

III-826 - ANÁLISE DE VARIÁVEIS INTERVENIENTES NA PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTE EM COMPOSTEIRAS DOMÉSTICAS

Gisele Aparecida Rodrigues Kelmer⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Integrante do Grupo de Pesquisa em Microcontaminantes e Microrganismos Ambientais (MICROS).

Jessica Laine Mendes Bersan⁽²⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Bolsista do Grupo de Educação Tutorial de Engenharia Ambiental e Sanitária (GET-ESA/UFJF).

Fernanda Bento Rosa Gomes⁽³⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

Samuel Rodrigues Castro⁽⁴⁾

Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

Júlia Righi de Almeida⁽⁵⁾

Professora do Departamento de Transportes e Geotecnia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

Endereço⁽¹⁾: Rua José Lourenço Kelmer s/n, São Pedro, Juiz de Fora, Minas Gerais, 36036-900, Brasil - Tel: (32) 99105-8592 - e-mail: gisele.kelmer@engenharia.ufjf.br

RESUMO

A geração total de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) vem aumentando ao longo dos anos, sendo que cerca de 45,3% corresponde a resíduos orgânicos. Diante disso, a compostagem surge como uma solução eficiente e ambientalmente correta, pois além de diminuir a disposição em aterros e lixões, gera subprodutos que podem ser utilizados como adubo orgânico, além de ser uma técnica passível de ser feita em escala residencial. O biofertilizante, subproduto na forma líquida gerado na compostagem, pode ser utilizado na agricultura com a finalidade de aumentar a resistência contra pragas e doenças e como adubo foliar, apresentando diversos benefícios. Sendo assim, o presente trabalho objetivou relacionar a quantidade de biofertilizante gerado em composteiras domésticas, alimentadas com resíduos alimentares, com a temperatura de operação e teores de carbono e nitrogênio dos resíduos depositados. Foram utilizadas duas composteiras para a medição diária de temperatura do composto sólido em produção, e a pesagem do biofertilizante gerado foi realizada semanalmente. Notou-se uma correlação positiva entre a produção de biofertilizante líquido e o teor de carbono dos resíduos depositados nas composteiras. Não foi observada correlação estatisticamente significativa entre o teor de nitrogênio dos resíduos e a média de temperatura semanal.

PALAVRAS-CHAVE: Compostagem, Biofertilizante líquido, Adubo orgânico.

INTRODUÇÃO

De acordo com a ABRELPE (2020), a geração total de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) aumentou cerca de 19% no comparativo entre 2010 e 2019 no Brasil, com um crescimento de 9% no índice de geração per capita. Segundo o mesmo estudo, a composição gravimétrica dos RSU brasileiros revela que cerca de 45,3% é constituído por matéria orgânica, ou seja, cada cidadão descarta cerca 170 kg desse material por ano, sendo destinada prioritariamente a aterros sanitários (59,5%), seguidos de aterros controlados (23%) e lixões (17,5%).

Estimativas das emissões globais de metano apontam que 13% das emissões antropogênicas desse gás são oriundos da disposição de resíduos. Todavia, os processos de compostagem podem evitar essas emissões em uma proporção de 3 kg CH₄/tonelada de resíduo (IPCC, 2007; ABRELPE, 2020). Logo, a compostagem surge como uma solução eficiente e ambientalmente correta para os resíduos orgânicos, pois além de diminuir a

disposição em aterros e lixões, forma subprodutos ricos em nutrientes, que podem ser utilizados como adubo orgânico.

A compostagem pode ser feita localmente, seja pelo método de leiras, recomendado para as propriedades ou estabelecimentos com grande geração de resíduos, ou pelo método de caixas, empregado de forma doméstica em casas ou apartamentos. Considerando que a constituição dos municípios brasileiros é em sua maior parte de pequeno e médio porte (SNIS, 2018), a compostagem doméstica apresenta-se como uma solução viável, devido a sua manutenção facilitada, baixo investimento e simplicidade de inicialização do processo, além de colaborar para a descentralização da gestão dos resíduos, em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos. O Plano Nacional de Resíduo Sólidos (2020) estabelece em sua Meta 4, a qual contribui para a redução de custos associados ao transporte e disposição final dos resíduos, bem como na redução de emissões de gases de efeito estufa, a projeção de que até o ano de 2040, cerca de 13,5% da fração orgânica será recuperada por meio de rotas tecnológicas, como compostagem e digestão anaeróbia.

O subproduto na forma líquida gerado na compostagem pode ser denominado chorume, composto líquido ou biofertilizante, o qual pode ser utilizado na agricultura com a finalidade de aumentar a resistência contra pragas e doenças e como adubo foliar na agricultura. É importante mencionar que a nomeação chorume apresenta-se equivocada, uma vez que esta, segundo Righi (2017), refere-se ao subproduto líquido resultante dos vários processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem dentro do aterro sanitário, altamente tóxico e de composição complexa. A inserção do biofertilizante no solo é responsável por melhorias em sua estrutura e fertilidade através da adição de nutrientes e matéria orgânica, facilitando a infiltração da água da chuva, a capacidade de retenção de umidade e de troca de cátions e a atividade microbiana, solubilizando alguns metais tóxicos e complexando alguns metais essenciais às plantas, como Fe, Zn, Mn, Cu e Co (BASSO et al., 2008).

Tendo em vista as inúmeras vantagens do processo de compostagem, o presente trabalho tem por objetivo relacionar a quantidade de biofertilizante gerado em composteiras domésticas, alimentadas com resíduos alimentares, com parâmetros operacionais - temperatura do composto e teores de carbono e nitrogênio. O intuito é desenvolver uma relação de produção de biofertilizante no processo de compostagem doméstica com os parâmetros citados, por meio da utilização do *software* STATA e também por meio de dados de controle (temperatura, tipo de resíduo e quantidade de biofertilizante gerados nas composteiras), com o auxílio do *software* Excel.

BIOFERTILIZANTE LÍQUIDO: CONTEXTUALIZAÇÃO, IMPORTÂNCIA E APLICAÇÕES

A elevada produção de resíduos, tanto nos centros urbanos como nas zonas rurais, tornou-se um problema para a sociedade atual, seja pelo aumento do consumo ou pela falta de políticas de saneamento básico (VITAL et al., 2018).

Segundo o documento denominado "Indicadores de Desenvolvimento Sustentável" do IBGE (2015), o uso e comercialização de fertilizantes minerais (NPK) ainda se apresenta crescente no Brasil. Seu uso intensivo pode causar diversos impactos no solo, como eutrofização de mananciais, destruição da camada de ozônio e diminuição da qualidade da água (FORGERINI, 2012). Em contraponto a isso, é perceptível o aumento do uso de fertilizantes orgânicos na agricultura brasileira, porém, este apresenta-se relativamente pequeno (MENEZES & SALCEDO, 2007).

Como solução de tais impasses, a compostagem apresenta-se como um processo vantajoso, pois além de diminuir a disposição de resíduos em aterros e lixões, forma dois subprodutos ricos em nutrientes - o composto orgânico sólido e o biofertilizante líquido - que podem ser utilizados como fonte de renda, por meio de sua comercialização, ou como adubo em plantações (BERSAN, KELMER, RIGHI, 2020). Os biofertilizantes líquidos são compostos resultantes da fermentação metanogênica e aeróbica da matéria orgânica por um determinado tempo, os quais apresentam muitos nutrientes que podem ser utilizados como fertilizantes, aparecendo como uma solução mais sustentável e econômica frente aos fertilizantes químicos (SANTOS, 1992; AVANCINI et al., 2019).

De acordo com Vital et al. (2018), os biofertilizantes, além de demonstrarem vantagens como baixo custo e possibilidade de produção local, apresentam alta atividade microbiana e bioativa, sendo capazes de produzir maior proteção e resistência à planta contra o ataque de agentes externos, como pragas e doenças. O biofertilizante líquido também atua nutricionalmente sobre o metabolismo vegetal e na ciclagem de nutrientes no solo, demonstrando efeitos abundantes como fixação de flores e frutos e aumento da área foliar em diferentes culturas (VITAL et al., 2018; AVANCINI et al., 2019). A Figura 1 mostra um exemplo de biofertilizante líquido produzido localmente.



Figura 1: Biofertilizante gerado em uma composteira doméstica.

Avancini (2020), ao analisar a caracterização química de diferentes biofertilizantes líquidos, verificou que a composição dos mesmos é variável conforme a composição dos resíduos compostados, sendo identificadas discrepantes diferenças para macro e micronutrientes entre diferentes compostos líquidos estudados.

Devido ao fato de a compostagem ser um processo puramente microbiológico, a sua eficiência, em termos quali e quantitativos, depende da ação e da interação de microrganismos, os quais são influenciados pela ocorrência de condições favoráveis, como a temperatura, a umidade, a aeração, o pH, a relação carbono/nitrogênio (C/N) e a granulometria do material (BIDONE, 2001).

Além disso, como apontado no estudo de Valente et al. (2008), a intensidade da atividade dos microrganismos decompositores nos processos de compostagem está estritamente relacionada à diversificação e a concentração de nutrientes, sendo que a microbiota do composto determina a taxa de velocidade do processo de compostagem e produz a maior parte das modificações químicas e físicas do material.

A quantidade de N exigida por unidade de C varia com os tipos de microrganismos envolvidos no processo, sendo que o tempo necessário para que se processe a decomposição e a mineralização é, em grande parte, determinado pela concentração de N da matéria orgânica, porém a qualidade do C a ser digerido também interfere na velocidade e na quantidade de carbono que será transformado em CO₂ durante a compostagem (COSTA, 2005; VALENTE et al., 2008).

METODOLOGIA

Para o presente estudo, utilizou-se duas composteiras domésticas, uma de 5 e outra de 3 andares, identificadas como composteiras 1 e 2, respectivamente, para a disposição dos resíduos orgânicos, as quais são mostradas na Figura 2. As composteiras foram construídas baseadas na necessidade de disposição de alimentos orgânicos produzidos em residências, ou seja, quanto maior a quantidade de resíduos orgânicos gerados, maior a quantidade de andares necessários na composteira.



Figura 2: Composteiras 1 e 2, respectivamente.

Os resíduos orgânicos foram pesados diariamente e dispostos em um recipiente de armazenamento temporário, sendo direcionados à composteira quando este estivesse completamente cheio. Além dos resíduos, adicionou-se serragem de madeira, uma potencial fonte de carbono, necessária para o sucesso do processo de compostagem. O revolvimento do material se deu com o auxílio de uma pá, e ao final de cada disposição, cobria-se os resíduos com serragem de madeira, e por fim tapava-se a composteira (Figura 3).



Figura 3: Processo de revolvimento e aeração nas composteiras.

A temperatura dos resíduos submetidos ao processo foi monitorada diariamente utilizando-se um termômetro digital de haste metálica (Figura 4). A quantidade gerada de biofertilizante foi pesada semanalmente com uso de balança de precisão (Figura 5).



Figura 4: Coleta da temperatura do composto orgânico.



Figura 5: Pesagem do biofertilizante.

Os dados de temperatura, tipo de resíduo depositado e quantidade de biofertilizante gerado foram compilados em planilha no programa Excel em dados semanais, totalizando quinze semanas (105 dias) de estudo. Os resíduos foram classificados em cinco grupos (Tabela 1), sendo relacionados a valores de relação carbono/nitrogênio (C/N) encontrados na literatura e descontados sua porcentagem de umidade, encontrada em TBCA (2021), para que seus teores de carbono e nitrogênio fossem estimados.

Tabela 1: Classes de Resíduos e Relação Carbono/Nitrogênio.

Classe de resíduo	Relação C/N	Referência
Restos de frutas	35:1	Diaz et al. (1996)
Restos vegetais (não legumes)	11 – 12:1	Diaz et al. (1996)
Restos de vegetais	11 – 13:1	Wagner (2017)
Serragem de madeira	865:1	SENAR (2006)
Borra de café	25:1	SENAR (2006)
Casca de ovos	14,82:1	Gaspodini et al. (2018)

A massa de carbono dos resíduos foi obtida considerando o teor de 75% de sólidos voláteis em resíduos sólidos orgânicos (BRASIL, 2015) em massa seca, bem como um fator de 1,8 de conversão de matéria orgânica em carbono total (CARMO e SILVA, 2012). Finalmente, as massas de nitrogênio foram estimadas a partir das massas de carbono total e das relações C/N dos resíduos.

Os blocos de dados semanais foram tratados no *software* STATA, de modo que a quantidade de biofertilizante produzida em cada semana fosse relacionada às características inerentes aos resíduos depositados duas semanas antes, sendo tal escolha pautada no tempo de ação dos microrganismos atuantes no processo, visto que neste tempo espera-se que a compostagem se encontre em fase termofílica (SOUZA, 2002). Dessa forma, por meio da obtenção de uma equação de regressão linear, avaliou-se a influência da temperatura e teores de carbono e nitrogênio depositadas sobre a geração de biofertilizante. Escolheu-se estes parâmetros tendo em vista que os mesmos influenciam a atividade da microbiota atuante na compostagem (VALENTE et al., 2008), e por consequência, a produção de biofertilizante líquido no processo.

Foi proposto o desenvolvimento de um modelo matemático de regressão múltipla, seguindo os pressupostos de adequação das variáveis selecionadas, a linearidade e a existência de *outliers* e heterocedasticidade (HILL et al., 2011). Nesse sentido, procedeu-se com a verificação da ausência de multicolinearidade e variáveis omitidas, por meio da obtenção do fator de inflação da variância (VIF) e pelo teste de RESET de Ramsey, respectivamente. Em seguida, foi feita a análise do ajuste do modelo e dos resíduos studentizados (rstudent), considerando que com rstudent > |3|, o ponto pode ser considerado um *outlier*. Finalmente, verificou-se a

ausência de heterocedasticidade pelo teste de Breusch-Pagan/Cook-Weisberg. Destaca-se que todos os testes foram desenvolvidos a 95% de confiança.

RESULTADOS

CONSTITUIÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS DEPOSITADOS

A quantidade de resíduos depositados e de biofertilizante gerado nas composteiras 1 e 2 são mostradas na Tabela 2, e sua constituição pode ser vista nos gráficos apresentados nas Figuras 6 e 7.

Tabela 2: Dados compilados das composteiras 1 e 2.

Composteira	Quantidade resíduos (kg)	Geração biofertilizante (kg)
Composteira 1	27,92	5,39
Composteira 2	13,78	3,63

Na composteira 1, nota-se que 19,3% da massa de resíduos depositada se transformou em biofertilizante líquido, ao passo que, na composteira 2, esse valor de transformação foi de 26,3%. Isso pode ser explicado pela diferente constituição dos resíduos que alimentaram as duas composteiras, como pode ser observado nas Figuras 6 e 7. Ressalta-se que a composteira 2 apresentou uma maior deposição de restos de frutas, o que culminou na maior geração de biofertilizante líquido.

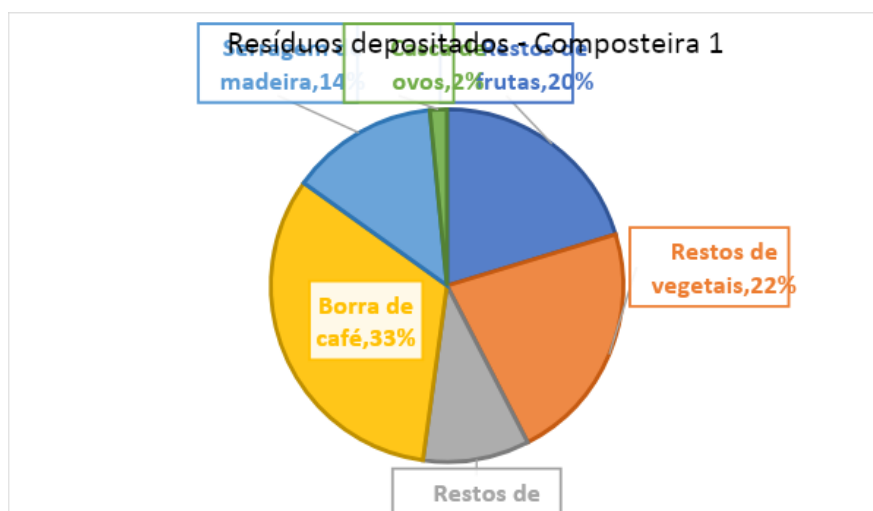


Figura 6: Constituição dos resíduos depositados na composteira 1.

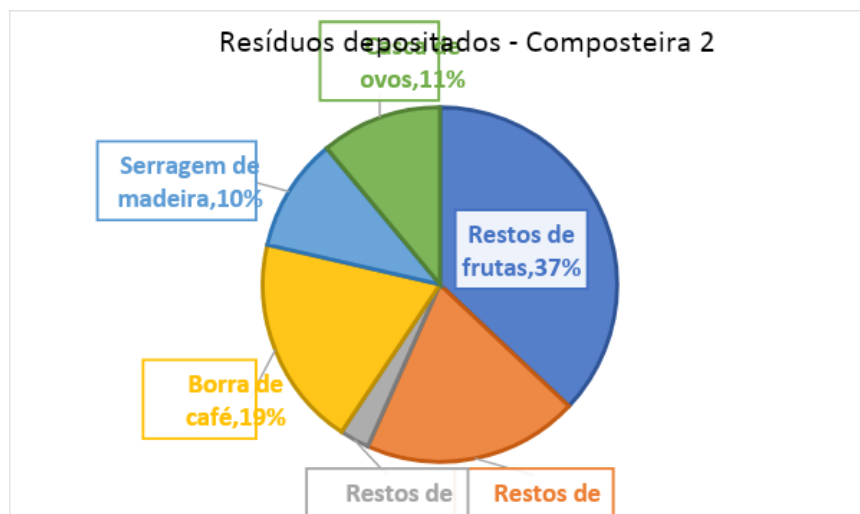


Figura 7: Constituição dos resíduos depositados na composteira 2.

VARIAÇÃO DIÁRIA DE TEMPERATURA

Valente et al. (2008) aponta que a temperatura, além de expressar a atividade dos microrganismos no interior da massa, é um dos parâmetros mais utilizados pelos pesquisadores para determinar a frequência dos revolvimentos, responsáveis por manter a compostagem em processo aeróbio. A temperatura é um parâmetro também utilizado como referencial de indicação da evolução e qualidade do processo, pelo qual podem ser definidas as seguintes fases: mesofílica, termofílica e de maturação (HECK et al., 2013).

Pelo fato de a temperatura ter ficado na faixa entre 20°C a 38°C (Figura 8), tem-se que o processo se caracterizou, em ambas as composteiras, como uma compostagem mesofílica (GOLUEKE, 1977 *apud* SOUZA, 2002). A fase termofílica da compostagem, não observada neste estudo, ocorre em temperaturas acima de 45°C, e proporciona a redução de populações bacterianas oriundas de resíduos orgânicos domésticos, contribuindo para a estabilização do composto (HECK et al., 2013). Todavia, em função do método de operação das composteiras, no qual utilizou-se a segregação dos resíduos diretamente na fonte, garantindo a qualidade da matéria-prima alimentada, pode-se inferir que este tipo de manejo não favorece a possível presença de microrganismos patogênicos.

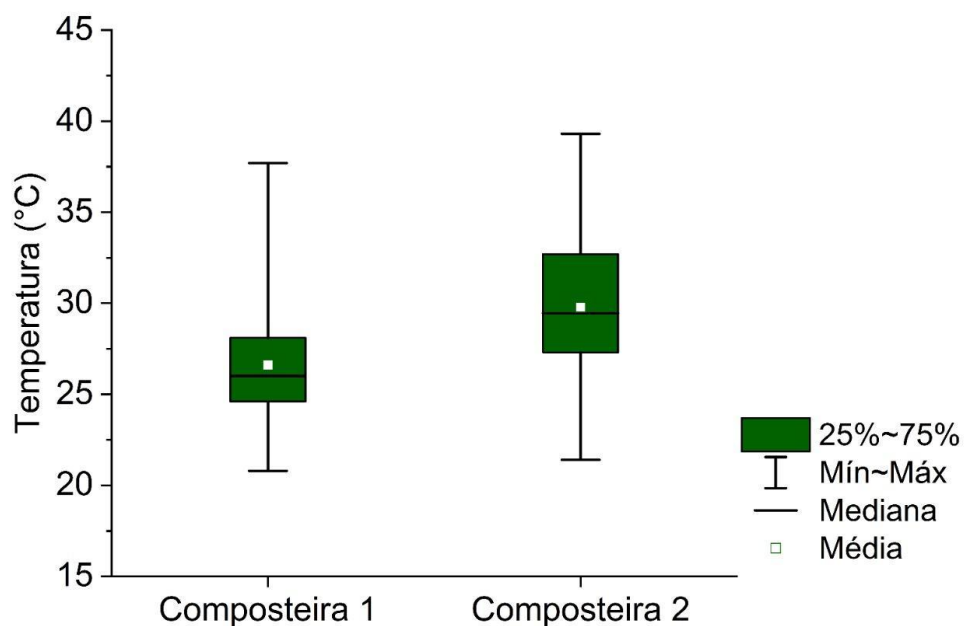


Figura 8: Variação da temperatura nas composteiras 1 e 2.

Outra importante relação frequentemente observada foi que o aumento da temperatura do composto, em geral, se relaciona a uma maior produção de biofertilizante líquido, como pode ser visto nas Figuras 9 e 10. Na composteira 2, por haver uma maior deposição de resíduos mais úmidos, há uma maior constância na geração de biofertilizante líquido, mas ainda assim é notório o aumento dessa produção com o aumento da temperatura, como foi notado nas semanas 3, 7 e 11.

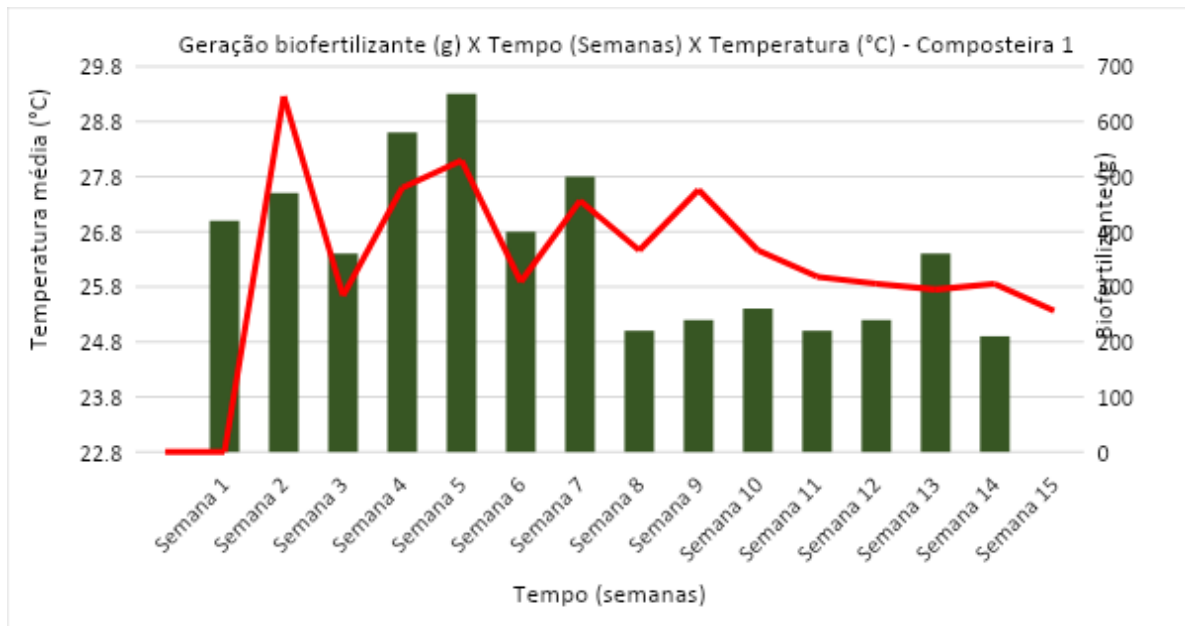


Figura 9: Geração de biofertilizante líquido de acordo com a temperatura na composteira 1.

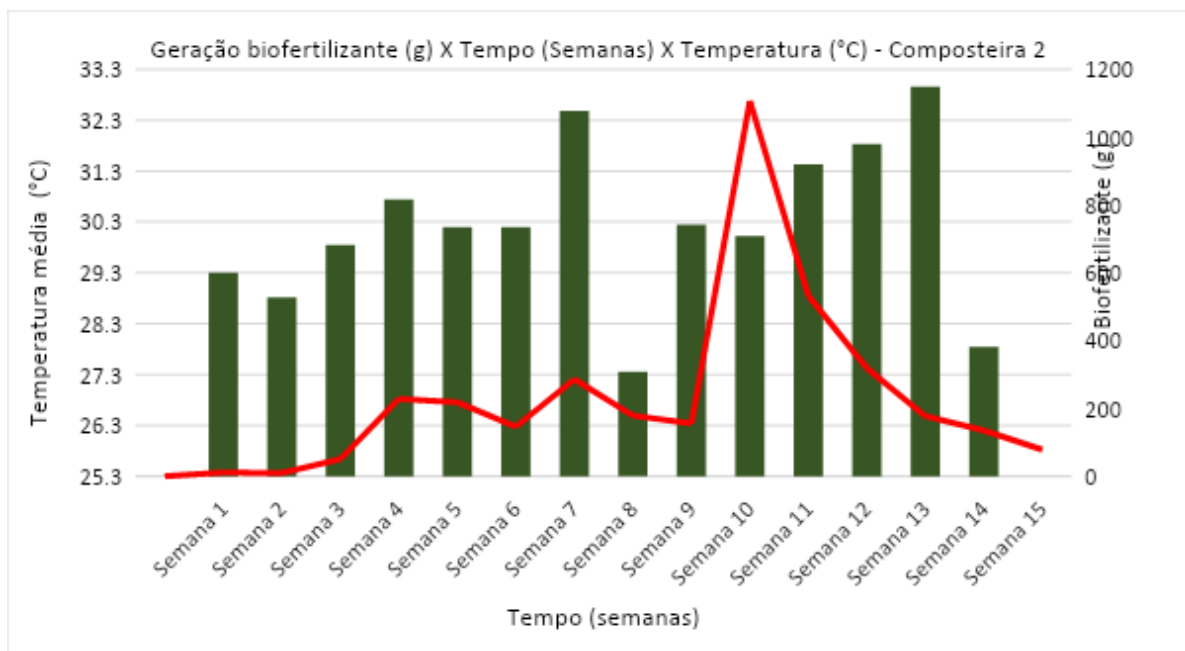


Figura 10: Geração de biofertilizante líquido de acordo com a temperatura na composteira 2.

ANÁLISE DE VARIÁVEIS INTERVENIENTES NO PROCESSO

Os resultados obtidos para a influência da temperatura e dos teores de carbono e nitrogênio depositados nas composteiras sobre a geração de biofertilizante são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3: Resultados obtidos com a modelagem.

Parâmetro	β_0	Temperatura (°C) (β_1)	Massa de Carbono (g) (β_2)	Massa de Nitrogênio (g) (β_3)
Coefficiente	325,7	-6,0	0,4	-0,2
p-valor	0,260	0,526	0,013*	0,317

Nota: *Estatisticamente significativo a 95% de confiança. R^2 : 0,6090.

Ao analisar os resultados da modelagem empregada (Tabela 3), pode-se notar uma correlação positiva estatisticamente significativa ($p\text{-valor} < 0,05$) entre a massa de carbono adicionada nas composteiras e a quantidade de biofertilizante gerada. Ou seja, os resultados indicam que a adição de material rico em carbono está diretamente relacionada a uma maior geração de biofertilizante líquido nas composteiras. Como apontado por Costa (2005), a qualidade do carbono a ser digerido interfere na velocidade e na quantidade de carbono que será transformado em CO_2 durante a compostagem. Por consequência, esse material interfere na velocidade e na qualidade da geração de biofertilizante líquido.

A principal fonte de carbono adicionada nas composteiras foi a serragem, que apresenta relação C/N de 865:1 (SENAR, 2006). Esse material é frequentemente adicionado nas composteiras domésticas como uma medida de controle operacional quando o composto orgânico em geração apresenta alta umidade, como também visando a manutenção da relação C/N ideal e o afastamento de insetos indesejados. Dessa forma, a correlação positiva entre a adição de massa de carbono e a geração de biofertilizante pode ser explicada pela manutenção da umidade adequada no processo, que afeta positivamente o desenvolvimento dos microrganismos (VALENTE et al., 2008).

Neste estudo, o teor de nitrogênio dos resíduos depositados e a média semanal de temperatura do composto não apresentaram influência significativa na geração de biofertilizante, a 5% de significância. Cabe ressaltar que o trabalho se pautou em somente duas composteiras, sendo necessário uma amostra maior para um resultado mais assertivo. É importante notar, também, que existem outras variáveis que afetam o processo, e que não são apresentadas no estudo, por esse ter sido feito em escala residencial.

CONCLUSÕES

A geração de biofertilizante líquido na compostagem doméstica varia de acordo com os resíduos depositados na composteira, sendo notada uma correlação positiva entre essa geração e o teor de carbono dos resíduos. Não foi observada correlação estatisticamente significativa entre o teor de nitrogênio dos resíduos e a média de temperatura semanal.

Notou-se, ainda, que frequentemente o aumento da temperatura do composto orgânico sólido em produção implica em uma maior produção de biofertilizante líquido, podendo ser justificável por uma maior atuação dos microrganismos relacionada a este parâmetro.

É importante ressaltar que o estudo apresenta limitações. As análises encontradas adequam-se somente para as condições de compostagem adotadas, como compostagem em baldes, com segregação dos resíduos na fonte, aeração semanal e parâmetros de C e N estimados com base na literatura. Ressalta-se que existem outras variáveis que também afetam o processo, e que não são apresentadas no estudo, tais como taxa de aeração e sistema reacional.

Outro fator limitante é o fato de ser apresentado apenas duas composteiras, já que o estudo em questão foi feito durante o momento de pandemia do COVID-19. Em virtude disso, sugere-se que trabalhos futuros façam o mesmo experimento com mais composteiras, bem como um monitoramento que inclua a quantificação de

parâmetros químicos, a partir de análises laboratoriais. Ademais, sugere-se também novos estudos com relação ao prazo de validade do biofertilizante, além de sua caracterização e correta dosagem de utilização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS). Panorama dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. 2020. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 17 dez. 2020.
2. AVANCINI, A. R. Caracterização de compostos líquidos provenientes de compostagem e sua aplicação em culturas agrícolas. Orientador: Sérgio Delmar dos Anjos e Silva. 2020. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.
3. AVANCINI, A. B. et al. Caracterização química dos compostos líquidos oriundos da compostagem de resíduos agroenergéticos. In: Embrapa Clima Temperado-Resumo em anais de congresso (ALICE). In: SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS SUSTENTÁVEIS, 5., 2019, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: GFM, 2019, 2019.
4. BASSO, S. M. S.; SCHERER, C. V.; ELLWANGER, M. F. Resposta de pastagens perenes à adubação com chorume suíno: pastagem natural. Revista Brasileira de Zootecnia. v.37, n.2, p.221-227, 2008.
5. BIDONE, F. R. A. Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: Eliminação e valorização. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES. Rio de Janeiro. Brasil. 2001.
6. BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Probiogás. Tecnologias de digestão anaeróbia com relevância para o Brasil: substratos, digestores e uso de biogás. Brasília, DF : Ministério das Cidades, 2015.
7. BERSAN, J. L. M.; KELMER, G. A. R.; RIGHI, J. A. Diagnóstico dos resíduos destinados às unidades de compostagem no estado de Minas Gerais utilizando a base do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. In: Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade, 9º, 2020, Três Rios. Três Rios, UFRRJ, 2020.
8. CARMO, D. L.; SILVA, C. A. Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos. Revista Brasileira Ciência do Solo [online], v. 36, n. 4, p. 1211-1220, 2012.
9. COSTA, M. S. S. de M. Caracterização dos dejetos de novilhos superprecoces: reciclagem energética e de nutrientes. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômicas. Universidade Estadual Paulista. Botucatu. 98 p, 2005.
10. DIAZ, L. F. et al. Solid waste management for economically developing countries. 1996.
11. FORGERINI, D. Obtenção e caracterização de biofertilizantes a partir de técnicas de compostagem sólida. Dissertação (Mestrado), Instituto de Química de São Carlos, São Paulo. 2012.
12. GASPODINI, R. S. et al. Compostagem de Resíduos de Casca de Ovo, Esterco Bovino e Lodo de Estação de Tratamento de Efluente de Graxaria: Uma Abordagem Experimental em Pequena Escala. Revista CIATEC-UPF, v. 10, n. 1, p. 1-16, 1 mai. 2018.
13. HECK, K. et al. 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, jan. 2013.
14. HILL, R. C.; GRIFFITHS, W. E.; LIM, G. C. Principles of Econometrics. 4. ed. New York: Wiley, 2011.
15. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores do Desenvolvimento Sustentável. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Estudos e Pesquisas de Informação Geográfica nº 10. Rio de Janeiro. 2015
16. IPCC, Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp. 2007.
17. MENEZES, R.S.C.; SALCEDO, I.H. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um Neossolo Regolítico cultivado com milho. Rev. Bras. Eng. Agric. Amb. 11: 361-367. 2007.
18. PLANO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS. 2020. Disponível em: <<https://cempre.org.br/wp-content/uploads/2020/12/10-Plano-Nacional-de-Res%C3%ADduos-S%C3%B3lidos-Consulta-P%C3%BAblica.pdf>>.

19. RIGHI, J.A. Proposta de índice de avaliação de aterros de resíduos desativados a partir do potencial poluidor do lixiviado. Dissertação (Doutorado), Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.
20. SANTOS, A. C. V. Biofertilizante líquido: o defensivo agrícola da natureza. Niterói EMATER- Rio, 1992. 16p.
21. SENAR (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL de São Paulo). OLERICULTURA ORGÂNICA: COMPOSTAGEM. Disponível em: <<http://codeagro.agricultura.sp.gov.br/uploads/capacitacao/cartilha-compostagem-SENAR.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2021.
22. SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico do Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos (2018). Disponível: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos/diagnostico-do-manejo-de-residuos-solidos-urbanos-2018>. Acesso em: 23 fev. 2021.
23. SOUZA, F. C.. Avaliação da eficiência da compostagem mesofílica e termofílica. 147f. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba – Campus II - Campina Grande - PB - Brasil, 2002.
24. TBCA - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. Disponível em: <http://www.tbca.net.br/base-dados/busca_componente.php>. Acesso em: 10 fev. 2021.
25. VALENTE, B. S. et al. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. Archivos de Zootecnia, v. 58, n. 224, p. 59–85, 17 set. 2008.
26. VITAL, A. F. M. BARBOSA, I. S. SANTOS, A. M. ANJOS, P. M. RAMOS, H. C. Compostagem de resíduos sólidos orgânicos e produção de biofertilizante enriquecido. Revista Saúde e Ciência online, v. 7, n.2, (maio a agosto de 2018). 502 p.