquer

risco de contaminação por metais pesados no composto orgânico produzido.

- O composto produzido a partir de resíduos de restaurante e lodo de esgoto T 2 e T4 atenderam as normas avaliadas e podem ser aplicados no solo como adubo orgânico.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavas pela estrutura utilizada, aos laboratórios de Análise de Água do Departamento de Engenharia (LAADEG) e de Análise de Resíduos de Efluentes do Núcleo de Engenharia Ambiental e Sanitária do DEG/UFLA. A CAPES, CNPq e FAPEMIG pelas bolsas concedidas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU JÚNIOR, C.H.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, F.C. Cátions trocáveis, capacidade de troca de cátions e saturação por bases em solos brasileiros adubados com composto de lixo urbano. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.4, p.813-824, 2001.

BANEGAS, V.; MORENO JL; MORENO JI; GARCÍA C; LEÓN G.;HERNÁNDEZ T.. Composting anaerobic and aerobic sewage sludges using two proportions of sawdust. **Waste Management**, Oxford, v.27, n.10, p.1317-1327, Nov. 2007.

BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em: 10 nov. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 25**, de 23 de julho de 2009. Dispõe sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do>>

operacao=visualizar&id=20542>. Acesso em: 10 nov. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 27, de 5 de junho de 2006. Dispõe sobre fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes, para serem produzidos, importados ou comercializados, deverão atender aos limites estabelecidos nos Anexos I, II, III, IV e V desta Instrução Normativa no que se refere às concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 9 jun. 2006. Seção 1, p.15.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano nacional de resíduos sólidos**: versão pós audiências e consulta pública para conselhos nacionais. Brasília, 2012. 102p.

CHOWDHURY, M.A.; NEERGAARD, A.; JENSEN, L.S. Composting of solids separated from anaerobically digested animal manure: effect of different bulking agents and mixing ratios on emissions of greenhouse gases and ammonia. **Biosystems Engineering**, London, v.124, p.63-77, Aug. 2014.

DUI-AN, L; B YAN; L WANG, Z DENG; Y ZHANG. Changes in phosphorus fractions and nitrogen forms during composting of pig manure with rice straw. **Journal of Integrative Agriculture**, Tsukuba, v.12, n.10, p.1855-1864, Oct. 2013.

FAVERIAL, J. SIERRA. J. Home composting of household biodegradable wastes under the tropical conditions of Guadeloupe (French Antilles). **Journal of Cleaner Production** 83:238–244 2014

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica, 1985. 492p.

KEFALAS, H.C.; SOUZA, S.A.D.; DENEKA, L.G. Resíduos orgânicos na zona costeira: a proposta da compostagem. In: SIMPÓSIO

BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, 5, 2011, Santos. **Anais...** Santos: Oceanografia e Políticas Públicas, 2011. p.1-5.

KROB, A.D. et al. Propriedades químicas de um Argissolo tratado sucessivamente com composto de lixo urbano. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.3, p.433-439, 2011.

GIACOMINI, S.J. AITA, C. JANTALIA, C.P., URQUIAGA.S & SANTOS G.F. Imobilização do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em plantio direto e preparo reduzido do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v.33, n.1, p.41-50, 2009.

GONZATTO, R. MIOLA, E.C.C; DONEDA. A; PUJOL. S.P; AITA. C; GIACOMINI S.J. Volatilização de amônia e emissão de óxido nitroso após aplicação de dejetos líquidos de suínos em solo cultivado com milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.9, p.1590-1596, 2013

HIMANEN, M.; HÄNNINEN, K. Composting of bio-waste, aerobic and anaerobic sludges: effect of feedstock on the process and quality of compost. **Bioresource Technology**, Essex, v.102, n.3, p.2842-2852, Feb. 2011.

LEAL, M.A.A; GUERRA, J.G.M.; ESPINDOLA, J.A.A. and ARAUJO, E.S.. Compostagem de misturas de capim-elefante e torta de mamona com diferentes relações C:N. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.11, p.1195-1200, 2013.

LIMA, R.L.S. et al. Atributos químicos de substrato de composto de lixo orgânico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.2, p.185-192, 2011

MATOS, A.T; NETO. O.B.A; MATOS. M.P. Saturação do complexo de troca de solos oxidicos com sódio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.5, p.501-506, 2014.

MORAES, M. SILVA. V.R.; CHERUBIM,

- M.R.; CARLESSO, R.; DEBIASI, H.; LEVIEN, R.. Changes in a Rhodic Hapludox under no-tillage and urban waste compost in the northwest of Rio Grande do Sul, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v.38, n.4, p.1327-1336, 2014
- MELO, L.C.A.; SILVA, C.A.; DIAS, B.O. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v.32, n.1, p.101-110, 2008.
- NITHIKUL, J.; KARTHIKEYAN, O.P.; VISVANATHAN, C. Reject management from a Mechanical Biological Treatment plant in Bangkok, Thailand. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdam, v.55, p.417-422, Sept. 2011.
- OLIVEIRA, J.P.B; LOPES, J.C.; ALEXANDRE. JASPER, A.P.S ; SANTOS, L.N.S ; OLIVEIRA, L.B.. Efeito do lodo de esgoto no desenvolvimento inicial de duas cultivares de mamona em dois tipos de solos. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.5, n.2, p.203-219, maio/jun. 2009.
- PAVINATO, P.S.; ROSOLEM, C.A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v.32, n.3, p.911-920, 2008.
- PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem**. Belo Horizonte: UNICEF, 2007. 56p.
- RODRIGUES, P.N. F.ROLIM, M.M; NETO, E.B; COSTA, R.N.T; ELVIRA M.R. PEDROSA, E; OLIVEIRA, V.S. Efeito do composto orgânico e compactação do solo no milho e nutrientes do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.8, p.788-793, 2011.
- REZENDE, F.A.; CARVALHO, G.J.; FERREIRA, E.B. Composting of coffee husk and cattle manure. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.10, p.109-119, 2013
- SILVA, F.C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. rev. e ampl. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2009. 627p.
- SHINDO, H.; NISHIO, T. Immobilization and remineralization of N following addition of wheat straw into soil: determination of gross N transformation rates by <sup>15</sup>N-ammonium isotope dilution technique. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v.37, n.3, p.425-432, Mar. 2005
- STROJAKI, T.V. SILVA, V.R. SOMAVILLA, A., ROS, C.O, MORAES, M.T. Atributos químicos do solo e produtividade de girassol e milho em função da aplicação de composto de lixo urbano. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.43, n.3, p.278-285, 2013
- TATÀNO, F; PAGLIARO, G; Di GIOVANNI, P; FLORIANI, E. MANGANI. F. Biowaste home composting: experimental process monitoring and quality control. **Waste Management**, Oxford, v.38, p.72-85, Apr. 2015.