



## **Avaliação da estabilização de resíduos orgânicos através da compostagem em escala piloto**

**GUIDONI, Lucas Lourenço Castiglioni<sup>1</sup>; PERUZZO, Arthur<sup>2</sup>; MARQUES, Roger Vasques<sup>2</sup>; CORRÊA, Luciara Bilhalva<sup>2</sup>; CORRÊA, Érico Kunde<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Núcleo de Educação Pesquisa e Extensão em Resíduos e Sustentabilidade(NEPERS). Universidade Federal de Pelotas(UFPel) – lucaslbg@gmail.com

<sup>2</sup> Engenharia Ambiental e Sanitária – Universidade Federal de Pelotas (e-mail)

### **Resumo**

No Brasil a geração de Resíduos Sólidos Urbanos superou 200 toneladas/dia em 2012, com 50% desse total referente a resíduos orgânicos. Visando simular um tratamento simples e compatível que possa vir a ser aplicada em domicílios, este trabalho teve como objetivo realizar o aproveitamento de cascas/restos de frutas, legumes e hortaliças de maneira experimental, e sua estabilização em reatores de 50 litros. Foram propostos três tratamentos, com três repetições, variando a quantidade de Resíduos Orgânicos Úmidos (ROU) e substrato aerador (Casca de Arroz - CA). A adição de resíduos aconteceu em um período de duas semanas, sendo monitorada a temperatura e a presença de fatores indesejáveis como lixiviado, moscas, larvas e odores desagradáveis por um total de 60 dias. Os resultados demonstraram uma maior geração de lixiviado e presença intensa de odores amoniacais no tratamento com maior proporção de ROU, sendo indicada, nessas condições, uma proporção entre 50% e 70% de CA para uma mistura que evite a difusão. A baixa intensidade de odores sulfídricos e a presença irrelevante de moscas e larvas indicam o potencial do tratamento para aplicação nos domicílios; enquanto estudos subsequentes são necessários para aprimorar o controle sobre as alterações ao longo do processo e a respectiva influência nas temperaturas alcançadas.

Palavras-chave: Compostagem domiciliar, Estabilização de resíduos, Resíduos sólidos urbanos.

Área Temática: Resíduos Sólidos.

## **Evaluation of solid waste stabilization through composting in pilot scale**

### **Abstract**

*In Brazil the generation of Municipal Solid Waste was over 200 tons per day in 2012, 50% of this being organic waste. In order to simulate a simple and compatible treatment that may be applied to households, this paper aimed to exploit leftovers of raw fruits and vegetables experimentally, and perform its stabilization in composters of 50 liters. Three treatments were proposed, with three repetitions, ranging the quantity of Organic Household Wastes (ROU – from Portuguese Resíduos Orgânicos Úmidos) and the bulking agent (Rice Husk). The addition of wastes occurred in a two week period, with the monitoring of temperature and presence of undesirable factors as leachate, flies, larvae and unpleasant odors for 60 days. Results showed a higher generation of leachate and intense presence of ammonia odors in the treatment with higher proportion of ROU. In these conditions a proportion between 50% and 70% of rice husk is indicated for a mixture that avoids diffusion. Low intensity of sulphhydryl odors and irrelevant presence of flies and larvae indicate the treatment potential for application in households. Further studies are necessary to improve control over changes during the process and the respective influence in reached temperatures.*

**Keywords:** Home Composting, Wastes Stabilization, Solid Wastes.

**Theme area:** Solid Waste.



## 1 Introdução

No Brasil 84% da população vive em meio urbano, onde a geração per capita de Resíduos Sólidos Urbanos alcançou 1,228 kg/habitante/dia em 2012, que possui ainda índices incipientes de coleta seletiva e reciclagem (BRASIL, 2010<sup>a</sup>; ABRELPE, 2013).

Como consequência, a grande parte coletada é encaminhada sem diferenciação para seu destino final. Entre eles, os aterros sanitários, uma obra de engenharia que previne a degradação ambiental, mas a qual esta prevista pela Lei 12.305 (Política Nacional de Resíduos Sólidos) restrições quanto ao recebimento de materiais que não esgotaram a capacidade de recuperação, tratamento e reaproveitamento (BRASIL, 2010b).

Entre os constituintes dos RSU, a matéria orgânica corresponde a metade do percentual total, sendo amplamente recomendada o tratamento pelo processo de compostagem (KIEHL, 2004; PEREIRA NETO, 2007; FARREL & JONES, 2009; CÓLON *et al*, 2010; ANDERSEN *et al*, 2011; PERUCHIN *et al*, 2013). Essa técnica ocorre a partir da degradação em conjunto de diferentes materiais orgânicos sob condições controladas, principalmente em relação aos teores de umidade e oxigênio, onde a microbiota aeróbia proporciona a transformação do resíduo em um composto final com boas propriedades agrônômica e livre de agentes patogênicos devido à fase termofílica (KIEHL, 2004).

Apesar das diferentes formas de aplicação da compostagem - quanto ao uso de tecnologias e as diferentes escalas - a escolha do método mais adequado para determinada região depende do bom funcionamento da gestão integrada dos RSU, onde também devem ser considerados dimensão populacional e hábitos socioeconômicos e culturais. Nesse sentido, a compostagem domiciliar (compostagem em pequena escala) apresenta menor gasto energético e de recursos quando comparado com os demais métodos, eliminando investimentos com transporte e infraestrutura, uma vez que o mesmo local de onde é gerado o resíduo, também é realizado a reciclagem da matéria prima e uso do composto maturado (ANDERSEN *et al*, 2011).

O objetivo desse trabalho foi desenvolver e avaliar a estabilização de resíduos orgânicos através de um experimento com tratamentos variando a proporção de substrato aerador. Nesse trabalho os parâmetros adotados para avaliação foi o monitoramento da temperatura; alterações no pH; geração de chorume; presença de odores indesejáveis e/ou amoniacais; e presença de moscas e/ou larvas.

## 2 Materiais e Métodos

A investigação foi conduzida no município do Pelotas-RS na região sul do Brasil (Latitude: 31°48'02'' S; Longitude: 52°24'32'' O). O estudo teve duração de 60 dias, durante a estação de verão.

Os resíduos orgânicos úmidos (ROU) utilizados foram coletados do setor do preparo do Restaurante Escola localizado em um dos Campus da instituição, os quais foram previamente caracterizados quali-quantitativamente (PERUCHIN *et al*, 2013), apresentando uma densidade de 300 kg/m<sup>3</sup> e uma versatilidade entre legumes, frutas e hortaliças que pode ser melhor observado no Quadro 1. O substrato aerador utilizado foi a casca de arroz, com densidade igual a 156 kg/m<sup>3</sup>.

Os reatores utilizados eram de polietileno em forma de tronco de cone com tampa, com as dimensões de 0,40m de diâmetro maior, 0,32m de diâmetro menor e 0,5m de altura, totalizando uma capacidade máxima de 50 L. Visando uma melhor aeração, foram perfurados radialmente em quatro alturas (0,05m, 0,15m, 0,25m e 0,45 a partir da sua base), com orifícios de 0,005m de diâmetro, totalizando 25 por altura. Os reatores foram dispostos em um estrado de madeira e na base foi acoplado um coletor de lixiviado de 0,5 L, como pode ser observado na Fig. 1.



Quadro 1 - Caracterização quali-quantitativa dos ROU utilizados no sistema de compostagem em pequena escala.

Resíduo (sobras/cascas)	Quantidade (kg)	Resíduo (sobras/cascas)	Quantidade (kg)
Cenoura	13,66%	Rúcula	4,65%
Banana	12,70%	Beterraba	3,85%
Repolho	11,13%	Pepino	3,63%
Alface	7,44%	Cebola	3,11%
Maça	7,37%	Tomate	2,32%
Abobora	5,41%	Agrião	1,36%
Chuchu	5,15%	Outros	13,21%
Laranja	5,01%	-	-

Figura 1 – Reatores utilizados no sistema de compostagem em pequena escala do estudo.



Tabela 1 – Delineamento experimental empregado para condução do experimento.

Tratamentos	Condições		Variáveis Independentes	Variáveis Dependentes
	ROU/CA (%)	Volume (L) ROU/CA	Tempo (dias)	
1	30/70	1,2 / 2,8	1, 4, 7, 9, 10 11, 15, 17, 18	Temperatura pH
2	50/50	2,0 / 2,0	22, 25, 29, 32 36, 39, 43, 46	Lixiviado Mosquitos
3	70/30	2,8 / 1,2	50, 53, 57, 60	Larvas Odor AM. e SUL. *

\*Odor amoníaco(AM) e sulfídrico (SUL)

3 tratamentos x 3 repetições x 20 coletas x 5 avaliações = 900 análises;

Visando estudos seguintes com análises físico-químicas foram coletadas duas vezes por semana amostra do composto de cada reator, totalizando 16 coletas, 144 amostras.

Ao total foram utilizados 9 reatores (Fig. 1) que foram dividido em três tratamentos (T1, T2 e T3) com três repetições cada, onde a proporção de ROU e CA adicionada por dia variou segundo a Tabela 1. A operação dos reatores iniciou com a adição de camada fina de material aerador preenchendo a base, onde as sobras de cascas de frutas, legumes e hortaliças geradas no restaurante foram dispostas a cada dia. A etapa de adição de resíduos ocorreu durante os dez primeiros dias em que o restaurante gerou resíduo, encerrando no 14º dia do estudo. Após a adição dos ROU, a proporção de CA (conforme Tab. 1) foi despejada de forma a cobrir a superfície do resíduo recém adicionado. Essa frequência de adição foi adotada visando simular a geração de resíduos orgânicos em um domicílio. Após esse período, o material permaneceu dentro dos reatores por mais 6 semanas, finalizando o estudo no 60º dia.

A capacidade máxima útil do reatores foi estipulada em 40 L, deixando assim uma margem livre para realizar o reviramento manual do material, sendo efetuadas com auxílio de uma pá de jardim, duas vezes por semana, sempre após o registro da temperatura, durante todo período de estudo.



Duas vezes por semana foi verificado a temperatura e a presença de parâmetros indesejáveis no processo de compostagem, sendo: odores amoniacais e sulfídricos; de moscas ou larvas. O registro da temperatura dos reatores ocorreu através de termômetro digital com haste em inox (Incoterm®), com precisão de  $\pm 1^\circ\text{C}$ , quando cada reator foi verificado a temperatura em três pontos a meia profundidade. O monitoramento dos parâmetros indesejáveis ocorreu por meio de escala linear não estruturada de 9 cm ancoradas em “0 – ausência e 9 – extrema presença”, avaliado sempre pelo mesmo observador e no mesmo horário, adaptando assim a metodologia utilizada por Costa et al. (2009).

O volume de lixiviado gerado e acumulado no coletor, e o volume do material em estabilização dentro dos reatores foram registrados uma vez por semana. O volume ocupado nos reatores foi calculado a partir da medição da altura (h) e do diâmetro da superfície do material armazenado. Considerando o reator como tronco de cone reto, obtemos seu volume através da Eq. 1. Onde, “V” é o volume ocupado pelo material armazenado, “R” é o raio ocupado pela superfície do material e “r” o raio da base do reator.

$$V = \frac{[\pi \times h (R^2 + R \times r + r^2)]}{3} \quad (1)$$

Os dados de temperatura e pH obtidos foram analisados e tabulados com auxílio do software *Statistica 6.0* da Statsoft® e tiveram sua normalidade observada, dando seguimento a Análise de Variância unifatorial (ANOVA). A Diferença Mínima Significativa (DMS) foi calculada utilizando teste de Tukey com intervalo de confiança de 95%. O acumulado de lixiviado foi analisado por teste “t” com três pareamentos entre os parâmetros ( $\alpha = 0,05$ ) (MONTGOMERY & RUNGER, 2012).

### 3 Resultados e Discussões

A degradação e transformação do material ao longo da compostagem resultam na liberação principalmente de calor, vapor d’água, gás carbônico, e muitas vezes outros gases e lixiviados, que contribuem na redução da quantidade do material que iniciou o processo (ANDERSEN, 2011). A redução de massa encontrada na literatura para métodos tradicionais de compostagem alcança entre 20 a 40% (KIEHL, 2004; FARREL & JONES, 2009). Enquanto em um trabalho conduzido por Maragno e colaboradores (2007), utilizando reatores de 100 L, o resultado final foi uma redução de 82%.

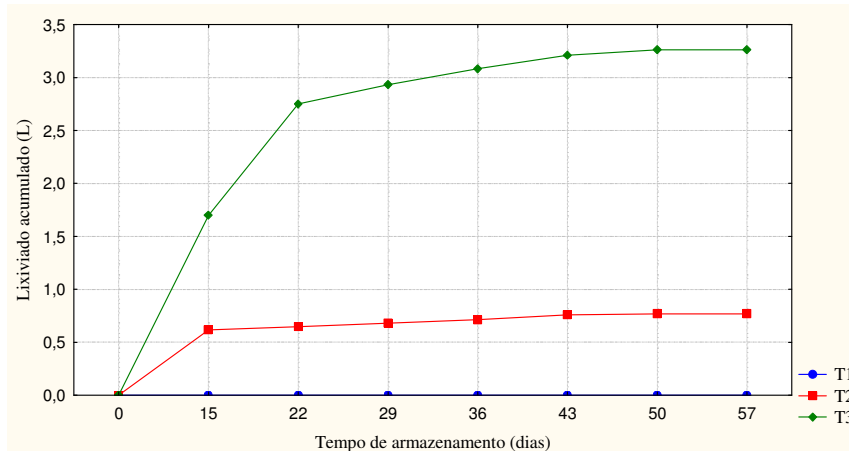
O peso do material adicionado por dia foi de 0,80 kg para T1; 0,91 kg para T2 e 1,03 kg para T3, correspondendo a 8,0; 9,1 e 10,2 kg ao longo do período de adição. O peso final do composto foi de 5,5 kg; 6 kg e 4,9 kg, totalizando uma redução em peso aproximada em 31,2 % para T1; 34% para T2 e 51,9% para T3 em relação a quantidade inicial adicionada.

#### 3.1. Volume de lixiviado

O volume coletado de lixiviado pode ser observado na Fig 2. A alta quantidade de água presente nos tratamentos com maiores proporções de ROU, e a consequente maior compactação do material no decorrer do processo, justifica primeiro dia de liberação de percolado no 9º dia de estudo. Observa-se na Fig. 2, a primeira coleta atingiu  $0,62 \pm 0,10$  L no T2 e  $1,7 \pm 0,3$  L no T3. Após o 50º dia não foi registrado acúmulo de lixiviado nos coletores, resultando no fim dos 60 dias em um total de 0,77L no T2 e 3,36L no T3, enquanto no T1 não foi registrado esse tipo de difusão. O teste “t” indicou diferença significativa entre todos os tratamentos ( $\alpha = 0,05$ ), mostrando que a razão ROU/CA utilizada influencia o volume que será lixiviado da massa total.



Figura 2 – Volume de lixiviado acumulado durante 60 dias de armazenamento

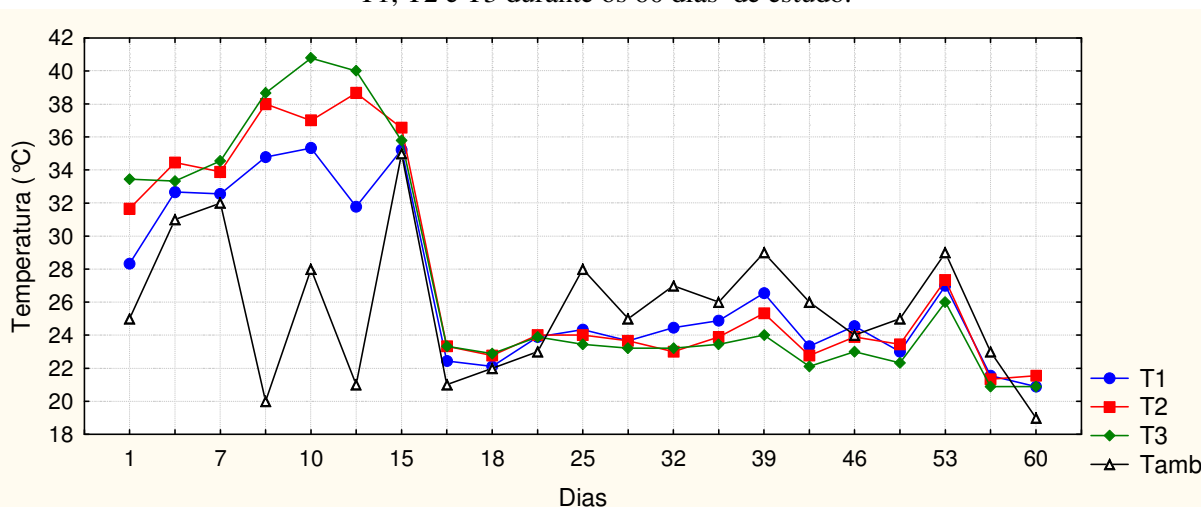


### 3.2. Temperatura

Não houve diferença significativa entre as médias das amostras, concluindo-se que a temperatura central do reator não é afetada pela aplicação de tratamentos diferentes (proporção RO/CA) ( $p < 0,05$ ). Durante os primeiros 15 dias, a adição de resíduos causa uma elevação significativa da temperatura dos reatores pela atividade metabólica da microbiota inerente dos RO ( $p < 0,05$ ), atingindo a fase mesófila ( $30-40^{\circ}\text{C}$ ) na fase mais intensa da degradação. No período em que não há adição de resíduos, o perfil de temperatura se inverte, e a temperatura ambiente passa a ser significativamente maior que as temperaturas internas dos reatores ( $p < 0,05$ ), conforme observamos na Fig 3.

Infer-se ausência de fase termofílica devido a pequena quantidade de material somado pela alta difusão dos gases decorrente da estrutura do material aerador e da frequência dos revolvimentos nos reatores. O máximo de  $41^{\circ}\text{C}$  foi atingindo no 10º dia no T3 por ser o tratamento com maior disponibilidade de nutrientes e umidade para o desenvolvimento da microbiota presente. As mudanças mínimas de temperatura interna dos reatores são fruto da aeração da massa de resíduos, favorecendo ou não para a troca térmica de calor com o ambiente.

Figura 3– Temperatura ambiente e a meia profundidade do material em estabilização nos tratamentos T1, T2 e T3 durante os 60 dias de estudo.



Nota: A temperatura ambiente foi o único parâmetro que apresentou diferença significativa do restante dos tratamentos.





Outros estudos com compostagem em pequena escala, com reatores de 400 e 250 litros e adição periódica de resíduos (CÓLON *et al*, 2010; GUIDONI *et al*, 2012), registraram picos acentuados de temperatura, mas predominantemente valores próximos ao ambiente, justificada pela facilidade de perda de calor para o meio externo devido a pouca quantidade de material em processamento.

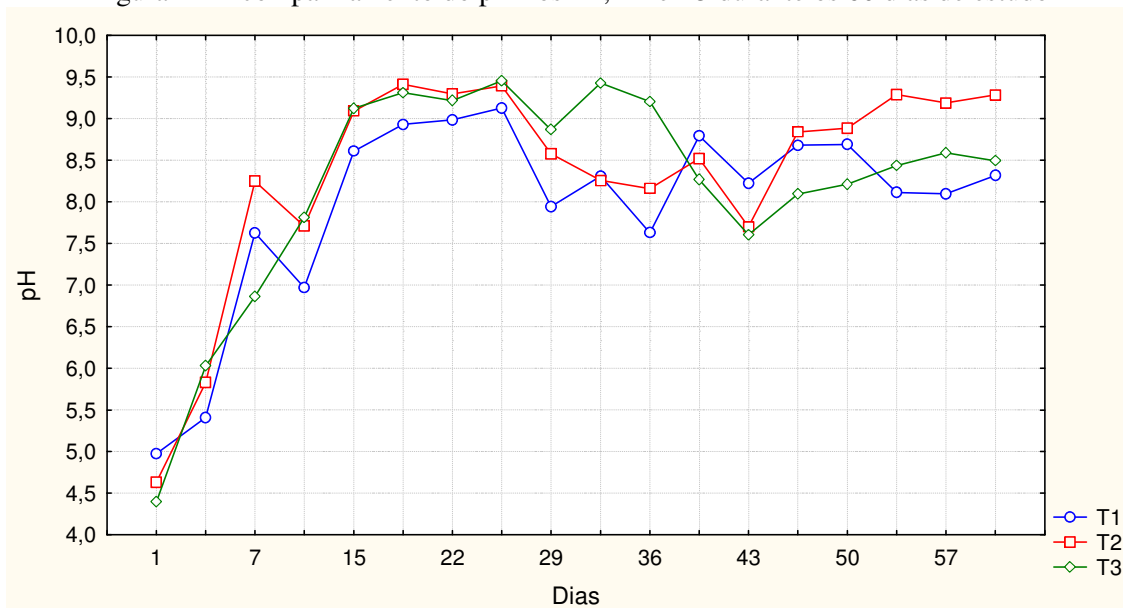
Em relação a presença de micro-organismos patogênicos, Colón *et al*. (2010) afirmam que devido ao longo período de permanência do composto dentro dos reatores, a presença desses organismos é naturalmente diminuída a níveis aceitáveis.

### 3.3. pH

Através da Fig. 4 podemos observar que nos primeiros dias os valores de pH foram abaixo de 6,0, tornando-se básicos após o fim do período de adição dos resíduos e assim permanecendo até o fim do experimento. Os valores médios de pH foram de 7,97; 8,19 e 8,35 para T1, T2 e T3 respectivamente. Não foi detectada diferença significativa entre as médias de pH dos tratamentos no experimento ( $p < 0,05$ ).

Os valores ácidos encontrados são decorrentes do pH dos próprios resíduos orgânicos, intensificados pela decomposição inicial e a liberação de ácidos orgânicos, que por sua vez, quando sintetizados nas etapas seguintes da compostagem, elevam o pH tornando o meio básico (KIEHL, 2005).

Figura 4 – Acompanhamento do pH nos T1, T2 e T3 durante os 60 dias de estudo



### 3.4. Presença de moscas, larvas e odores

A presença de moscas para os três tratamentos, e larvas para T2 e T3, apresentou incidência com baixa intensidade nas duas primeiras semanas de estudo, vindo a desaparecer após o 11º dia. Segundo Pereira Neto (2007), a presença de moscas em tratamentos de resíduos orgânicos é corriqueira, podendo ser controlado com a periodicidade dos revolvimentos e da cobertura do material em degradação, diminuindo a atração desse vetor.

O odor sulfúrico foi notado a partir do 11º dia nos T2 e T3, respectivamente com 1,8 e 2,7 pontos na escala, presente com pouca intensidade e ao revolver o fundo dos reatores, consequente do acúmulo de lixiviado que iniciou no mesmo período e favoreceu a proliferação de microrganismos anaeróbios que ocasionaram o mau-cheiro. A baixa



intensidade desses fatores (moscas, larvas e odor sulfídrico) indica a eficiência da periodicidade no revolvimento e do material aerador como estrutura e cobertura do resíduo em decomposição.

Quanto ao odor amoniacal, foram notados para os T2 e T3 a partir do 17º dia do estudo, indicando a perda de nitrogênio devido a alta presença umidade (lixiviado), e a consequente necessidade de ajuste entre os resíduos úmidos e secos. Esse odor foi percebido com maior intensidade no 25º e 32º dia e prolongou-se até a quinta semana do estudo para T3, conforme Tab. 2.

Tabela 2 – Valores atribuídos a à presença de odores amoniacais.

Dia	T1	T2	T3
17	0	2,7	2,7
18	0	0,9	0,9
22	0	2,7	3,6
25	0	3,6	7,2
29	0	0	3,6
32	0	0	9
36	0	0	3,6

Referente ao composto final, não foi possível identificar o material de origem (ROU), enquanto a CA apresentou alteração na coloração, mas encontrou-se pouco degradada. Dessa maneira, a reutilização deste material em novos processos de estabilização de resíduos orgânicos é indicada, até obtenção de um composto com predominância de húmus.

#### 4 Conclusões

Os resultados demonstraram que a baixa intensidade de odores sulfídricos e a presença irrelevante de moscas e larvas indicam o potencial do tratamento para aplicação em domicílios.

Foi identificada uma maior geração de lixiviado e presença intensa de odores amoniacais no tratamento com maior proporção de ROU, sendo indicada, nessas condições, uma proporção entre 50% e 70% de CA para uma mistura que evite a difusão.

As diferentes razões de ROU/CA utilizadas, não afetam significativamente a temperatura central dos reatores, dessa forma estudos subsequentes são necessários para aprimorar o controle sobre as alterações ao longo do processo de compostagem e a respectiva influência nas temperaturas alcançadas.

#### Referências

ANDERSEN, J. K.; BOLDRIN, A.; CHRISTENSEN, T. H.; SCHEUTZ, C. Mass Balances And Life Cycle Inventory Of Home Composting Of Organic Waste. **Waste Management**, Denmark, v.31, p.1934-1942, 2011.

<sup>a</sup>BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico**, 2010.

<sup>b</sup>BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei Nº 12.305 de 02 de Agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2010.



ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil-2012**. São Paulo, 2013. 116p.

CÓLÓN, J.; BLANCO, J. M.; GABARRELL, X.; ARTOLA, A.; SÁNCHEZ, A.; RIERADEVALL, J.; FONT, X. Environmental Assessment of Home Composting. **Resources. Conservation and Recycling**, Barcelona, v.54. p.893-904, 2010.

COSTA, M S. S. M.; COSTA L. A. M; DECARLI, L.D.; PELÁ. A.; SILVA, U. F. M.; OLIBONE, D. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. **Rev. Bras. Eng. Agrícola e Ambiental**, Campina Grande , v. 13, n. 1, 2009.

FARREL, M.; JONES, D. L. Critical evalution of municipal solid waste composting and potential compost markets. **Bioresource Technology**. Amsterdam, v. 100, p. 4301-4310, 2009.

GUIDONI, L.L.C. ; BITTENCOURT, G.A. ; MARQUES, R.V. ; CORRÊA, L. B; CORRÊA, É. Compostagem Domiciliar: Implantação e Avaliação do Processo. **Revista Tecno-lógica**, v. 17, p. 44-51, 2013.

KIEHL, E. J. **Manual da Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto**. Piracicaba: 4ª ed. 2004. 173p.

KIEHL, E. J. **Adubação orgânica: 500 perguntas e respostas**. Piracicaba: E. J. Kiehl, 2005. 243p.

MARAGNO, E. S.; TROMBIN, D. F.; VIANA. E. O Uso Da Serragem No Processo De Minicompostagem. **Rev. Bras. Eng. Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, vol.12, n.4, p.355-360, 2007.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 5ªEd.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual da compostagem: processo de baixo custo**. Viçosa, MG: ed. Ufv, 2007. 81p.

PERUCHIN, B.; GUIDONI, L. L. C.; CORREA, L. B.; CORREA, E. K. . Gestão de Resíduos Sólidos em Restaurante Escola. **Revista Tecno-lógica**, v. 17, p. 13-23, 2013.