



Compostagem de resíduos orgânicos provenientes do restaurante do IFMA - Campus Codó

Oswaldo Palma LOPES SOBRINHO^{1*}, Álvaro Itaúna Schalcher PEREIRA², Wady Lima Castro JÚNIOR²,
Luciana dos Santos OLIVEIRA², Rosinete dos Santos XAVIER³, Thaine Teixeira SILVA⁴,
Lana Fernanda Borges da SILVA², Denise Arrais da Silva COSTA², Erika de Kássia Pereira CANTANHEDE²

¹Engenheiro Agrônomo, IFMA-Campus Codó, Maranhão, Mestrando em Engenharia Agrícola, UFRB, Cruz das Almas, Bahia, Brasil.

²Departamento de Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, IFMA, Codó, Maranhão, Brasil.

³Engenheira Agrônoma, IFMA-Campus Codó, Maranhão, Mestranda em Educação do Campo, UFRB, Amargosa, Bahia, Brasil.

⁴Graduanda em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB, Cruz das Almas, Bahia, Brasil.

*E-mail: oswaldo-palma@hotmail.com

Recebido em novembro/2016; Aceito em maio/2017.

RESUMO: O objetivo desta pesquisa foi avaliar a eficiência do processo de compostagem, no reaproveitamento das sobras alimentares do restaurante do IFMA - Campus Codó, em virtude da valorização da qualidade do adubo orgânico. O sistema experimental de compostagem foi conduzido durante os meses 05/11 a 01/12 no IFMA - Campus Codó. A utilização do material orgânico proveniente do restaurante foi composta por resíduos/desperdícios alimentar, folhas, sabugos, bagaços, dentre outros. As camadas constituintes da pilha do composto foram feitas com 1,5 m de largura, 1,5 m de comprimento e 2,0 m de altura no período de aproximadamente 70 dias. No período de amadurecimento da pilha, a mesma foi revirada periodicamente realizando-se coleta de amostras para a caracterização química em relação ao pH, temperatura, volume, macronutrientes, e micronutrientes com coletas de dados a cada 20 dias. Na utilização de resíduos vegetais como substratos observou-se que a redução de volume obedecia a um comportamento quadrático, ou seja, redução acentuada nas primeiras semanas de empilhamento, seguida de desaceleração gradual até o fim do processo. O índice de pH, a temperatura e a relação C/N encontrados no sistema experimental de compostagem foram parâmetros que garantiram a eficiência do composto vegetal quando aplicados diretamente ao solo.

Palavras-chave: material vegetal, eficiência, empilhamento.

Decomposition of organic residues from restaurant of IFMA- Campus Codó

ABSTRACT: The objective of this research was to evaluate the efficiency of the composting process, in the reuse of food leftovers from the IFMA - Campus Codó restaurant, due to the valorization of organic fertilizer quality. The experimental composting system was conducted during the months 05/11 to 01/12 at the IFMA - Campus Codó. The use of organic material from the restaurant was composed of food waste, food waste, leaves, sabugo, bagasse, among others. The composite layers of the compost stack were made 1.5 m wide, 1.5 m long and 2.0 m high in the period of approximately 70 days. In the period of maturation of the cell, it was periodically revolved by collecting samples for chemical characterization in relation to pH, temperature, volume, macronutrients, and micronutrients with data collection every 20 days. In the use of vegetable residues as substrates it was observed that the volume reduction was due to a quadratic behavior, that is, a sharp reduction in the first weeks of stacking, followed by gradual deceleration until the end of the process. The pH, temperature and C/N ratio found in the experimental composting system were parameters that ensured the efficiency of the compost when applied directly to the soil.

Keywords: plant material, efficiency, stacking.

1. INTRODUÇÃO

Definir um destino ambientalmente correto e economicamente viável para o problema do acúmulo dos resíduos de origem vegetal gerados pelo restaurante do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - Campus Codó (IFMA), e uma possível economia com a disponibilização de composto de “qualidade” em substituição ao adubo químico, constituem um desafio a ser vencido.

Zhu (2007) destaca como vantagens da prática de compostagem à reciclagem dos elementos de interesse, a redução do volume inicial de resíduos, a degradação de substâncias tóxicas e/ou patogênicos, bem como a produção de energia.

A compostagem é um processo de reciclagem natural de resíduos sólidos orgânicos no qual os transforma em adubo (composto), que nada mais é do que o resultado do processo controlado de decomposição bioquímica do material utilizado (SILVA, 2008).

A compostagem é uma biooxidação aeróbia exotérmica de um substrato orgânico heterogêneo, no estado sólido, caracterizado pela produção de CO₂, água, liberação de substâncias minerais e formação de matéria orgânica estável (FERNANDES; SILVA, 2000).

A compostagem pode ser produzida pelo método aeróbico, em que estão presentes microrganismos que necessitam do ar atmosférico para sobreviver e que pode se separar por 4 fases em relação a temperatura: fase

criófila, em que o processo ocorre à temperatura ambiente; fase mesófila, em que a decomposição ocorre em torno de 35 50 °C; fase termófila, em que a temperatura pode passar dos 60 °C e fase de maturação, onde o composto está estabilizado biologicamente e sua temperatura é reduzida.

Diante do exposto, a técnica de compostagem ainda pode ser produzida pelo método anaeróbico, ou seja, sem a presença do ar atmosférico, na qual a sua temperatura fica somente na fase mesófila, sendo que os microrganismos não necessitam de oxigênio e usualmente esse processo é feito em compostagem de lodos de esgoto em biodigestores (BRITO, 2008).

Os microrganismos realizam a decomposição da matéria orgânica (MO), absorvem carbono (C) e o nitrogênio (N), sendo o tempo necessário para que ocorra a decomposição e a mineralização, sendo conduzidos pela relação entre C/N da matéria-prima (KIEHL, 1985).

Durante a técnica de compostagem as perdas de N aumentam com a temperatura e a intensidade em que realizam as trocas gasosas. Nesse contexto, Raviv et al. (2004), mostram que haverá uma diminuição da relação C/N e aumento do pH. Além disso, a diminuição com a cobertura das pilhas (HANSEN et al., 2006).

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a eficiência do processo de compostagem, no reaproveitamento das sobras alimentares do restaurante do IFMA - Campus Codó, em virtude da valorização da qualidade do adubo orgânico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.2. Caracterização da área de estudo

O clima da região dos cocais maranhenses, na qual a área experimental está inserida é, segundo a classificação de Köppen, do tipo Aw-megatérmico com inverno seco. O solo da área é classificado Podzólico Vermelho-Amarelo Tb Álico A fraco textura arenosa/média fase floresta subcaducifolia com babaçu e relevo plano (EMBRAPA, 1986).

Foram estudadas amostras de resíduos de origem vegetal, provenientes do restaurante do IFMA - Campus Codó. O sistema experimental de compostagem foi conduzido entre maio de 2011 e janeiro de 2012.

A utilização do material orgânico proveniente do restaurante foi composta por resíduos/desperdício alimentar, folhas, galhos, caules, inflorescências, palhas, sabugos, raízes de plantas alimentícias, cascas de árvores, frutas, bagaços e cama de animais; os restos de capins da alimentação animal também fazem parte deste material, por constituírem excelente matéria-prima para produção de adubo orgânico.

Vale ressaltar que não devem conter no material orgânico vegetal, tintas, óleos, vidros, plásticos, metais, pedras, excesso de gorduras (porque podem liberar ácidos graxos de cadeia curta como o acético, o propiônico e o butírico os quais retardam a compostagem e prejudicam o composto), ossos inteiros (só devem ser utilizados caso estiverem moídos), ou outras substâncias que prejudiquem o processo de compostagem. Devendo a carne ser evitada nas pilhas, pois pode servir de atração para os animais.

As camadas constituintes da pilha do composto foram feitas com dimensões de 1,5 m de largura, 1,5 m de comprimento e 2,0 m de altura durante o período de aproximadamente 70 dias. As pilhas tiveram formato trapezoidal.

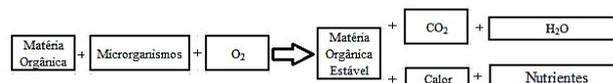


Figura 1. Esquemática do processo de compostagem.

Figure 1. Schematization of the composting process.

Fonte: Nascimento Filho, A.F. (2012).

No período de amadurecimento da pilha, a mesma foi revirada periodicamente realizando-se coleta de dados para a caracterização química em relação ao pH, temperatura, volume, macronutrientes, e micronutrientes com coletas de dados a cada 20 dias. As amostras foram coletadas após 20 dias da formação da pilha, representando o dia zero e com coletas a serem realizadas quinzenalmente com 35, 50 e 65 dias, totalizando 05 amostras até a sua maturação.

No restaurante do IFMA - Campus Codó, é desperdiçado por dia cerca de 80 kg de resíduos orgânicos, que poderiam ser utilizados na produção de compostagem como oferta de substrato para atividade agrícola. Assim sendo, a técnica de compostagem surge como uma ferramenta indispensável por proporcionar a melhoria das características físicas, químicas, físico-químicas e biológicas do solo.

Na construção do sistema de aeração forçada de compostagem a pilha realizada foi uma mistura de materiais ricos em carbono com outros ricos em N. Os materiais utilizados na construção das leiras podem ser divididos em 2 classes, dentre elas materiais ricos em carbono e N. Foi possível observar que os materiais nitrogenados aceleram o processo de compostagem, porque o N é necessário para o crescimento dos microrganismos e os materiais ricos em carbono fornecem a MO e a energia para a compostagem.

A relação C/N é um índice utilizado para avaliar os níveis de maturação de substâncias orgânicas e seus efeitos no crescimento microbiológico. A atividade dos microrganismos heterotróficos, envolvidos no processo, depende tanto do conteúdo de C para fonte de energia, quanto de N para síntese de proteínas (SHARMA et al., 1997). Esta relação C/N de diversos materiais pode ser visualizada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição de alguns materiais empregados no preparo do composto (resultados em material seco a 110°C). Período: Maio de 2011 a Janeiro de 2012.

Table 1. Composition of some materials used in the preparation of the compound (results in dry material at 110 °C). Period: May 2011 to January 2012.

Material vegetal	M.O (g/kg)	C/N	C(g/kg)	N(g/kg)
Bagaço de laranja	112,55	12	528	44
Borra de café	433,95	27	675	25
Arroz (palhas)	271,7	10	300	30
Abacaxi (fibras)	357,05	845	845	01
Arroz (cascas)	425,0	603	603	01

M.O – matéria orgânica e C/N – relação carbono/nitrogênio.

Uma característica que é de grande importância no processo de compostagem é a dimensão das partículas dos materiais. Dessa forma, o processo de decomposição é iniciado juntamente com a superfície das partículas, na existência do oxigênio difundido na película de água que as cobre, onde o substrato seja acessível aos microrganismos, bem como às suas enzimas extracelulares.

Foi possível observar pelo processo de compostagem que quanto mais baixa a relação entre C/N mais rápido à técnica de compostagem termina. Diante disso, o solo pode ajudar a manter a estabilidade da pilha e ser utilizado como inóculo de

microrganismos. As quantidades de solo utilizadas para a construção das pilhas variaram de 1 a 2 cm por cada 30 cm de altura da pilha.

O material orgânico foi amontoado fora da exposição direta do sol, para evitar sua secagem, e fora da exposição da chuva para não ficar sujeita à lixiviação de nutrientes.

A quantificação dos teores de carbono orgânico foi feita em virtude das amostras coletadas nas leiras do sistema experimental de compostagem. Conforme Orrico et al. (2009), a análise baseia-se na ocorrência da matéria orgânica oxidável ser acometida pela mistura sulfocrômica, utilizando-se como fonte calorífica o calor que é formado pela reação do dicromato de potássio com o ácido sulfúrico. Dessa forma, o excesso de agente oxidante, restante do ataque foi determinado pela titulação com sulfato ferroso.

O controle de odores foi ajudado pela metodologia adotada na construção da leira em camadas. Pelo menos metade do carbono da pilha é perdida na forma de dióxido de carbono e o N por volatilização. Assim sendo, como o carbono é perdido mais rapidamente uma aplicação excessiva de N tende a liberar um odor (amônia) desagradável.

3. RESULTADOS

Os resultados que se referem ao monitoramento da variação da temperatura no sistema experimental de compostagem durante o período de 65 dias estão representados na Figura 2.

A temperatura é um parâmetro analisado como fator decisivo na eficiência do processo sobre a redução das características patogênicas de resíduo. Assim sendo, é utilizado como indicador de desempenho da compostagem, sendo recomendado que a temperatura no interior da pilha esteja na faixa de 55 °C a 60 °C, sendo mantida pelo menos 3 dias consecutivos, para que o número de patógenos alcance níveis aceitáveis, de maneira que permita a aplicação no solo (LAU et al., 1992). Partindo desse pressuposto, o recomendável é que a temperatura seja acompanhada durante toda a técnica de compostagem.

Nas Figuras 3 e 4 é possível observar as reduções de sólidos totais e de volume durante a compostagem do material vegetal retido na peneira.

A redução de sólidos totais e de volume observadas (Figura 3 e 4) durante o sistema experimental de compostagem apresentaram comportamentos quadráticos bem próximos, visto que uma variável está diretamente correlacionada à outra, pois a perda de massa seca é demonstrada pela redução do volume ocupado pela pilha.

Na utilização de resíduos vegetais provenientes do restaurante do IFMA - Campus Codó, como substrato para compostagem, pôde-se observar que a redução de volume obedeceu a um comportamento quadrático, ou seja, houve uma redução acentuada nas primeiras semanas de empilhamento seguida de desaceleração gradual até a conclusão da técnica de compostagem.

O material orgânico utilizado nesta pesquisa foi compostado durante 65 dias; no entanto, os maiores valores de temperatura das pilhas foram observados entre 08 a 22 dias de compostagem (Figura 2). Considerando-se que este período seja o mais importante para a inativação dos organismos patogênicos, o tempo de compostagem poderia ser abreviado em cerca de 30 dias; recomenda-se, então, avaliar os teores de C das pilhas nesta época e, se caso fossem maiores que 15% os demais indicadores de qualidade

exigidos pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), deveriam ser reavaliados para confirmar a possibilidade de se reduzir o tempo de compostagem e aumentar o teor de C dos compostos.

O revolvimento das pilhas no sistema experimental de compostagem pode servir para fornecer gás oxigênio para o processo de decomposição. Porém, uma vez realizado com demasiada frequência, pode acarretar num aumento de emissões de amônia (NH₃) e, conseqüentemente, na redução do valor agrônomo do produto final, tendo em vista a diminuição do teor de N.

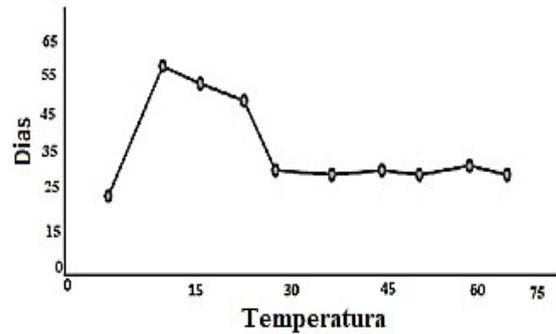


Figura 2. Temperatura média observada durante a compostagem do material vegetal retido na peneira de 1 mm. Período: Maio de 2011 a Janeiro de 2012.

Figure 2. Mean temperature observed during composting of the plant material retained in the 1 mm sieve. Period: May 2011 to January 2012.

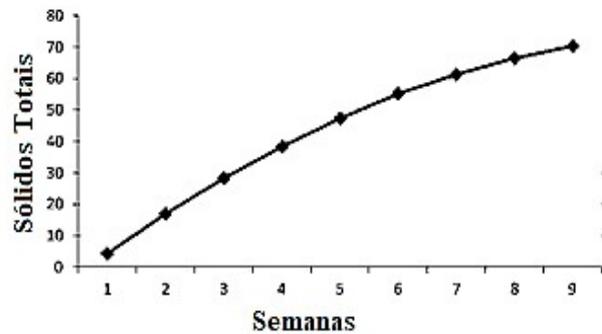


Figura 3. Redução de Sólidos Totais durante a compostagem do material orgânico retido na peneira de 1 mm.

Figure 3. Reduction of total solids during composting of the organic material retained in the 1 mm sieve.

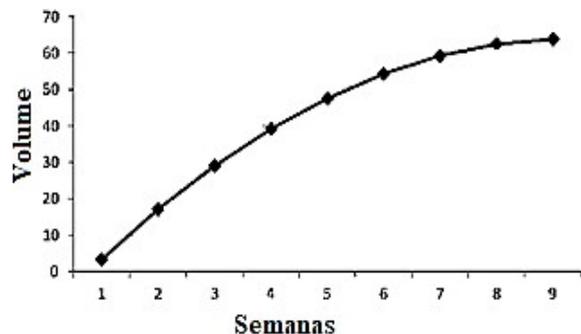


Figura 4. Redução de volume durante a compostagem do material vegetal retido na peneira de 1 mm.

Figure 4. Volume reduction during composting of the plant material retained in the 1 mm sieve.

Com os dados de temperaturas mensurados foi possível observar que o comportamento na fase mesófila alcançou

uma temperatura de aproximadamente 35°C, durante os primeiros 7 dias, tempo necessário para aclimatar os microrganismos com o ambiente em que foram inseridos.

A partir do 8º dia, isto é, na segunda semana foi iniciada a fase termófila, e sua temperatura cresceu rapidamente atingindo a temperatura máxima de 70 °C, dando-se o estágio termofílico no qual a decomposição é máxima e pôde durar mais de 21 dias. A partir deste período, a pilha diminuirá de tamanho e ficará mais escura, sendo reflexo da decomposição das substâncias orgânicas, promovida pela atividade microbiana. Foi nessa faixa que ocorreu a higienização do material vegetal.

No início do processo da compostagem o pH obtido foi de 5,4. Nos primeiros dias houve uma queda de pH provocado, devido a formação de pequenas quantidades de ácidos minerais, que logo desapareceram, dando lugar aos ácidos orgânicos. Na medida em que se formaram reagiram com as bases liberadas da MO, sendo neutralizados.

No 8º dia o sistema de aeração forçada foi acionado a fim de oxigenar o meio para evitar a queda do pH para índices inferiores a 4,6. Desse modo, os índices de pH voltaram a aumentar de modo a garantir as atividades microbianas. A variação do pH, como se observa na Figura 5, é uma indicação de que na maior parte do tempo houve a presença de um processo anaeróbico.

A Figura 6 apresenta o teor de retenção máxima de água em intervalos de 7 dias durante todo o período de compostagem.

Foram avaliados alguns parâmetros físico-químicos no sistema de compostagem experimental e observou-se um acréscimo gradual do teor de carbono orgânico e aumento das temperaturas na segunda e terceira semana; em seguida, as temperaturas começaram a declinar e a relação C/N também diminuiu consideravelmente no final do processo de compostagem, período compreendido até os 65 dias, demonstrando que o composto atingiu a maturação e poderia ser utilizado como adubo vegetal. Portanto, é importante lembrar que o manejo do material vegetal na forma sólida será mais eficiente, conforme se aumenta o teor de carbono orgânico, e diminua a relação carbono/nitrogênio, proporcionará um composto orgânico com maior concentração de nutrientes e de melhor valor econômico.

A umidade nas pilhas achada no sistema experimental obteve um valor superior de 70%, valor este considerado máximo, adiante do qual o material orgânico vegetal permaneceu saturado de água e a atividade microbiana diminuiu por falta de gás oxigênio, durante a compostagem. Nesse contexto, a evaporação de água não compensou a produção de água, que foi resultante do processo de mineralização tanto da MO, quanto da diminuição da matéria seca.

A MO foi mineralizada a uma taxa superior nas pilhas com revolvimento sendo comparação com as pilhas estáticas. Com isso, houve a permissão de maior arejamento e concentração de gás oxigênio e um aumento da atividade metabólica dos microrganismos.

Foi possível observar que houve uma diminuição de forma acentuada do teor de MO nas primeiras duas semanas da técnica de compostagem e depois, visualiza-se uma estabilização nas pilhas com revolvimento na 3ª semana após o início da compostagem e após a 4ª semana nas pilhas estáticas, o que indica uma redução nos materiais orgânicos vegetais, quando comparados com a MO estabilizada.

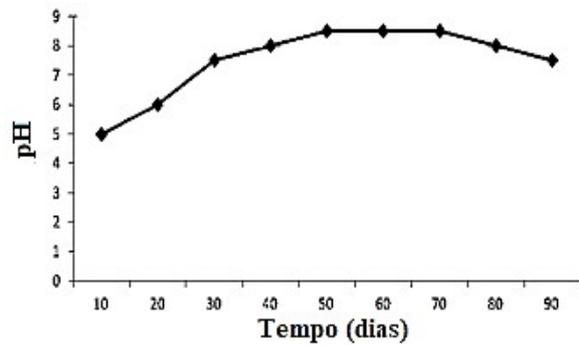


Figura 5. Variação do pH de acordo com o tempo no sistema experimental de compostagem.

Figure 5. Variation of pH according to the time in the experimental composting system.

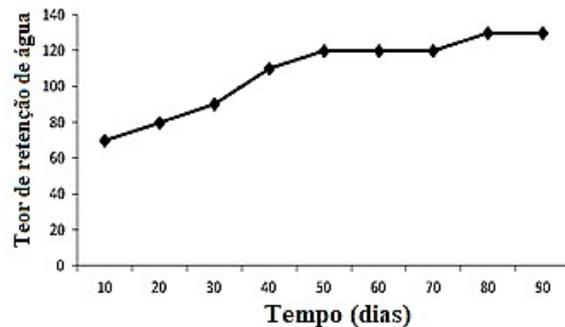


Figura 6. Comportamento da capacidade máxima de retenção de água no canteiro do sistema experimental de compostagem.

Figure 6. Behavior of the maximum water retention capacity at the experimental composting system.

A temperatura é fator importante, sobretudo, no que diz respeito à rapidez do processo de biodegradação e a eliminação de patógenos, sendo também um indicativo da ação biológica que reflete a eficiência do processo. Dessa forma, o aumento de temperatura no início da compostagem influenciou o equilíbrio $N-NH_4^+$ no sentido da produção de amônia, aumentando sua transferência para a atmosfera. O pH elevado também aumenta o equilíbrio $NH_4^+ : NH_3$ no sentido da produção de amônia. Partindo dessa premissa, alto valor de pH e temperatura elevada durante o processo do sistema experimental de compostagem condicionou o balanço NH_3/NH_4^+ e a emissão de amônia.

A relação C/N no sistema experimental mostrou-se superior no início da compostagem. Para tanto, a volatilização da amônia foi limitada pela imobilização do N nos microrganismos decompositores. Levando-se em consideração o baixo teor de $N-NH_4^+$, o aumento do teor de $N-NH_3$ no final da compostagem, a baixa relação C/N e a descida de temperatura, o composto mostrou-se estabilizado aos 65 dias de compostagem.

4. DISCUSSÃO

Foi possível observar no final da compostagem que o teor de N total presente no composto vegetal das pilhas, esteve de acordo com o padrão do teor de N da maioria dos compostos comerciais que são produzidos em climas quentes (HADAS; PORTNOY, 1997).

Para Rebolledo et al. (2008), a temperatura na técnica de compostagem é o fator que determinará a sucessão das populações microbianas e sua representatividade nas fases de degradação, sendo elas a mesofílica e a termofílica. Para

Arthurson (2008) pode ser também usada como referencial de indicação da evolução e qualidade do processo. Nesse contexto, a eficiência da sanitização depende do tempo de exposição do material, da leira a altas temperaturas e da sua uniformidade em toda a leira.

Em estudo com compostagem da mistura de dejetos de suínos e serragem, Tiquia et al. (1997), afirmam que a aferição da temperatura pode indicar a taxa de decomposição e a maturidade do composto, sendo considerado maduro, quando a temperatura atingir valores próximos a temperatura ambiente.

Na fase termófila ocorre à máxima decomposição dos compostos orgânicos, sendo considerada uma fase de degradação ativa de polissacarídeos como o amido (PEIXOTO, 1988; SNELL, 1991). A celulose e as proteínas, quando transformados em subprodutos são utilizados pela microbiota (PEREIRA NETO, 2007).

A faixa de pH considerada ótima para o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela compostagem situa-se entre 5,5 e 8,5, uma vez que a maioria das enzimas se encontram ativas nesta faixa de pH (RODRIGUES et al., 2006).

De acordo com Peixoto (1988), o fator de maior importância no processo de decomposição da MO é a aeração. Esse fator pode ser classificado como o principal mecanismo capaz de evitar altos índices de temperatura durante a compostagem, de aumentar a velocidade de oxidação, diminuir a liberação de odores e reduzir o excesso de umidade de um material em decomposição (KIEHL, 2004).

Baird (2002), afirma que o sistema carbônico, compreende as moléculas de CO₂, bicarbonato (HCO₃⁻) e carbonato (CO₃²⁻) que se apresentam em equilíbrio em função do pH.

Conforme Ramjeawon (2001), a propriedade de tamponamento do pH, vem naturalmente da produção do CO₂ e da liberação de íons carregados positivamente, da decomposição de proteínas e outros substratos, para formar alcalinidade de bicarbonato.

5. CONCLUSÕES

A compostagem é um processo que pode ser utilizado para transformar diferentes tipos de resíduos orgânicos em adubo que, quando adicionado ao solo, melhora as suas características físicas, físico-químicas e biológicas, podendo ser considerada como um processo satisfatório do ponto de vista agrônomo para o tratamento dos resíduos. Além disso, eleva a quantidade considerável de nutrientes que retorna para o solo na forma mineral e orgânica.

O índice de pH, a temperatura e a relação C/N encontrados no sistema experimental de compostagem foram parâmetros que garantiram a eficiência do composto vegetal quando aplicado diretamente ao solo. A temperatura que foi verificada na maioria das pilhas da técnica de compostagem garantiu a higienização dos compostos finais e observou-se que um número reduzido de revolvimentos foi suficiente no processo de compostagem. Considerando que o teor de N aumentou na mesma proporção que a redução da MO, conclui-se que a MO foi compostada com perdas mínimas de N. A redução do número de revolvimentos na fase termófila da compostagem diminuiu o custo da compostagem e o risco de dissecação excessiva das pilhas.

Foi desenvolvida a técnica de compostagem no restaurante do IFMA - Campus Codó, com a finalidade de acelerar a qualidade e a estabilização (também conhecida como humificação) da MO. O composto melhora a qualidade do solo e reduz a contaminação e poluição ambiental; estimula o exercício à cidadania pela contribuição na diminuição do lixo destinado aos aterros sanitários; melhora a eficiência dos fertilizantes químicos; economiza espaços físicos em aterros sanitários; recicla os nutrientes e elimina agentes patogênicos dos resíduos domésticos.

6. REFERÊNCIAS

- ARTHURSON, V. Proper sanitization of sewage sludge: A critical issue for a sustainable society. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 74, p. 5267-5275, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1128/AEM.00438-08>.
- BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. p. 463-473.
- CHADWICK, D. R. Emissions of ammonia, nitrous oxide and methane from cattle manure heaps: Effect of compaction and covering. **Atmospheric Environment**, v. 39, n. 4, p. 787-799, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.10.012>.
- BRITO, M. J. C. **Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial e utilização do composto como substrato**. 2008. 124f. Dissertação de Pós Graduação – Universidade Tiradentes, Aracaju, SE, 2008.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento exploratório-reconhecimento de Solos do Estado do Maranhão**. SNLCS. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS/SUDENE. DRN, 1986. 964p. (Boletim de Pesquisa 35)
- FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. **Manual prático para a compostagem de biossólidos**. 1º ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 1999.
- HANSEN, M. N.; HENRIKSEN, K.; SOMMER, S. G. Observations of production and emission of greenhouse gases and ammonia during storage of solids separated from pig slurry: Effects of covering. **Atmospheric Environment**, v. 40, n. 22, p. 4172-4181, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2006.02.013>.
- KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 4 ed. Piracicaba: E. J. Kiehl, 2004. 173 p.
- NASCIMENTO, R. A. **Desempenho de reator anaeróbio de manta de lodo utilizando efluentes líquidos de indústria alimentícia**. 1996. 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.
- NASCIMENTO FILHO, A. J. do. **Preceitos para a compostagem numa perspectiva empresarial, o caso SEBRAE-Recife**. Dissertação. Recife: ITEP, 2012.
- PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. Viçosa: UFV, 2007. 81p.
- PEIXOTO, R. T. dos. G. **Compostagem: opção para o manejo orgânico do solo**. Londrina: IAPAR, 1988. 46p.

- RAMJEAWON, T. A. **Modeling approach for determining the alkalinity requirement for the treatment of weakly buffered carbohydrate industrial wastewaters by the UASB process.** In: World Congress Anaerobic Digestion, 9, 2001, Antuérpia. Proceedings. Antuérpia: Technological Institute, 2001. v.2, p571-574.
- RAVIV, M.; MEDINA, S.; KRASNOVSKY, A.; ZIADNA, H. Organic matter and nitrogen conservation in manure compost for organic agriculture. **Compost Science and Utilization**, v. 12, n. 1, p. 6-10, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/1065657X.2004.10702151>
- RODRIGUES, M. S.; SILVA, F. C.; BARREIRA, L. P.; KOVACS, A. Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos. In: SPADOTTO, C.A.; RIBEIRO, W. (Orgs.) **Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria.** Botucatu: FEPAF, 2006. p. 63-94.
- REBOLLIDO, R.; MARTÍNEZ, J.; AGUILERA, Y.; MELCHOR, K.; KOERNER, I.; STEGMANN, R. Microbial populations during composting process of organic fraction of municipal solid waste. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 6, p. 61-67, 2008.
- SHARMA, V. K.; CANDITELLI, M.; FORTUNA, F.; CORNACCHIA, G. Processing of urban and agroindustrial residues by aerobic composting: Review. **Energy Conversion and Management**, v. 38, n. 5, p. 453-478, 1997. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(96\)00068-4](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(96)00068-4).
- SNELL, J. R. **Role of temperature in garbage composting.** In: The biocycle guide to the art & science of composting. Emmaus: J.G. Press, 1991. p. 224-256.
- SILVA, M. E. de C. (Coord.). **Compostagem de lixo em pequenas unidades de tratamento.** Viçosa: CPT, 2008. 259p.
- SOMMER, S. G.; MOLLER, H. B. Emission of greenhouse gases during composting of deep litter from pig production - effect of straw content. **The Journal of Agricultural Science**, v. 134, n. 3, p. 327-335, 2000.
- TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y.; HODGKISS, I. J. Effects of turning frequency on composting of spent pig-manure sawdust litter. **Bioresource Technology**, v. 62, n. 1-2, p. 37-42, 1997. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(97\)00080-1](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(97)00080-1).
- WEBB, J.; CHADWICK, D.; ELLIS, S. Will storing farmyard manure in compact anaerobic heaps be a simple and effective means of reducing ammonia emissions? In: SANGIORGI, F. (Ed.) **Technology transfer.** Paris: Cemagref, 2001. p.161-166.
- ZHU, N. Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice. **Bioresource Technology**, v. 98, n. 1, p. 9-13, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.12.003>.