



III-194 - COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS DE RESTAURANTES EM UM REATOR AERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE

Rodrigo Sondermann Muniz ⁽¹⁾

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Mestrando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

André Luís de Sá Salomão

Biólogo pela Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO). Mestrando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

Marcia Marques Gomes

Bacharel e Mestre em Biologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), PhD em Engenharia Química pela Royal Institute of Technology (KTH), Suécia. Prof. Adj. do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente, Mestrado em Engenharia Ambiental e Doutorado em Meio Ambiente da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

William Hogland

Bacharel e Mestre em Engenharia Civil e Doutor em Engenharia de Recursos Hídricos pela Lund University, Suécia. Professor Titular em Engenharia Ambiental e Reciclagem da University of Kalmar (HIK), Suécia.

Endereço ⁽¹⁾: Rua São Francisco Xavier, 524 Bloco F, 4º andar, sala 4105 F – Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 20550-900, Brasil. Tel: (21) 9843-2003, e-mail: drigosm3012@yahoo.com.br

RESUMO

Devido aos impactos ambientais e custos de coleta, transporte e disposição final de resíduos sólidos domiciliares, a compostagem descentralizada da fração orgânica desses resíduos (próximo à fonte geradora como condomínios, escolas, restaurantes, etc) representa uma estratégia atraente, particularmente para países em desenvolvimento onde, pois a maior porcentagem do lixo gerado é constituído de matéria orgânica passível de compostagem. O presente projeto consiste em testar e aprimorar um reator de compostagem de aeração forçada com fluxo ascendente para tratar resíduos de cozinha de restaurantes. O equipamento foi originalmente desenvolvido por um grupo de técnicos e pesquisadores suecos com a capacidade para processar aproximadamente 120 Kg dia⁻¹. O estudo, com vistas à tropicalização da mencionada tecnologia faz parte de um projeto mais amplo de cooperação entre a Universidade de Kalmar e a Universidade do Estado do Rio de Janeiro UERJ. O presente artigo baseou-se no período de treinamento e teste pelos autores realizado durante o verão europeu (julho-agosto 2008), quando a tratabilidade de resíduos orgânicos provenientes de três restaurantes de pequeno porte localizados na marina, em uma pequena cidade sueca litorânea de Kalmar, cujos resíduos orgânicos apresentavam alto percentual de gordura de frituras e de frutas cítricas durante.

PALAVRAS-CHAVE: compostagem, reator de aeração forçada, pH, resíduo orgânico domiciliar.

INTRODUÇÃO

A despeito das pesquisas para desenvolvimento de sistemas aperfeiçoados de tratamento de resíduos sólidos municipais (Horisawa et al, 2001; Sundberg *et al.*, 2003; Marques & Hogland, 2002; Hogland et al, 2003; Tognetti et al, 2007), um dos grandes problemas de saneamento existentes ainda hoje, refere-se à escolha da estratégia de tratamento de resíduos orgânicos de fácil biodegradabilidade, que constituem uma das frações mais relevantes do lixo urbano gerado, particularmente nos países em desenvolvimento, tendo em vista que o lixo orgânico contribui significativamente para a carga orgânica presente no chorume de aterros sanitários.

Biodigestores em grande escala foram amplamente testados ao longo dos anos em todo o mundo e, na maioria das vezes mostraram-se ineficazes, por não reduzirem custos financeiros nem ambientais de coleta e transporte, exigirem triagem e pré-tratamento/processamento e produzirem composto frequentemente com qualidade final baixa devido à contaminação com metais tóxicos, entre outros. Tais fatores limitantes são praticamente eliminados quando a estratégia de compostagem é descentralizada e em pequena escala (Marques & Hogland, 2002; Hogland et al, 2003).

A compostagem descentralizada de resíduos sólidos domiciliares - RSU surge em contraste à compostagem centralizada tradicional que processa grandes volumes de resíduos de muitos geradores, sem separação na



fonte e que se dá através da operação de grandes leiras ou de reatores de grande porte. Enquanto a compostagem centralizada apresenta como única vantagem, a redução das emissões provenientes da matéria orgânica biodegradável que deixa de ser disposta em aterros, a compostagem descentralizada utiliza desde instalações domiciliares simples, sem controle ou monitoramento de processos (ex: composteiras domésticas), até reatores com sistemas eletro-mecânico de trituração e aeração e com monitoramento de processos operados manual ou automaticamente.

A compostagem descentralizada da fração orgânica biodegradável segregada na fonte constitui-se em umas das estratégias importantes para (i) redução considerável dos custos de coleta e transporte e (ii) redução das emissões geradas durante coleta e transporte, (iii) controle das emissões geradas durante a disposição final e (iv) aumento da qualidade do composto, visto que isento da contaminação por outros resíduos que não os orgânicos biodegradáveis. As reduções dos custos de transporte e do consumo de energia na compostagem descentralizada decorrem do fato de que o volume final do composto maduro representa aproximadamente 20% do volume original da matéria orgânica.

Nesse sentido, é de grande relevância ambiental e sócio-econômica a otimização dos processos aeróbios e o desenvolvimento de reatores de pequena escala que possam atender a pequenas comunidades, condomínios residenciais, hotéis e restaurantes, somente para citar alguns usuários em potencial. O processo de compostagem otimizado tem um turnover relativamente curto e as temperaturas altas atingidas durante a fase termofílica (60°C ou mais) reduzem o risco da presença de organismos patogênicos no composto maduro (Hogland et al., 2003). Embora amplamente estudado durante décadas, o processo de compostagem ainda requer aprimoramentos, principalmente no que diz respeito aos sistemas engenheirados (ex: reatores/biodigestores de pequeno e médio porte) para alcance de desempenho técnico-econômico desejado. O efeito de determinadas variáveis sobre o processo não está totalmente elucidado. Por exemplo, foi verificado que a taxa de respiração microbiana é fortemente reduzida em temperaturas ao redor de 46°C e pH abaixo de 6,0, comparado com composto com pH mais alto e temperaturas mais baixas. Portanto, a combinação de temperatura alta e pH baixo é provavelmente um fator adverso à compostagem (Sundberg et al, 2004). Além disso, as condições locais (volume e composição do lixo gerado per capita, grau de umidade do lixo, temperatura ambiente, forma de acondicionamento, etc) frequentemente exigem que reatores sejam adaptados e eventualmente redesenhados para ótimo funcionamento.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a tratabilidade dos resíduos orgânicos provenientes de três restaurantes de pequeno porte, localizados em uma pequena cidade sueca litorânea com alto percentual de resíduos de gordura de frituras e frutas cítricas durante o verão europeu. Ao mesmo tempo, objetivou-se testar o funcionamento de um reator aeróbio de aeração forçada e fluxo ascendente para tratar resíduos de cozinha de restaurantes em pequena escala. O reator, originalmente desenvolvido por um grupo de pesquisadores suecos encontra-se atualmente instalado na Ilha Grande onde testes para aperfeiçoamento eletromecânico e operacional com vistas à tropicalização tecnológica estão sendo conduzidos. O estudo faz parte de um projeto mais amplo de cooperação entre a UERJ e a Universidade de Kalmar, Suécia na área de tecnologias ambientais e ecotecnologias.

MATERIAIS E MÉTODOS

O reator para compostagem estudado foi construído em aço inoxidável e tem um diâmetro de 96 cm, altura de 185 cm e capacidade para 830 L e apresenta um revestimento para isolamento térmico (Figura 1). O reator possui uma câmara de alimentação e um triturador com capacidade de 12 L e um sistema de aeração forçada ascendente. O composto é introduzido pela câmara de alimentação e descarregado a partir de um tubo de saída localizado na parte superior do corpo cilíndrico (Figura 2). O equipamento possui um sistema de “mixer” interno que revolve a matéria orgânica por 2 min, a cada intervalo de 10 min. Segundo testes anteriores realizados pelo grupo de pesquisa sueco, tal reator teria o potencial de produzir composto maduro num período de 3 semanas, caso as condições ideais forem mantidas, tais como taxa C:N, faixa de pH e de umidade, materiais estruturantes em quantidades adequadas para otimizar a distribuição do ar na massa compostada (Marques & Hogland, 2002).



Figura 1: Foto do reator de aerção forçada de fluxo ascendente

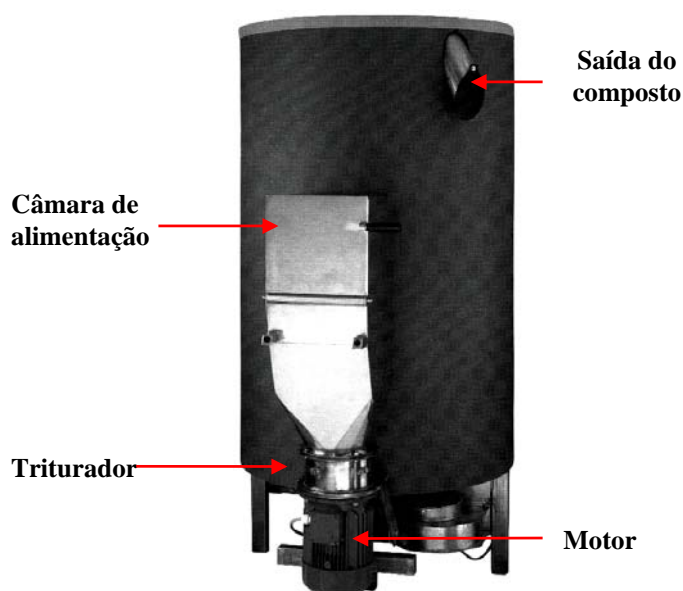


Figura 2: Componentes do reator aeróbio de fluxo ascendente

O experimento foi realizado durante o verão sueco de 2008, para reproduzir condições mais próximas o possível das condições brasileiras, durante um período de 20 dias, com o reator sendo abastecido com resíduos orgânicos proveniente de três pequenos restaurantes denominados R1, R2 e R3, localizados nas proximidades de um cais com perfil e infra-estrutura voltados para turismo náutico em uma cidade onde a separação na fonte em diferentes frações faz parte das práticas urbanas.

A fração orgânica foi caracterizada durante a primeira semana do experimento (Tabela 1). Da alimentação diária (25 kg peso úmido) de lixo, retiravam-se componentes não biodegradáveis eventualmente encontrados, e decorrentes de falhas no sistema de separação na fonte tais como plásticos, metais, vidros, resultantes de falhas no sistema de separação na fonte (Figura 3). A fração orgânica era diariamente acrescida de 10% de pó de serra (material estruturante). Composto obtido a partir de esterco de cavalo (nos primeiros 4 dias de alimentação do reator) e composto obtido a partir de resíduos de poda de jardim (nos 3 dias subsequentes) foram adicionados durante os primeiros 7 dias, representando 10% do total de peso úmido de lixo diário com percentuais decrescentes até atingir 5% do total de peso úmido no 7º dia de operação do reator.



Figura 3: Separação dos componentes não biodegradáveis do lixo fornecido.

O monitoramento da temperatura ambiente e do composto em diferentes alturas no interior do reator foi realizado no campo utilizando um termômetro de modelo utilizado para solos. A amostragem para determinações em laboratório seguiu os procedimentos especificados pela ABNT 10.007. As determinações de umidade da massa em compostagem foram feitas através de amostras diárias e secagem em estufa a 65°C até atingir peso constante (adaptado de EMBRAPA, 1997) e metodologia descrita por Kiehl (1985). O pH da amostra seca era determinado segundo método adaptado de EMBRAPA (1997) e metodologia descrita por Kiehl (1985). Os sólidos totais e voláteis foram determinados segundo a metodologia descrita em ALPHA (2002). O teor de material volátil possibilitou calcular a porcentagem de carbono (Maragno *et al.*, 2007 e Kiehl, 1985), segundo a fórmula:

$$C \text{ (mg g}^{-1}\text{)} = \frac{\text{teor de sólidos voláteis (mg g}^{-1}\text{)}}{1,8} \quad \text{equação (1)}$$

RESULTADOS

Na caracterização qualitativa das frações orgânicas geradas pelos restaurantes (Tabela 1), nota-se que os restos de comida oriundos particularmente dos restaurantes R1 e R3 são de natureza ácida, influenciando negativamente a velocidade de estabelecimento do processo de compostagem.

Tabela 1. Resultados da caracterização (em % peso úmido) do lixo orgânico de 3 restaurantes, com predomínio dos seguintes componentes na fração orgânica do lixo.

Restaurante	Restos de comida	Restos de papel	Outros
R1	T	G	F
R2	P	G	R
R3	B	G	M

Predomínio de: T=Temperos, molhos, saladas; G=Guardanapos; F=Filtros de papel para café; P=pães e carne; R=Restos de plantas ornamentais; B=Batatas e frutas cítricas; M=Cascas de mexilhões.

O material estruturante (pó de serra) disponível para compostagem apresentou uma granulometria relativamente fina (Tabela 2), o que teoricamente propiciava uma maior superfície específica e conseqüentemente, um melhor suporte microbiano, aeração favorecendo a compostagem. Entretanto, tal material estruturante apresentou o inconveniente de ter um pH baixo (4,8) o que pode ter contribuído para o tempo prolongado da fase ácida inicial também denominada fase fitotóxica (Kiehl, 2004).

Tabela 2. Resultado da caracterização física do pó de serra utilizado.

Diâmetro da partícula (mm)	4,00	2,80	2,00	1,00	0,50	0,25	0,125	< 0,125
Porcentagem	0,03	0,02	0,13	2,95	9,58	38,07	28,22	21,01



A umidade diária durante todo o período estudado manteve-se na faixa de 40% a 65%, não sendo fator limitante, pois a umidade propicia para compostagem varia de 40% a 60% (Pereira Neto, 2007) indicando que a ausência de calor no processo não se deve por falta ou excesso de umidade.

O pH permaneceu ácido durante os primeiros dias e à medida que o volume de resíduos orgânicos aumentava, o pH decrescia (Figura 4). É comum a obtenção de pH ácido no início da compostagem devido à formação de ácidos orgânicos. Entretanto, à medida que ocorre a decomposição da matéria orgânica, o pH apresenta um aumento, favorecendo o crescimento dos microorganismos termofílicos. Segundo Smars *et al.* (2002), o pH em reator aeróbio começa a se elevar em média a partir do 5º dia do início do experimento, podendo chegar a 8,0. Devido ao baixo pH observado, provavelmente em decorrência da composição peculiar do lixo dos restaurantes e do pó de serra, no 12º dia foi interrompido o suplemento de resíduo orgânico e houve adição de calcário (CaCO_3). Nos dias subsequentes, notou-se um aumento discreto do pH, devido às características do calcário utilizado que quando aplicado em solos requer aproximadamente 10 dias para correção de pH.

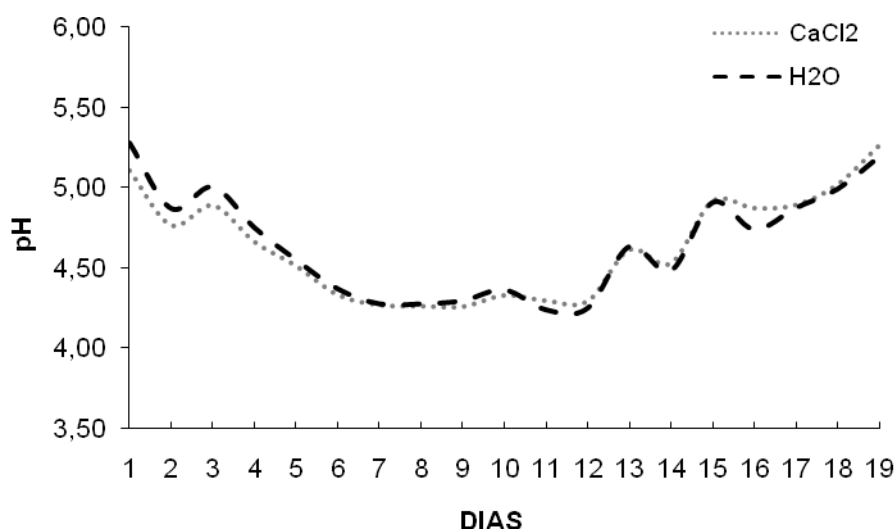


Figura 4: Variação de pH na massa de lixo em processo de compostagem durante os primeiros 19 dias, ilustrando o aumento discreto mas contínuo a partir da adição de CaCO_3 .

A temperatura na massa em compostagem permaneceu durante todo o período acima da temperatura ambiente, mas não atingiu a fase termofílica do processo, onde a temperatura pode chegar a 70°C, indicando que não houve uma alta atividade microbiana termofílica, com microorganismos predominantemente mesofílicos numa faixa de temperatura de 20 a 40°C (Figura 5), conforme Souza *et al.* (2002).

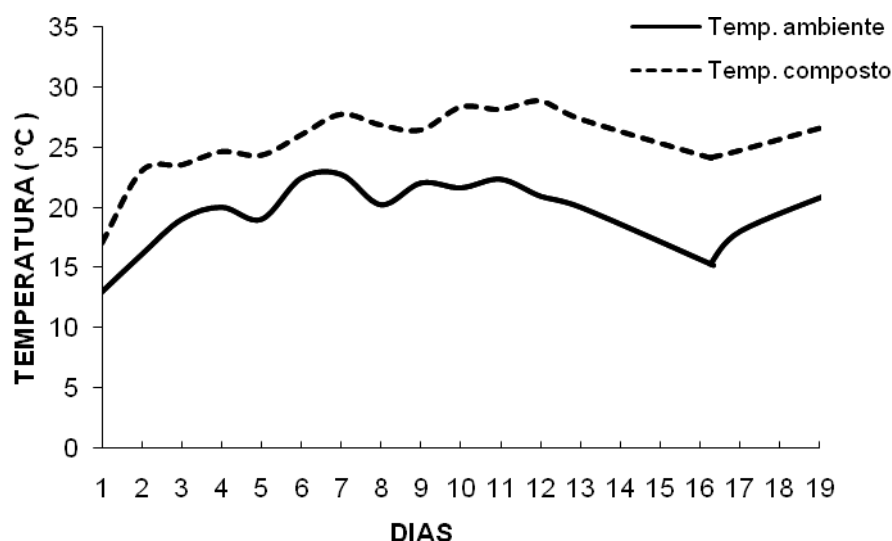


Figura5: Variação de temperatura ao longo do tempo durante os primeiros 19 dias.

Durante o período estudado, os sólidos voláteis mantiveram-se aproximadamente constantes até o 14º dia. Após esse período, houve uma tendência de queda atingindo 13,5% do valor inicial. Tal comportamento sugere ineficiência do processo de compostagem, pois em um processo eficiente, a redução em período similar deveria ser de aproximadamente 50 % do valor inicial (Pereira Neto, 2007) .

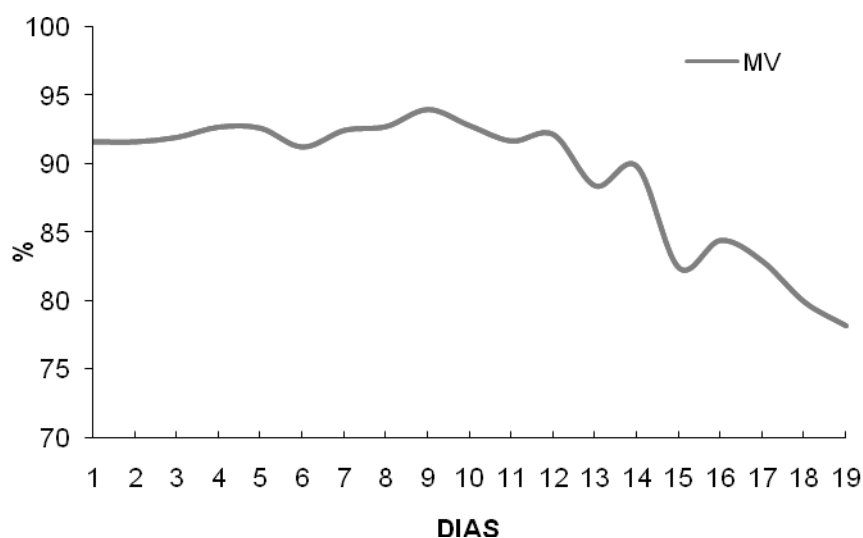


Figura 6: Variação de sólidos voláteis (%) ao longo do tempo.

A taxa de carbono total, por sua vez, manteve-se constante, indicando uma baixa atividade microbiana. Houve um decréscimo discreto do teor de carbono a partir do 12ª dia, provavelmente devido à melhoria das condições de evolução do processo de compostagem com o aumento do pH. Estudos de respirometria conduzidos com amostras de diferentes idades sugerem baixa atividade microbiana aeróbia, comparada aos valores esperados na literatura (Salomão et.al., 2009).

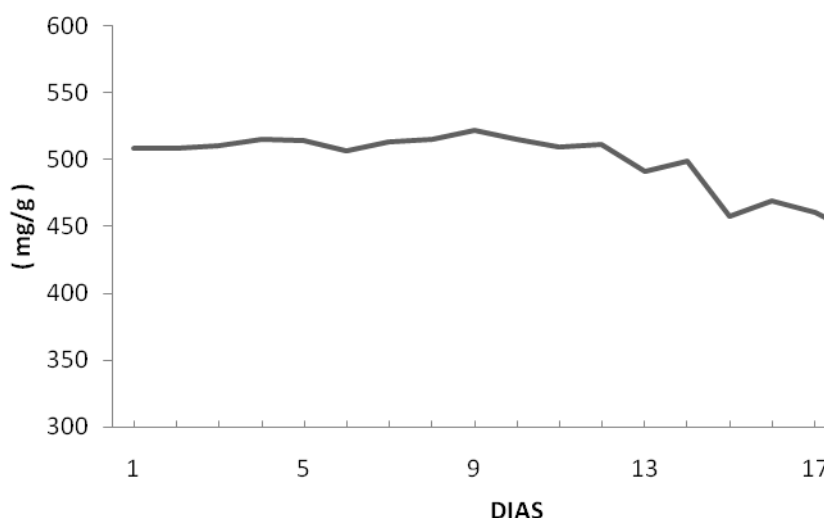


Figura 7: Variação de carbono total orgânico no material orgânico do reator ao longo do período estudado

Com relação aos aspectos eletro-mecânicos do reator, foram identificados itens que necessitam aperfeiçoamento, tais como o sistema de trituração e de aeração, além da possibilidade de redução do ruído gerado.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos durante o período de estudo, conclui-se que:

1. A composição do lixo orgânico utilizado na alimentação do reator assim como do pH inicial do material estruturante adicionado são fatores determinantes do tempo requerido para degradação dos ácidos orgânicos gerados e subsequente elevação do pH;
2. O potencial hidrogeniônico é um fator limitante para a compostagem;
3. Dependendo das características do resíduo orgânico que se pretende processar, é necessária a inclusão de material inoculante para desenvolvimento de bactérias e fungos e, conseqüentemente, otimização do processo de compostagem.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPERJ (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro) pela concessão de Bolsa de Mestrado e auxílio ao projeto de pesquisa E-26/110.446/2007.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT 100007. Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2004.
2. APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; 21st Edition; American Public Health Association, Washington, D.C. 2002.
3. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Métodos de Análise de Solos. 2a Ed. Rio de Janeiro, p. 212, 1997.
4. HOGLAND, W., BRAMRYD, T., MARQUES, M., NIMMERMARK, S., Physical, chemical and biological processes for optimizing decentralized small-scale household composting. *Compost Science & Utilization*, v.11, n.4, p.330-336, 2003.
5. HORISAWA, S., SALUMA, Y., TAMAI, Y. DOI. S., TERAZAWA, M. Effect of environmental temperature on a small-scale biodegradation system for organic solid waste. *Journal of Wood Science*, v.47, n.2, p.154-158, 2001.



6. KIEHL, E.J. Fertilizantes orgânicos, Editora Agronômica Ceres. Piracicaba, 1985.
7. KIEHL, E.J. Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto, editora: Livroceres, 4ª Ed. Piracicaba, 2004.
8. MARAGNO, E. S., TROMBIN, D. F., VIANA, E. O uso da serragem no processo de minicompostagem. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental. v.12, n.4, p.355-360, 2007.
9. MARQUES, M., HOGLAND, W. Processo descentralizado de compostagem em pequena escala para resíduos sólidos domiciliares em áreas urbanas. In: XVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental-AIDIS, Cancún, 2002.
10. PEREIRA NETO, J.T. I Manual de Compostagem: Processo de baixo custo - Ed. Rev e Aum. Viçosa, MG : Ed. UFV, 2007.
11. SALOMÃO, A.L.S., SONDERMANN, R., PEREIRA, D.A., MARQUES, M. Teste respirométrico simplificado na avaliação do processo de compostagem em um reator aerado de fluxo ascendente. 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Recife, 2009.
12. SMARS, S., GUSTAFSSON, L., FRIIS-BECK, B., JONSSON, H. Improvement of the composting time for household waste during an initial low pH phase by mesophilic temperature control. Bioresource Technology, v.84, p. 237-241, 2002.
13. SOUZA, F. C., PEREIRA NETO, J.T., CEBALLOS, B. S. O. Avaliação da compostagem mesofílica e termofílica. VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia sanitária e Ambiental. Vitória, 2002.
14. SUNDBERG, C. Food waste composting - effects of heat, acids and size. Licentiate Thesis. Dept. of Agriculture Engineering, Sveriges Lantbruksuniversitetet - SLU, Uppsala, Sweden. 2003.
15. TOGNETTI, C., MAZZARINO, M.J., LAOS, F. Improving the quality of municipal organic waste compost. Bioresource Technology. v.98, n.5, p.1067-1076, 2007.