



APLICAÇÃO DA COMPOSTAGEM COMO TRATAMENTO PARA RESÍDUOS ALIMENTARES, DEJETO BOVINO E PODA DE GRAMA

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.6.23.IV-034>

Edson José Amaral*, Eduarda Lorençon, Márcia Antônia Bartolomeu Agustini, Danilo Vendrame de Araújo, Thiago Edwiges.

* UTFPR edsonamaral@alunos.utfpr.edu.br

RESUMO

A produção de resíduos no Brasil é um problema crescente e complexo. O país gera uma quantidade significativa de resíduos sólidos urbanos, industriais, hospitalares, entre outros, que precisam ser gerenciados de forma adequada para minimizar seus impactos ambientais e sociais. Somado a isso, a falta de políticas públicas efetivas para o gerenciamento e tratamento dos resíduos também contribui para o problema. Mediante a isso, a compostagem se desponta como uma forma atrativa e de baixo custo na estabilização de resíduos sólidos orgânicos. Este trabalho teve como objetivo avaliar o tratamento por compostagem na estabilização de resíduos alimentares de restaurante (58%), dejetos bovinos (31%), podas de grama (9%) e aparas de galharia (2%). Os resíduos foram dispostos em camadas, formando uma leira de 120 kg, compostados por um período de 23 dias, em pátio coberto, piso impermeável forrado com lona de vinil. Os parâmetros monitorados diariamente foram a temperatura e a umidade, enquanto a condutividade elétrica, pH, sólidos totais, sólidos fixos, carbono orgânico total, nitrogênio total Kjeldahl e relação carbono e nitrogênio (C/N) foram monitorados semanalmente. Quanto ao revolvimento da leira, foi adotado uma frequência de revolvimento semanal. Os resultados avaliados indicaram uma relação C/N de 17/1 ao final do processo, com teor de SV sendo reduzido de 90% para 80%. Também houve redução do volume de resíduos em 62% e redução de coliformes termotolerantes. No entanto, não houve redução de coliformes totais devido à temperatura operacional.

PALAVRAS-CHAVE: Compostagem, microrganismos, coliformes, dejetos bovinos

ABSTRACT

Waste production in Brazil is a growing and complex problem. The country generates a significant amount of urban, industrial and hospital solid waste, among others, which need to be properly managed to minimize its environmental and social impacts. Added to this, the lack of effective public policies for the management and treatment of waste also contributes to the problem. Through this, composting emerges as an attractive and low-cost way to stabilize organic solid waste. This work aimed to evaluate the treatment by composting in the stabilization of restaurant food waste (58%), bovine manure (31%), grass clippings (9%) and brushwood trimmings (2%). The waste was arranged in layers, forming a 120 kg windrow, composted over a period of 23 days, in a covered patio, with an impermeable floor lined with vinyl canvas. The parameters monitored daily were temperature and humidity, while electrical conductivity, pH, total solids, fixed solids, total organic carbon, total Kjeldahl nitrogen and carbon and nitrogen ratio (C/N) were monitored weekly. As for turning the windrow, a weekly turning frequency was adopted. The evaluated results indicated a C/N ratio of 17/1 at the end of the process, with the SV content being reduced from 90% to 80%. There was also a 62% reduction in waste volume and a reduction in thermotolerant coliforms. However, there was no reduction in total coliforms due to operating temperature.

KEY WORDS: Composting, microorganisms, coliforms, bovine manure



INTRODUÇÃO

Segundo dados do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021, publicado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), em 2019 o Brasil produziu cerca de 79,9 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU), o que representa um aumento de 1,5% em relação ao ano anterior e 78,7 toneladas de resíduos sólidos. A disposição final destes resíduos em aterros pode promover a mistura dos compostos orgânicos com materiais tóxicos, como medicamentos, pilhas, plástico e entulhos de construção. A inadequada disposição desses resíduos tem potencial para contaminar solo, lençóis freáticos e até mesmo a atmosfera terrestre. Isso ocorre devido à produção de gases do efeito estufa (GEE), sendo que um deles é o metano (CH₄) com potencial de aquecimento global aproximadamente 25 vezes maior que dióxido de carbono (CO₂).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, criada em 2010 (Lei 12.305/2010), tem por objetivo fomentar a gestão integrada e sustentável dos resíduos sólidos, estabelecendo diretrizes para a destinação e a disposição final dos resíduos. Em detrimento a isso, uma alternativa ao destino dos resíduos orgânicos é a compostagem, que acontece de forma natural a partir da decomposição da matéria orgânica de origem animal ou vegetal e pode ser otimizada caso os parâmetros de influência sejam ideais.

O processo de compostagem envolve transformações complexas de natureza bioquímica originada devido à variedade de microrganismos que vivem no solo como fungos, bactérias, microfauna e outros. Tais microrganismos obtêm, a partir da degradação da matéria orgânica, o carbono (C) e demais nutrientes minerais necessários à sua sobrevivência. desses compostos químicos, os microrganismos também necessitam de condições ideais de temperatura, umidade, pH, disponibilidade de oxigênio (O₂) e água (HÖFIG, 2022).

OBJETIVOS

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a eficiência da compostagem de uma mistura de resíduos orgânicos em escala piloto para controlar efeitos adversos do composto a fim de submeter a vermicompostagem. A eficiência foi avaliada por meio do monitoramento da temperatura, pH, teores de umidade, remoção de matéria orgânica e relação C/N, bem como da remoção de microrganismos patogênicos.

METODOLOGIA

Para a montagem da leira foram utilizados 70 kg de resíduo alimentar (RA), compostos majoritariamente por talos e cascas de vegetais como cenoura, abobrinha, beterraba, repolho e sobras de pó de café. Além destes, foram utilizados 37 kg de dejetos bovinos (DB) coletados em uma propriedade rural de produção leiteira, 11 kg de poda de grama (PG) e 2 kg de aparas de galharia (AG) coletados nas áreas verdes da UTFPR-Medianeira. Os RA e os PG foram utilizados para fornecer fontes de carbono para a compostagem. Já o DB foi utilizado para fornecer fonte de nitrogênio e microrganismos, enquanto o RG foi introduzido como agente estruturante, visando garantir oxigenação aos microrganismos durante o processo. Dessa forma a massa total da leira foi de 120 kg nas proporções de 58%, 31%, 9% e 2% para RA, DB, PG e AG, respectivamente, visando iniciar o processo com relação C/N de 30/1 (Figura 1).

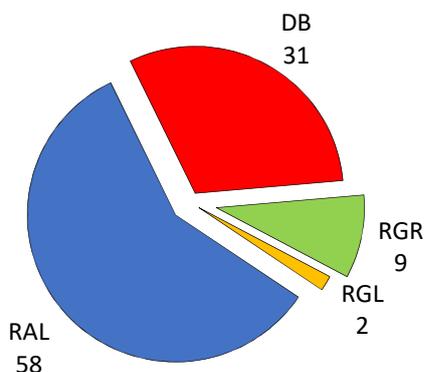


Figura 1: Composição percentual dos substratos utilizados na compostagem. Fonte: Autoria própria 2022.



A leira de compostagem foi montada em camadas sobre piso impermeável e pátio coberto, sendo a primeira camada composta por PG com altura de aproximadamente 5 cm para absorver os líquidos gerados pela decomposição inicial. Em seguida foi disposta uma camada de DB, intercalando com RA e AG, repetindo essa disposição até a finalização da leira, que foi coberta com o restante da PG para limitar o acesso de vetores. A caracterização dos substratos e monitoramento da leira foram realizados a partir das análises de potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), nitrogênio total de Kjeldahl (NTK) e relação C/N de acordo com APHA (2004).

RESULTADOS

Os valores de pH do substrato RA se mostraram ácidos devido à sua composição química característica, enquanto o pH do substrato DB apresentou-se neutro, o que é considerado normal para o tipo de resíduo (Tabela 1). Por se tratar de composto não estabilizado, observou-se que os valores de CE estavam acima dos valores recomendados por Caron *et al.* (2004) entre 1,0 e 2,5 mS.cm⁻¹. Quanto ao NTK, os maiores valores foram observados para os substratos RA e DB, de 2,4 e 2,3%_{ST}. Carnier *et al.* (2019) mencionam que os DB possuem quantidades apreciáveis de N, a depender do habitat e do regime alimentar dos animais. Quanto à relação C/N dos substratos utilizados para a compostagem, observou-se que os valores ficaram dentro dos limites favoráveis entre 26/1 e 35/1 (KIEHL, 2004).

Tabela 1. Caracterização do substrato na compostagem. Fonte: Autoria própria, 2021.

Substratos	pH	CE (mS/cm ⁻¹)	ST (%)	SV (% _{ST})	NTK (% _{ST})	C/N
RA	4,4±0,0	2,1±0,0	12,1±0,2	93,6±0,2	2,37±0,1	22
DB	6,8±0,0	3,6±0,2	14,3±0,7	72,7±0,5	2,31±0,1	22
PG	N.D	N.D	71,2±0,2	91,8±0,3	1,83±0,1	22
RG	N.D	N.D	92,0±0,3	84,1±1,7	1,03±0,1	45

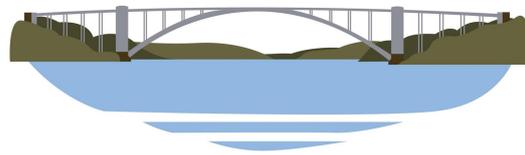
pH: potencial de hidrogênio; CE :condutividade elétrica; ST: sólidos totais; SV: sólidos voláteis; NTK: nitrogênio total Kjeldahl; C/N: relação carbono e nitrogênio; RA: resíduo alimentar; DB: dejetos bovinos; PG: poda de grama; AG: aparas de galharia. Valores posteriores ± indicam o desvio padrão da amostra (N = 3). N.D: não determinado.

O pH inicial da leira de compostagem foi de 5,4, indicando o caráter ácido da mistura, o que é comum em se tratando de substratos frescos. Após o 4º dia, os valores de pH subiram para 9,2 e se mantiveram em uma faixa de 8,5 a 9,5 até o final do processo. O rápido aumento do pH após o 4º dia é resultado do consumo de ácidos orgânicos gerados pela decomposição dos substratos, favorecido pela presença de microrganismos consumidores de ácidos presentes em dejetos bovinos frescos. Os valores de pH na compostagem podem estar na faixa de 4,5 - 9,5 para não limitar o processo (PEREIRA NETO, 2007).

Tabela 2. Caracterização do composto na compostagem. Fonte: Autoria própria, 2022.

Dia	pH ¹	CE (mS/cm ⁻¹)	ST (%)	SV (% _{ST})	C/N
1	5,4±0,0	1,7±0,0	15,2±0,6	89,8±0,2	20
4	9,2±0,0	1,6±0,0	24,0±0,4	86,3±0,2	20
7	8,5±0,0	2,7±0,1	19,3±0,6	80,4±0,2	18
11	9,3±0,1	3,0±0,0	22,5±1,7	82,5±1,1	18
14	9,1±0,2	2,1±0,1	17,2±0,1	82,7±1,0	18
18	9,5±0,0	2,4±0,0	20,8±1,0	80,5±0,2	17
23	8,7±0,1	2,8±0,0	21,1±0,8	79,7±1,9	17

pH (potencial de hidrogênio), CE (condutividade elétrica), ST (sólidos totais), SV (sólidos voláteis) e C/N (relação carbono e nitrogênio). Valores posteriores ± indicam o desvio padrão da amostra (N = 3).



A CE partiu de 1,7 mS/cm no primeiro dia do experimento até atingir 2,8 mS/cm no final do processo. Esse aumento no valor da CE indica a concentração da massa de resíduos em razão da volatilização da umidade, CO₂ e parte do nitrogênio gerado pela degradação aeróbia da matéria orgânica. Fan *et al.* (2017) asseguram que valores elevados de CE podem se relacionar com a degradação que os resíduos sólidos sofrem devido à passagem pelo processo térmico, o que tende a facilitar o aumento da CE e o alcance da estabilidade desse parâmetro no final do processo.

Os valores de ST variaram entre 15,2% e 21,8% e foram resultantes do processo de degradação aeróbia que gera umidade, também pela correção de umidade feita com adição de água ao longo da compostagem, afim de promover ação biológica em níveis adequados. Esse valor também foi observado por Sunada *et al.* (2015) durante a fase de compostagem em que a redução de ST foi de 21,84%. Já para os valores de SV, observou-se a redução de 90% para 79% entre o dia 1 e 23 de operação da leira, ou seja, uma redução da ordem de 12%. A baixa redução de SV obtida neste estudo está relacionada ao curto período de monitoramento da leira de compostagem. Para que os valores mínimos de 50% fossem obtidos, o tempo de experimento deveria superar os 90 dias.

A relação C/N se manteve mais alta nos quatro primeiros dias com valor de 20/1. A partir do dia 7, esse valor decresceu para 18/1 e permaneceu estável até o dia 18, chegando a uma relação de 17/1 ao final da compostagem. Esse comportamento é indicativo da estabilidade da relação C/N para o composto. Fialho *et al.* (2005) também observaram estabilização da relação C/N em compostos formados por PG, DB e bagaço de laranja, com valores entre 15 e 17/1 durante os 210 dias de observação do experimento.

A leira atingiu temperatura máxima de 52 °C no dia 7 (Figura 2A) decaindo nos dias subsequentes. Esse fato pode ser explicado devido ao excesso de umidade da leira, fato esse que limitou a ação dos microrganismos. Kiehl (2004) sugere que a umidade esteja entre 40 e 70%. É possível observar que durante o experimento os valores de umidade sempre se mantiveram acima do recomendado (Figura 2B).

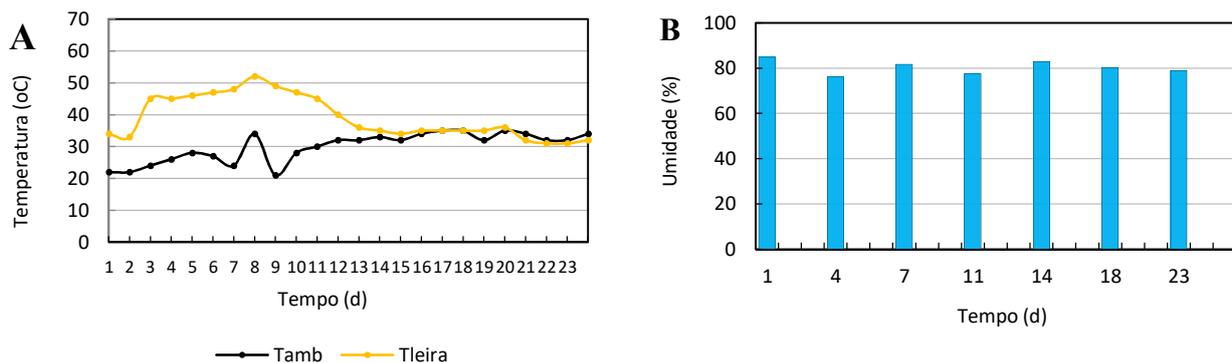


Figura 2: Valores de Temperatura e umidade para na compostagem ao longo do tempo.
Fonte: Autoria própria 2022.

Os valores de coliformes totais permaneceram acima de 1.100 NMP/gMS. O limite superior (intervalo de confiança) é desconhecido, uma vez que a tabela do NMP não o menciona. Vale salientar que a legislação vigente (CEMA 090/2013) não faz uso dos coliformes totais como parâmetro de contaminação do composto final. Para coliformes termotolerantes observa-se redução dos valores ao final do processo, uma vez que o NMP obtido é de 1.100. Em contrapartida, no início do processo de compostagem, o limite inferior era de 420 NMP/gMS e o limite superior novamente mostrava-se elevado e desconhecido. Com esta redução, o composto final esteve próximo de atender à legislação (CEMA 090/2013), que menciona <1.000 NMP/gMS para coliformes termotolerantes (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de coliformes totais e termotolerantes na compostagem. Fonte: Autoria própria, 2023.

Etapa	Coliformes totais		Coliformes termotolerantes	
	Intervalo de Confiança (95%) Inferior – Superior	NMP/gMS	Intervalo de Confiança (95%) Inferior – Superior	NMP/gMS ¹
Início	420 - ...*	> 1.100	420 - ...	> 1.100
Final	420 - ...	> 1.100	180 - 4.100	1.100

¹NMP (Número Mais Provável por grama de Massa Seca).

*... (limite superior desconhecido).



O fator determinante para redução de coliformes é a temperatura, segundo Kiehl (1985), o tempo de exposição à altas temperaturas (60-70 °C) é fundamental para acelerar o processo de degradação dos resíduos, bem como, para eliminar patógenos e inativar sementes que podem estar presentes junto à leira. A baixa temperatura atingida nesse experimento foi fator determinante para a não eliminação de coliformes totais.

CONCLUSÕES

A compostagem é uma técnica eficiente na estabilização de resíduos orgânicos de diversas fontes, se mostrando viável na produção de um composto rico em matéria orgânica, promovendo a diminuição do descarte inapropriado de tais resíduos. A temperatura é um fator importante e está relacionada com a remoção de patógenos durante a fase termófila. Garantir teores de umidade da ordem de 60% a 70% é fundamental para que a temperatura atinja 70 °C e permaneça neste período pelo menos 15 dias. O composto final apresentou redução no número de coliformes termotolerantes, com limite (inferior-superior) de 180 a 4.100 coliformes e 1.100 NMP/gMS, no entanto, o mesmo não atendeu a legislação (CEMA 090/2013). Recomenda-se para estudos futuros, diminuir o teor de umidade e monitorar a leira de compostagem por um período maior de tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama de resíduos sólidos no Brasil 2020. São Paulo, SP: Abrelpe, 2020.
2. APHA. American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington: UEA, 2021. BRASIL. Presidência da República. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Brasília, DF: CC, 2010.
3. BRASIL. Presidência da República. Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Brasília, DF: CC, 2010.
4. CARNIER, Ruan; BERTON, Ronaldo S.; COCIONE, Aline R.; *et al.* Método da hidrólise ácida na disponibilidade de nitrogênio em resíduos orgânicos. **Revista de Ciências Agrárias**, v.42, n.3, p.619-27, 2019.
5. CARON, Braulio Otamar; POMMER, Sandro Felisberto; SCHMIDT, Denise, MANFRON, Paulo Augusto; MEDEIROS, Sandro Luís Petter. Crescimento da alface em diferentes substratos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. v.3, n.2, p. 97-104, 2004.
6. CEMA - CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Governo do Estado do Paraná. Resolução n.090, de 03/12/2013.
7. FIALHO, Lucimar Lopes; SILVA, Wilson T.; MILORI, Débora, M. B. P; *et al.* Monitoramento químico e físico do processo de compostagem de diferentes resíduos orgânicos. **Circular nº 29**, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, São Carlos, SP: Embrapa, 2005
8. FAN, Liangliang *et al.* Bio-oil from fast pyrolysis of lignin: Effects of process and upgrading parameters. **Bioresource technology**, v. 241, p. 1118-1126, 2017.
9. HÖFIG, Pedro *et al.* Avaliação da qualidade de um fertilizante produzido por compostagem conjunta de materiais orgânicos e rochas moídas. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 3, p. 1-18, 2022.
10. KIEHL, Edemar José. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, SP: Agronômica Ceres, 1985.
11. KIEHL, Edmar José. **Manual da compostagem: maturação e qualidade do composto**. 4. ed. Piracicaba, SP: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, 2004.
12. PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. UFV. Vicosa, 81p. 2007.
13. SUNADA, Natália da Silva *et al.* Compostagem de resíduo sólido de abatedouro avícola. **Ciência Rural**, v. 45, p. 178-183, 2015.