

INTERFERÊNCIA DA INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS ALIMENTARES E DE DIFERENTES CICLOS DE REVIRAMENTO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E SANITÁRIAS DA COMPOSTAGEM REALIZADA NA UFMG - CAMPUS PAMPULHA

Rodolfo Assis Magalhães*, Marcelo Garcia Ribeiro, Bruno Rocha Santos Lemos, Vera Lúcia dos Santos

* Universidade Federal de Minas Gerais, rodolfoassismagalhaes@gmail.com

RESUMO

Os resíduos sólidos verdes gerados na UFMG *Campus* Pampulha são atualmente destinados à compostagem, diferentemente dos resíduos alimentares, cuja destinação é ainda controversa. Visando avaliar os efeitos causados pela incorporação de resíduos alimentares produzidos no *campus* à compostagem também realizada no mesmo, foram construídas cinco leiras, das quais três receberam resíduos alimentares provenientes Restaurante Setorial I/UFMG, sendo duas delas submetidas a uma frequência de reviramento menor e típica do pátio e uma submetida a ciclos de reviramento mais frequentes. As demais leiras foram construídas utilizando-se apenas RSV, sendo uma delas submetida a reviramento freqüente e outra submetida a reviramento normal. Todas as leiras construídas foram monitoradas, por meio da mensuração diária da temperatura e da realização periódica de análises físico-químicas (pH, CTC, relação C/N, umidade, macronutrientes, micronutrientes e metais pesados) e microbiológicas (coliformes termotolerantes). As curvas de temperatura obtidas mostraram que a etapa de humificação foi alcançada primeiramente pelas leiras submetidas ao ciclo de reviramento frequente, as quais também registraram comportamento semelhante em relação à concentração de coliformes termotolerantes ao longo do tempo, comportamento este caracterizado pelo aumento dessa concentração entre as etapas de bioestabilização e humificação, não sendo registrado apenas para uma das leiras experimentais. Entretanto, tanto a frequência de reviramento quanto a presença de resíduos alimentares não parecem ter afetado significativamente as características físico-químicas do composto, atentando para um uso seguro deste mesmo quando da incorporação de resíduos alimentares, em relação a essas características, mas também para a importância da existência de equipamentos e procedimentos de segurança dentro dos pátios de compostagem da UFMG - *Campus* Pampulha, que contribuam para evitar possíveis contaminações de *E. coli* pelos operadores desses pátios.

PALAVRAS-CHAVE: Compostagem, Resíduos alimentares, Ciclos de reviramento, UFMG.

INTRODUÇÃO

As atividades rotineiras de manutenção dos *campi* da UFMG geram, em média, cerca de 8.000 m³ de resíduos sólidos verdes (RSV) anualmente (UFMG, 2013). Em especial, no *Campus* Pampulha, a destinação final e ambientalmente adequada realizada para RSV se dá pela pelo processo de compostagem, realizado em dois diferentes pátios. Por outro lado, os resíduos alimentares produzidos nos diferentes restaurantes presentes no *Campus* Pampulha são destinados à criação de animais, em condições sanitárias pouco conhecidas pelos estabelecimentos geradores, bem como pelos órgãos gestores do *campus*.

Diante dos aspectos relativos à gestão de resíduos sólidos realizada na UFMG - *Campus* Pampulha, o presente estudo visa analisar os efeitos da incorporação de parte dos resíduos alimentares produzidos no *campus* ao sistema de compostagem realizado no mesmo, utilizando-se um dos dois pátios em atual operação como área de estudo.

De acordo com Pereira Neto (2007), a compostagem pode ser definida como um processo de reciclagem de resíduos orgânicos putrescíveis (úmidos) e estruturantes (palhosos) em que há decomposição monitorada da matéria orgânica, resultando em matéria estabilizada e não contaminante para o ser humano e o meio ambiente: o fertilizante orgânico. Dessa forma, Pereira Neto (2007) permite inferir que o processo de compostagem e seu produto final podem ser aprimorados com a utilização de ambos os tipos de resíduos, justificando a introdução, de forma adequada, de resíduos alimentares - putrescíveis - à compostagem realizada na UFMG. Assim, este trabalho objetivou, especificamente, a caracterização físico-química e sanitária de leiras de compostagem com e sem resíduos alimentares submetidas a diferentes ciclos de reviramento, nas duas principais fases do processo

definidas por D'almeida e Vilhena (2000): (1) fase de bioestabilização, em que há intensa degradação do material de maior biodegradabilidade, sob altas temperaturas, de até 65 °C; (2) fase de humificação, na qual ocorre a degradação de substâncias menos acessíveis à microbiota e concomitante estabilização do material sob temperaturas mais amenas, de até 40 °C .

METODOLOGIA

Foram construídas cinco leiras de compostagem experimentais no pátio de compostagem da Faculdade de Educação/UFGM, contendo doze camadas de 1 m³ de RSV cada, sendo seis camadas de grama, três de material triturado e três de folhas, resultando em um somatório de cerca de 1.560 kg de RSV por leira, segundo densidades médias apresentadas em relatórios do Departamento de Gestão Ambiental/UFGM (UFGM, 2013).

Os resíduos alimentares foram obtidos em parceria com o Restaurante Setorial I/UFGM e incorporados a três leiras experimentais (leiras II, IV e V), objetivando-se alcançar uma proporção entre RSV e resíduos alimentares próxima de 70% e 30% em peso (p/p), respectivamente, em relação ao peso total da leira, conforme recomendado por Pereira Neto (2007). Segundo dados publicados por Gomes (2014), é possível inferir que a produção média de resíduos alimentares pelo Restaurante Setorial I/UFGM apenas no almoço é igual a 423 kg. Dessa forma, foi determinada a incorporação do montante de resíduos produzidos durante o almoço e o jantar (montante diário) às leiras II e IV, de modo a obter-se um peso de resíduos alimentares mais próximo a 30% do peso total da leira (669 kg), mas inferior a esse, considerando-se o peso de RSV adotado como 70% do peso total. A leira V, por sua vez, recebeu o montante de resíduos alimentares produzido durante dois dias de funcionamento, de modo a receber um peso total próximo a 30% p/p, mas superior a esse valor, possibilitando, portanto, a análise comparativa do processo de compostagem em leiras sem resíduo alimentar (I e III), com incorporação de resíduos alimentares em proporção próxima, mas inferior à ideal (leiras II e IV) e, por fim, com incorporação em proporção próxima, mas superior à considerada ideal (leira V). Após coletados, os resíduos alimentares foram pesados e só então adicionados, obtendo-se proporções relativas de resíduos alimentares para as leiras II, IV e V equivalentes a 26,4%, 22,4% e 37,3% p/p, respectivamente.

A montagem das leiras experimentais foi desenvolvida de acordo com a metodologia de incorporação de resíduos alimentares. Primeiramente, no mesmo dia, foram construídas as leiras compostas somente por RSV (leiras I e III). As leiras submetidas à incorporação de resíduos alimentares (leiras II, IV e V), por sua vez, foram construídas nos dias subsequentes, uma por dia, em etapas. Inicialmente, para cada uma das leiras II e IV, seis camadas foram dispostas uma sobre a outra e, sobre elas, adicionados os resíduos alimentares coletados, os quais foram espalhados da forma mais homogênea possível, evitando-se sempre o contato destes com as bordas das leiras. Imediatamente após a incorporação de resíduos alimentares, foram adicionadas as seis camadas de RSV remanescentes, fazendo com que o resíduo alimentar ficasse confinado no centro da leira. Em especial, para a leira V foram empilhadas inicialmente quatro camadas, seguidas, então, da incorporação do montante diário de resíduos alimentares produzidos pelo Restaurante Setorial I/UFGM de forma semelhante ao realizado para as leiras II e IV. Em seguida, foram adicionadas quatro camadas de RSV, as quais foram sucedidas pela incorporação do segundo montante diário de resíduos e, por fim, da adição das quatro camadas de RSV restantes. A metodologia proposta buscou alcançar um maior confinamento dos resíduos alimentares no centro da leira, reduzindo potenciais impactos negativos do processo, tais como emissão de maus odores e atração de insetos e outros animais indesejados.

Com relação aos ciclos de reviramentos realizados, as leiras I e II foram submetidas a uma frequência de dois reviramentos semanais nos primeiros dois meses e a um reviramento semanal a partir do terceiro mês após a montagem, enquanto as leiras III, IV e V foram submetidas a somente dois reviramentos por mês. Depois de constatado o decréscimo e a manutenção de temperaturas até cerca de 40,0 °C (fase de humificação), os reviramentos foram cessados em todas as leiras. Dessa forma, objetivou-se analisar não só a influência da incorporação de resíduos alimentares, mas também o efeito de diferentes frequências de reviramento durante a fase de biodegradação nas características do material compostado e do produto final.

O monitoramento das leiras experimentais foi realizado por meio do acompanhamento diário da temperatura, bem como pela quantificação de coliformes termotolerantes e análise de diferentes parâmetros físico-químicos (pH, CTC, relação C/N e umidade), conforme sugerido por Valente et. al. (2009). Para a realização das análises físico-químicas e microbiológicas, foram realizadas quatro coletas em cada leira experimental,

correspondentes a sete, sessenta e noventa dias após a montagem de cada leira, além de uma coleta adicional, após constatada a fase de humificação.

Os parâmetros macronutrientes secundários e micronutrientes (Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Ni e Zn), assim como metais pesados (Cd, Pb, Cr, Hg), também foram analisados, entretanto apenas para as leiras III e IV, por estas representarem, respectivamente, a leira tipicamente construída no pátio e o tipo de leira mais provável de ser construída, quando da incorporação regular de resíduos alimentares ao pátio, uma vez que esta apresentava reviramento normal e uma quantidade de resíduos alimentares de menor risco de geração de efeitos indesejados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As leiras experimentais permaneceram montadas por 240 dias, para fins de análise do processo de humificação, cuja fase foi atingida, a princípio, pelas leiras de reviramento freqüente, tendo início com a leira II (119º dia), seguida pela leira I (130º dia). Só então a humificação foi alcançada pelas leiras de reviramento normal, iniciando-se com a leira III (135º dia), seguida pela leira V (137º dia) e, finalmente, leira IV (149º dia), de acordo com as curvas de temperatura obtidas. Tais curvas também registraram, na fase de humificação, temperaturas mais elevadas para as leiras de reviramento freqüente, em relação àquelas registradas pelas leiras submetidas ao ciclo normal de reviramento, o que sugere a manutenção de uma maior taxa de degradação do material compostado após encerrada a fase de biodegradação e, conseqüentemente, a realização de reviramentos. Por outro lado, a presença de resíduo alimentar, bem como as diferentes frequências de reviramento não parecem ter afetado significativamente as características físico-químicas do composto (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos avaliados em todas as leiras experimentais.

	pH		Relação C/N		CTC (mmol/kg)		Umidade (%)	
	Resíduo	Composto	Resíduo	Composto	Resíduo	Composto	Resíduo	Composto
Leira I	7,95	7,64	44,26	15,67	52,0	60,6	58,7	39,0
Leira II	7,94	7,61	10,00	13,14	41,0	59,6	59,9	55,0
Leira III	7,95	7,70	37,08	12,37	53,0	56,7	61,2	60,0
Leira IV	7,40	7,84	25,26	12,17	54,0	60,6	69,6	69,0
Leira V	7,02	7,22	19,87	17,26	56,0	65,6	58,3	53,0

Os valores finais semelhantes de relação C/N indicam que, independentemente da presença de alimento e da frequência de reviramento, o processo de compostagem ocorreu no sentido de equilíbrio entre as proporções desses macronutrientes, reduzindo drasticamente a relação C/N (leiras I e III) ou, até mesmo, elevando-a suavemente (leira II). Com relação ao pH, é possível notar que houve uma manutenção do mesmo em uma faixa levemente básica em todas as leiras experimentais. De forma semelhante, os valores de CTC apresentaram comportamento similar para todas as leiras, nas quais foi constatada a elevação dos valores desse parâmetro, especialmente na leira II, que obteve um aumento de 45%. Ao contrário da CTC, a umidade apresentou queda irrisória na maioria das leiras, com exceção da leira I, na qual houve redução igual a 33,5%.

De acordo com os limites estabelecidos pela IN MAPA/SDA nº. 25/2009 (BRASIL, 2009) para fertilizantes orgânicos Classe A (leiras I e III) e Classe C (leiras II, IV e V), em relação aos parâmetros pH, umidade e relação C/N, os compostos produzidos apresentaram desconformidade apenas em relação à umidade máxima estabelecida (igual a 50%), à exceção da leira I, cuja umidade final foi igual a 39%. Entretanto, com relação aos macronutrientes secundários e micronutrientes avaliados, apenas Ca e Fe foram registrados em concentrações superiores ao limite mínimo estabelecido pela referida norma (1% m/m e 0,2% m/m, respectivamente). Esses parâmetros foram encontrados em conformidade somente nas leiras III e IV, cujos valores obtidos para Fe foram iguais a 2,33% e 2,69%, respectivamente, e os valores obtidos para Ca, respectivamente iguais a 2,52% e 2,62%. As concentrações registradas muito acima dos limites mínimos provavelmente se originam de possíveis incorporações de porções de solo às leiras, durante a execução dos reviramentos periódicos.

As leiras III e IV, também foram avaliadas quanto à presença de metais pesados, registrando apenas a presença de chumbo (Pb) e cromo (Cr), entretanto ambos em concentrações inferiores aos limites máximos estabelecidos pela IN MAPA/SDA nº. 27/2006 (BRASIL, 2006), cujos valores são iguais, respectivamente, a 150 mg/kg e 200 mg/kg. Os valores obtidos nas leiras III e IV para Pb equivalem a 19 mg/kg e 23,9 mg/kg, respectivamente, e os valores obtidos para Cr, iguais, respectivamente, a 20,0 mg/kg e 22,9 mg/kg.

As populações de coliformes termotolerantes, representados, neste caso, pela bactéria *Escherichia coli*, registraram, durante o processo, valores acima do limite estabelecido pela IN MAPA/SDA nº. 27/2006 (BRASIL, 2006), igual a 1.000 NMP/mg de massa seca, principalmente nas leiras submetidas a reviramento normal e com a presença de resíduos alimentares (leiras IV e V), entretanto, apenas as leiras III e V registraram valores abaixo do limite máximo na etapa de humificação (Figura 1). As leiras I e II, por sua vez, apresentaram comportamentos semelhantes, registrando redução da população de *E. coli* no início do processo, a qual manteve-se abaixo do limite máximo até a fase de maturação, quando os valores ultrapassaram novamente 1.000 NMP/mg de matéria seca. Aumentos populacionais foram registrados em todas as leiras, sendo a maioria deles na fase de maturação, certamente originados de reinfecções causadas pelo contato do material parcialmente desinfetado do interior das leiras com o material de porções exteriores da mesma, além de solo e outros materiais contaminantes de origem alóctone. Na fase de maturação, a ausência de elevação de temperatura favorece a não desinfecção do material no interior da leira, possivelmente promovendo a manutenção e, até mesmo, o aumento das populações de coliformes termotolerantes.

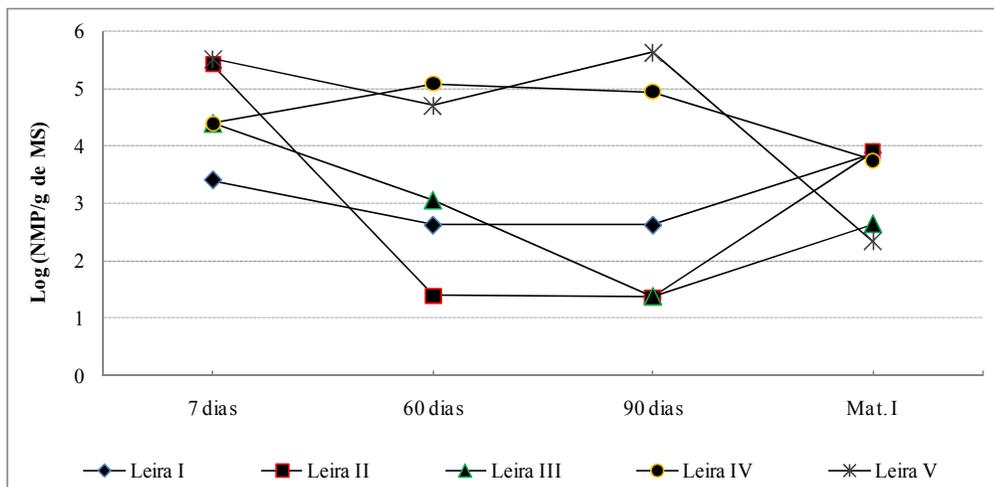


Figura 1: Populações de coliformes termotolerantes ao longo do processo de compostagem. Fonte: Autor do Trabalho.

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

A manutenção da qualidade físico-química do composto produzido tanto sob diferentes ciclos de reviramento quanto diante da incorporação de resíduos alimentares sugere a utilização segura do mesmo, em relação à qualidade química, o que não ocorre para coliformes termotolerantes. A elevada presença desses patógenos no composto produzido alerta, portanto, para a necessidade da existência de procedimentos e equipamentos que visem a segurança sanitária dos trabalhadores do pátio, especialmente quando da incorporação de resíduos alimentares. Ademais, a não constatação de maus odores, bem como a não atração de animais indesejados corrobora o sucesso da metodologia de disposição de resíduos alimentares às leiras, em especial à leira V. Entretanto, são necessários novos estudos, que visem avaliar a incorporação de resíduos alimentares, de preferência tal como realizado para a leira V, a fim corroborar a eficiência desta leira, bem como estudar a logística de incorporação periódica de resíduos alimentares aos pátios de compostagem da UFMG - Campus Pampulha.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA (SDA). Instrução Normativa nº. 25, de 23 de julho de 2009. Brasília: Diário Oficial da União, 28 de julho de 2009.
2. BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA (SDA). Instrução Normativa nº. 27, de 05 de junho de 2006. Brasília: Diário Oficial da União, 09 de junho de 2006.
3. D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 2ª ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.
4. PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem: Processo de baixo busto**. Viçosa: Editora UFV, 2007. 81 p.
5. GOMES, J. N. C. **Potencial de produção de energia a partir da biometanização de resíduos orgânicos do campus pampulha da UFMG**. 2014. 57 f. Dissertação (mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.
6. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG). DEPARTAMENTO DE GESTÃO AMBIENTAL (DGA). **Relatórios internos**. Belo Horizonte, 2013.
7. VALENTE, B. S. et. al. **Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos**. Archivos de Zootecnia, v. 5, p. 59-85, 2009.