

### III-092 - COMPOSTAGEM: UMA ALTERNATIVA PARA O TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

**Mariele Fioreze<sup>(1)</sup>**

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria, UFSM/CESNORS, *campus* Frederico Westphalen.

**Francéllwika Catharine Gomes de Azevedo<sup>(2)</sup>**

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria, UFSM/CESNORS, *campus* Frederico Westphalen.

**Tainara Casa Nova Silva<sup>(3)</sup>**

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria, UFSM/CESNORS, *campus* Frederico Westphalen.

**Keila Fernanda Soares Hedlund<sup>(4)</sup>**

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria, UFSM/CESNORS, *campus* Frederico Westphalen.

**Alexandre Couto Rodrigues<sup>(5)</sup>**

Graduado em Engenharia Agrônoma (1992) pela Universidade Federal de Pelotas – UFPel. Mestre (1996) e Doutor (2000) em ciências pela UFPel. Pós-Doutor Ecofisiologia Vegetal (2001) pelo Institut National de la Recherche Agronomique INRA – França. Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal de Santa Maria - unidade do CESNORS em Frederico Westphalen/RS - curso de Engenharia Ambiental.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Arthur Milani, 682, edifício Minuano, apartamento 101 – Bairro Centro – Frederico Westphalen – Rio Grande do Sul – CEP: 98400-000 – Brasil – Tel: (54) 9985-3913 – e-mail: mariele.fioreze@gmail.com

#### RESUMO

A compostagem é um dos mais antigos e eficientes métodos biológicos para o tratamento e reciclagem da matéria orgânica. Consiste numa alternativa viável, de baixo custo financeiro e sanitariamente eficiente para a eliminação de patógenos presentes nos resíduos iniciais. O presente trabalho foi desenvolvido nas dependências do Consórcio Intermunicipal de Gestão de Resíduos Sólidos (CIGRES), localizado no município de Seberi, RS. Foi avaliada a eficiência de duas diferentes metodologias para montagem das leiras de compostagem: a primeira, denominada Tratamento Controle, foi montada com camadas intercaladas de serragem e material orgânico; a segunda, denominada Tratamento com Palha, recebeu a adição de palhas de culturas agrícolas (milho e soja) entre as camadas de serragem e material orgânico. Em termos gerais, o tratamento com adição de palhas de culturas agrícolas se mostrou mais eficiente, principalmente por ter alcançado maiores temperatura que Tratamento Controle (alcançando temperaturas superiores aos 42°C no período de aquecimento, o que proporcionou maior desinfecção do material compostado) e demonstrando maior redução de massa durante o processo (maior humificação dos compostos iniciais).

**PALAVRAS-CHAVE:** Aterro Sanitário, Destinação Ambientalmente Adequada, Resíduos Orgânicos.

#### INTRODUÇÃO

A crescente taxa de produção de resíduos é um dos grandes problemas enfrentado pela sociedade moderna atual. Além do consumo matérias-primas necessário no processo de produção dos produtos, os resíduos gerados nesta produção e no consumo do produto gerado demandam de uma destinação apropriada. No Brasil, somente 27,7% dos municípios aplicam a destinação correta aos resíduos sólidos em aterros sanitários, sendo mais de 70% do lixo despejado em locais inadequados (Matos & Dias, 2011). Em se tratando de resíduos sólidos, a reciclagem mostra-se como alternativa para a fração seca do lixo enquanto que a compostagem é uma das alternativas mais eficientes para o tratamento da parte orgânica dos resíduos.

A compostagem é um dos mais antigos e eficientes métodos biológicos para tratamento e reciclagem da matéria orgânica. Pode ser considerada como uma versão acelerada dos processos naturais de transformação da matéria orgânica no solo, sendo otimizado através do fornecimento de condições favoráveis (como temperatura,

umidade, pH e aeração) à atividade microbiana, resultando num composto humificado com características superiores às dos materiais utilizados inicialmente (Fialho, 2007; Provenzano *et al.*, 2001). É um processo mediado por microrganismos exotérmicos, que liberam energia na forma de calor, provocando o aquecimento natural das leiras. Estes microrganismos podem ser termófilos (predominam na faixa de temperatura de 45°C a 65°C) ou mesófilos (presentes em temperaturas que variam de 20°C a 45°C) (Bidone & Povinelli, 1999; Pigatin, 2011). Ao final da compostagem, os materiais assumem características próximas às dos materiais húmicos encontrados no solo, sendo comum apresentarem menor relação C/N, menor carga de agentes patogênicos e presença de sementes de ervas daninhas viáveis, ausência de cheiro desagradável e composição mais definida do que os compostos que lhes deram origem (Kiehl, 1985).

Para atingir a eficiência desejada no processo de compostagem, o controle adequado de vários aspectos se faz necessário. Os principais fatores que interferem na degradação dos resíduos são a temperatura (fase mesófila entre 45°C e 55°C e fase termófila acima dos 55°C), umidade (recomendados valores entre 45% e 65%), oxigenação (a concentração de O<sub>2</sub> idealmente na fase termófila deve ser em torno de 5%), relação carbono/nitrogênio (absorvidos pelos microrganismos numa proporção de 30/1), potencial Hidrogeniônico (ácido no início do processo devido à formação de ácidos minerais, se tornando mais alcalino com a formação de ácidos orgânicos que são neutralizados pelas bases liberadas da matéria orgânica), tamanho das partículas a serem degradadas (dimensão ideal entre 1 cm e 5 cm), além de fatores como quantidade e qualidade do material compostado e disponibilidade de nutrientes (Barreira, 2005; Bidone & Povinelli, 1999; Massukado, 2008).

A compostagem apresenta inúmeras vantagens quando utilizada para a destinação de resíduos orgânicos. Como vantagens diretas podem ser citadas o aumento da vida útil do aterro sanitário, a redução das emissões de gás metano e de lixiviados e, como vantagens indiretas, a redução nos custos de implantação e operação de sistemas para o tratamento do chorume (Massukado, 2008).

Tendo em vista o tema exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência de duas diferentes metodologias de compostagem para a degradação de resíduos sólidos domésticos de origem orgânica destinados a um aterro sanitário, levando em conta o tempo necessário para a degradação dos resíduos e parâmetros nutricionais do composto final.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido nas dependências do Consórcio Intermunicipal de Gestão de Resíduos Sólidos (CIGRES), localizado na área rural do município de Seberi, região noroeste do Rio Grande do Sul, entre os meses de março e setembro do ano de 2012. O CIGRES é um consórcio formado por 30 municípios da região noroeste gaúcha criado como alternativa para atender a região no que diz respeito à destinação de resíduos sólidos urbanos. Entre as atividades realizadas, estão incluídas o recebimento dos resíduos domésticos gerados pelos municípios consorciados, a separação e encaminhamento da fração viável à reciclagem e o acondicionamento do restante de forma adequada, atendendo as normas exigidas para estas atividades.

O material orgânico utilizado nos tratamentos foi selecionado manualmente do montante de resíduos sólidos domésticos encaminhados ao CIGRES na esteira de triagem. Foi utilizada uma mistura de restos de alimentos cozidos (arroz, feijão, pão e massas), erva mate, jornais, restos de frutas diversas e resíduos de poda. Após a separação, os resíduos foram granulometricamente homogeneizados de forma manual, sendo fracionados em pedaços inferiores a 5 cm.

Previamente à montagem das leiras de compostagem, foi efetuada a preparação do local escolhido para o desenvolvimento de tal atividade. Este foi limpo, nivelado e coberto com lona plástica para evitar a percolação de chorume no solo. Também foram abertas valas ao redor da lona para o escoamento do chorume, caso houvesse formação. O local onde foram montadas as leiras consistia num galpão coberto, protegido das intempéries do tempo, porém com ótima aeração devido às suas paredes laterais não se estenderem do teto até o chão, proporcionando uma abertura de quase 1 metro acima do solo (Figura 1).



**Figura 1: Local de construção das leiras de compostagem, onde pode ser observada a impermeabilização do solo com lona plástica e a abertura nas paredes laterais do galpão que propiciou a aeração do local.**

Foram empregadas dois tratamentos distintos para a montagem das leiras de compostagem, cada uma com três repetições visando adquirir maior confiabilidade dos resultados. Em ambos os tratamentos desenvolvidos, as leiras foram montadas nas mesmas dimensões, com 1,2 m por 1,2 m de base e 80 cm de altura, sendo montadas na forma de cones.

Para o primeiro tratamento empregado, denominado de Tratamento Controle, foram intercaladas camadas de 20 cm de espessura de serragem com camadas de 5 cm de espessura de material orgânico, resultando numa proporção de 4:1 (Figura 2). Após a montagem de cada camada, foi efetuada a irrigação do material disposto nas leiras com água de poço artesiano. A utilização de água de poço é de suma importância, uma vez que a água fornecida pela rede de abastecimento pode conter resíduos do desinfetante utilizado no tratamento, o qual pode prejudicar a ação e proliferação dos grupos de microrganismos essenciais no processo de degradação dos resíduos.



**Figura 2: Montagem das leiras do Tratamento Controle.**

Já o segundo tratamento, denominado de Tratamento com Palha, seguiu o seguinte ordenamento de camadas: 20 cm de espessura de serragem, 5 cm de espessura de material orgânico, 10 cm de espessura de palha de milho, 5 cm de espessura de material orgânico, 20 cm de espessura de serragem, 5 cm de espessura de material orgânico, 10 cm de espessura de palha de soja, 5 cm de espessura de material orgânico, e assim sucessivamente



até atingir a altura desejada, sendo a última camada constituída de serragem (Figura 3). Novamente, após a construção de cada camada, foi feita a irrigação do material com água de poço artesiano.



**Figura 3: Montagem das leiras do Tratamento com Palha.**

Para assegurar a eficiência do processo, vários parâmetros foram acompanhados periodicamente. A temperatura foi verificada a cada três dias, utilizando termômetro de mercúrio, sendo realizadas leituras no ápice, centro e base das leiras até a fase de estabilização, onde as leiras adquiriram temperatura muito próxima da ambiente. Semanalmente, as leiras de compostagem foram irrigadas com água de poço artesiano e, quinzenalmente, passaram por revolvimento manual visando assegurar a homogeneização dos materiais empregados, a aeração do meio, assim como o controle de temperatura para otimização do processo (Figura 4).



**Figura 4: Esquerda: acompanhamento da temperatura das leiras; direita: leiras de compostagem sendo revolvidas e umidificadas.**

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As compostagens foram desenvolvidas no período de 26 de março a 05 de setembro do ano de 2012, sendo finalizadas após todas as leiras alcançarem a maturação ou amadurecimento do composto final.

Cada tratamento demonstrou singularidade quanto ao tempo necessário para o amadurecimento das leiras. A maturação mais rápida foi observada para o tratamento que levou a adição de palhas de culturas agrícolas, com 110 dias. Já o resultado menos satisfatório foi apresentado pelo Tratamento Controle, com 151 dias de compostagem até a maturação do composto. Essa diferença no tempo amadurecimento do composto se deve principalmente pela composição do material utilizado, o qual apresenta altas variações na relação C/N, um dos fatores mais importantes para o progresso da compostagem. Enquanto que a serragem de madeira apresenta uma relação C/N que pode variar de 431/1 até 865/1, as palhas de culturas agrícolas possuem esta relação mais baixa e consequentemente mais favor ao desenvolvimento da compostagem, se destacando a relação C/N da

palha de milho, de 112/1. Desta forma, o emprego dos resíduos de palha no segundo tratamento contribuiu positivamente, auxiliando na criação de um ambiente mais favorável à degradação dos resíduos, com uma relação C/N mais próxima da ideal (entre 20/1 e 30/1).

A Tabela 1 apresenta a variação de peso ocorrida nas leiras entre o início e o final do processo de compostagem.

**Tabela 1: Peso inicial, peso final e variação de peso nas leiras de compostagem.**

LEIRA	PESO INICIAL (kg)	PESO FINAL (kg)	VARIAÇÃO (kg)
Leira 1 - Tratamento Controle	105,3±5	83,1	22,2±5
Leira 2 – Tratamento Controle	115,3±5	98,1	17,2±5
Leira 3 – Tratamento Controle	127,3±5	113,5	13,8±5
Leira 1 – Tratamento com Palha	90,8±5	61,5	29,3±5
Leira 2 – Tratamento com Palha	90,8±5	68,6	22,2±5
Leira 3 – Tratamento com Palha	91,8±5	67,8	24±5

Conforme observado, houve maior redução de peso nas repetições do Tratamento com Palha, com uma variação média entre o peso inicial e final de 25,16 kg, contra 17,7 kg nas leiras do Tratamento Controle. Isso indica uma maior degradação e humificação dos resíduos sólidos empregados no segundo tratamento.

A Tabela 2 demonstra a evolução do parâmetro temperatura nas leiras de compostagem, medida a partir do terceiro dia de montagem das leiras. Este parâmetro foi acompanhado do início do processo até sua estabilização, quando a temperatura adquiriu valores próximos da temperatura ambiente.

**Tabela 2: Evolução da temperatura (em °C) a partir da montagem das leiras até o término do período de aquecimento.**

DIAS A PARTIR DA MONTAGEM DAS LEIRAS	LEIRA 1 – TRATAMENTO CONTROLE	LEIRA 2 – TRATAMENTO CONTROLE	LEIRA 3 – TRATAMENTO CONTROLE	LEIRA 1 – TRATAMENTO COM PALHA	LEIRA 2 – TRATAMENTO COM PALHA	LEIRA 3 – TRATAMENTO COM PALHA
03	36,00°C	31,00°C	35,00°C	39,50°C	37,50°C	40,50°C
06	31,50°C	31,00°C	31,00°C	42,50°C	41,50°C	43,00°C
09	35,50°C	31,50°C	32,50°C	41,50°C	39,50°C	41,00°C
12	39,00°C	33,00°C	35,00°C	40,50°C	37,00°C	39,00°C
15	37,00°C	34,00°C	36,00°C	37,00°C	45,50°C	38,50°C
18	34,50°C	35,00°C	34,50°C	34,50°C	37,00°C	38,00°C
21	26,50°C	22,50°C	25,00°C	26,00°C	31,00°C	27,50°C
24	21,00°C	19,50°C	21,00°C	19,00°C	19,50°C	19,50°C
Média	32,62±6,06°C	29,56±5,58°C	31,25±5,44°C	32,81±8,50°C	36,06±7,87°C	35,87±8,09°C

A temperatura variou conforme o tratamento empregado e o número de dias a partir da montagem das leiras. Para as leiras do Tratamento Controle, onde apenas foram utilizados serragem e resíduos sólidos, as temperaturas máximas chegaram por volta dos 35,00°C transcorridos 15 dias de compostagem. Já o tratamento com incremento de palhas de culturas agrícolas foi o que apresentou temperaturas mais elevadas, ultrapassando os 40,00°C aos 6 dias do início da compostagem. A partir das temperaturas observadas, é visto que apenas o Tratamento com Palha alcançou a fase termofílica, onde, segundo Heck *et al.* (2012), ocorre a redução de populações bacterianas oriundas dos resíduos orgânicos domésticos, contribuindo para a estabilização do composto.

O aquecimento das leiras de compostagem está intimamente ligado às dimensões destas. Enquanto que pilhas muito altas submetem as camadas inferiores aos efeitos da compactação, pilhas baixas perdem calor mais facilmente ou nem aquecem o suficiente, sendo, conforme Kiehl (1985), recomendadas pilhas de seção triangular, com largura entre 2,5 e 3,4 m capazes de atingir altura entre 1,5 e 1,8 m. Devido ao reduzido tamanho das leiras construídas, com altura máxima de 80 cm, não foi conseguido atingir temperaturas ótimas,

acima dos 55°C. Este não aquecimento ideal das leiras compromete diretamente a eficiência de remoção de patógenos (Kiehl, 1985).

A Tabela 3 apresenta dos resultados das análises da relação C/N, coliformes totais, *Escherichia coli*, pH e matéria orgânica (MO) nas leiras dos tratamentos com emprego de palha de culturas agrícolas.

**Tabela 3: Resultados das análises de relação C/N, coliforme totais, *E. coli*, pH e matéria orgânica.**

LEIRA	C/N	COLIFORMES TOTAIS (NMP/100 ml)	<i>E. coli</i> (NMP/100 ml)	pH	MO (%)
Leira 1 - Tratamento com Palha	59/1	138	ND*	7,0	23,8
Leira 2 – Tratamento com Palha	59/1	23024	33	6,7	17,2
Leira 3 – Tratamento com Palha	59/1	2716	1,9	6,6	16,4

\*Não detectado

Os resultados da relação C/N final podem ser considerados altos, visto que a maioria dos trabalhos trás o intervalo ideal entre 25/1 e 35/1 após o composto apresentar a maturação. Apesar da concentração de carbono diminuir ao longo do período de compostagem, o tempo para que ocorra a estabilização dos resíduos orgânicos está diretamente relacionada à relação C/N inicial dos materiais utilizados como substratos (Valente *et al.*, 2009). Como foram utilizadas grandes quantidades de serragem (relação C/N variando de 431/1 a 865/1), é observado que o elevado tempo levado para o amadurecimento das leiras esteve ligado às concentrações insuficientes de N para o crescimento microbiológico.

Os valores de coliformes totais e *E. coli* encontrados no produto final da compostagem podem estar relacionados com a origem dos resíduos sólidos utilizados, uma vez que estes estavam misturados aos demais resíduos domésticos enviados ao aterro sanitário. Porém, quando ocorre o aquecimento ideal das leiras de compostagem, esses grupos bacterianos tendem a ser eliminados devido ao processo de sanitização do material provocado pelo aumento da temperatura. Em uma das três repetições do tratamento com emprego de palhas não foram detectadas bactérias *E. coli*, o que demonstra a ocorrência da total desinfecção do material durante o processo de compostagem.

Os valores de pH estiveram concentrados próximos à neutralidade. Segundo Heck *et al.* (2013), os valores de pH giram em torno de 7,5 no estágio de maturação do composto.

## CONCLUSÃO

O tratamento empregando o uso de palhas de culturas agrícolas mostrou maior eficiência para a compostagem de resíduos sólidos urbanos do tipo orgânicos, necessitando de menor tempo para atingir a maturação quando comparado ao Tratamento Controle, atingindo temperaturas mais elevadas na fase de aquecimento e uma relação C/N mais favorável ao progresso da compostagem. Porém, o processo pode ser otimizado com o aumento da proporção de palhas empregado, diminuindo assim ainda mais a relação C/N inicial e facilitando desta forma o processo biológico de degradação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARREIRA, L. P. Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção. 2005. 187f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
2. BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. Conceitos básicos de resíduos sólidos. São Carlos: EESC/USP, 1999.
3. COSTA, M. S. S. de M.; COSTA, L. A. de M.; DECARLI, L. D.; PELÁ, A.; SILVA, C. J. da; MATTER, U. F.; OLIBONE, D. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 13, nº 1, 100-107, 2009.
4. HECK, K.; MARCO, E. G. De; HAHN, S. B. B.; KLUGE, M.; SPILKI, F. R.; VAN DER SAND, S. T. Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, n. 1, p. 54-59, 2013.

5. FIALHO, L. L. Caracterização da matéria orgânica em processo de compostagem por métodos convencionais e espectroscópicos. 2007. 170f. Tese (Doutorado em Ciências – Química Analítica) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.
6. KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. Editora Agronômica Ceres Ltda. Piracicaba. 492 p., 1985.
7. LAMANNA, S. R. Compostagem caseira como instrumento de educação ambiental e minimização de resíduos sólidos urbanos. 2008. 127f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. MASSUKADO, L. M. Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares. 2008. 182f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.
8. MASSUKADO, L. M. Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares. 2008. 182f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.
9. MATOS, F.; DIAS, R. A gestão de resíduos sólidos e a formação de consórcios intermunicipais. *Agronegócios e Meio Ambiente*, v. 4, n° 3, 501-519, 2011.
10. QUEIROZ, F. F. de. Avaliação do aproveitamento de resíduos vegetais por meio da compostagem em leiras revolvidas. Estudo de caso de Londrina. 2007. 66f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.
11. PIGATIN, L. B. F. Compostos orgânicos de origem agroindustrial e urbana aplicados à produção vegetal e fertilidade do solo. 2011. 103f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.
12. PROVENZANO, M. R.; OLIVEIRA, S. C.; SILMA, M. R. S.; SENESI, N. Assessment of maturity degree of composts from domestic solid wastes by fluorescence and fourier transform infrared spectroscopies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 49, p. 5874-5879, 2001.
13. PURI, A.; DUDLEY, E. G. G. Influence of indigenous eukaryotic microbial communities on the reduction of *Escherichia coli* O157:H7 in compost slurry. *Federation of European Microbiological Societies*, v. 313, p.148-154, 2010.
14. VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MORSELLI, T. B. G. A.; JAHNKE, D. S.; BRUM Jr., B. de S.; CABRERA, B. R.; MORAES, P. de O.; LOPES, D. N. C. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. *Archivos em Zootecnia*, 58, p. 59-85, 2009.