

Avaliação da influência temporal da temperatura na eliminação de ovos de helmintos durante a compostagem de resíduos sólidos orgânicos domiciliares

O sistema experimental foi constituído por duas unidades de tratamentos, denominadas de unidade CAR e unidade CPC, ambas as unidades foram monitoradas em triplicata. Cada unidade de tratamento foi composta por três reatores, cada reator recebeu 26,6 kg de resíduos sólidos orgânicos (80% de resíduos sólidos orgânicos e 20% de estruturantes). As análises físicas, químicas e sanitárias aconteceram semanalmente. Os parâmetros analisados foram; a temperatura, aeração, teor de umidade, sólidos totais, sólidos totais voláteis, nitrogênio total, fósforo total, potássio, pH e ovos de helmintos. A temperatura foi aferida diariamente às 9 horas, em três pontos diferentes da massa do substrato. Em relação aos ovos de helmintos, constatou-se que a eliminação não dependeu unicamente de altos níveis de temperatura, mas de um conjunto de fatores sequenciados, como os níveis de temperatura superiores a 40 °C por no mínimo quatro dias, baixa umidade (< 50%), baixo percentual de matéria orgânica STV (< 53%ST), pH alcalino (> 8,3). Os ovos de helmintos sofreram uma redução significativa, iniciando em 4,1 ovos/gST, no final do tratamento não foram encontrados nenhuns ovos de helmintos no composto orgânico produzido, visto que, para os helmintos avaliados os ovos de *Ascaris lumbricoides* foram os mais resistentes. Os resultados da pesquisa apresentaram valores significativos para os parâmetros físicos, químicos e sanitários obtidos no processo de bioestabilização aeróbia, gerando composto orgânico, atendendo às exigências estabelecidas pela Instrução Normativa n° 25, de 23 de julho de 2009 (BRASIL, 2009), constatando-se assim que as unidades de tratamentos estudadas foram eficientes na sanitização dos resíduos sólidos orgânicos, contribuindo no processo de ciclagem dos nutrientes, e transformando problema ambiental em solução sustentável nos aspectos ambiental, social e econômico.

Palavras-chave: Meio ambiente; Resíduos sólidos; Tratamento biológico; Interações biológicas.

Evaluation of the temporal influence of temperature on the elimination of helminth eggs during composting of household organic solid waste

The experimental system consisted of two treatment units, called CAR unit and CPC unit, both units were monitored in triplicate. Each treatment unit was composed of three reactors, each reactor received 26.6 kg of organic solid waste (80% organic solid waste and 20% structurants). Physical, chemical and sanitary analyzes took place weekly. The analyzed parameters were; temperature, aeration, moisture content, total solids, volatile total solids, total nitrogen, total phosphorus, potassium, pH and helminth eggs. Temperature was measured daily at 9 am, at three different points in the substrate mass. Regarding helminth eggs, it was found that elimination did not depend solely on high temperature levels, but on a set of sequenced factors, such as temperature levels above 40 °C for at least four days, low humidity (< 50%), low percentage of organic matter STV (< 53%ST), alkaline pH (> 8.3). found no helminth eggs in the organic compost produced, since, for the helminths evaluated, the eggs of *Ascaris lumbricoides* were the most resistant. The research results showed significant values for the physical, chemical and sanitary parameters obtained in the aerobic biostabilization process, generating organic compound, meeting the requirements established by Normative Instruction No. 25, of July 23, 2009 (BRASIL, 2009), noting it is thus that the studied treatment units were efficient in the sanitization of organic solid waste, contributing to the nutrient cycling process, and transforming an environmental problem into a sustainable solution in the environmental, social and economic aspects.

Keywords: Environment; Solid waste; Biological treatment; Biological interactions.

Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**

Received: **06/10/2021**

Approved: **28/10/2021**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Rosilene Barros Gomes 
Universidade Estadual da Paraíba, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0880366224800498>
<http://orcid.org/0000-0001-8086-8851>
rosilene_barros@hotmial.com

Valderi Duarte Leite 
Universidade Estadual da Paraíba, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2319382787465258>
<http://orcid.org/0000-0001-5861-7407>
mangabeiraleite@gmail.com

Ivanise Gomes 
Universidade Estadual da Paraíba, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6042837219372011>
<http://orcid.org/0000-0003-4561-8739>
ivanisegomesbio@gmail.com

Elaine Cristina de Araújo 
Universidade Estadual da Paraíba, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9169141876708340>
<http://orcid.org/0000-0002-6288-8469>
cryslainne@gmail.com

Fernando Luiz Barbosa Farias 
Universidade Estadual da Paraíba, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5564372426013611>
<http://orcid.org/0000-0002-1894-6481>
fernando.lui.2327@gmail.com

Adriane Teixeira Barros 
Universidade Estadual da Paraíba, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3228203365280543>
<http://orcid.org/0000-0002-7393-642X>
adrianebarros@yahoo.com.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.010.0037

Referencing this:

GOMES, R. B.; LEITE, V. D.; GOMES, I.; ARAÚJO, E. C.; FARIAS, F. L. B.; BARROS, A. T.. Avaliação da influência temporal da temperatura na eliminação de ovos de helmintos durante a compostagem de resíduos sólidos orgânicos domiciliares. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.12, n.10, p.464-478, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.010.0037>

INTRODUÇÃO

A população mundial está em torno de 7,6 bilhões e provavelmente atingirá 8,6 bilhões no ano de 2030 e 9,8 bilhões em 2050. Este aumento está associado à produção e consumo de diferentes resíduos sólidos, que tem desencadeado problemas no âmbito ambiental, sanitário e socioeconômico (BERNAL et al., 2009). É importante destacar a geração e descarte final dos resíduos sólidos orgânicos, que ainda não tem tratamento unificado e adequado para os municípios brasileiros.

Os resíduos sólidos orgânicos são biodegradáveis com alto teor de umidade, e quando descartados inadequadamente tornam-se uma fonte potencialmente poluidora. Nos resíduos sólidos orgânicos são encontrados grande diversidade de microrganismos, dentre estes, os ovos de helmintos, são bastante elevados (SCHULTZ, 2016), por reunir condições favoráveis para seu desenvolvimento. A presença de ovos de helmintos nos resíduos sólidos orgânicos domiciliares é um indicativo de contaminação, que poderá trazer danos ao meio ambiente e a saúde pública se descartado sem tratamento prévio.

No geral, a fração mais representativa em termos quantitativos é a matéria orgânica putrescível, que é de 55% (percentagem em peso), essa porcentagem é uma média dos países em desenvolvimento (RASAPOOR et al., 2016), é detentora de capacidade total de utilização, tal qual as demais frações com exceção dos resíduos denominados rejeitos, que são resíduos sem classificação definida.

Uma possível solução para os problemas decorrentes da quantidade de resíduos sólidos orgânicos gerados é o tratamento através da tecnologia de compostagem. Esse processo biológico, transforma a matéria orgânica em condições aeróbias e controlada, é realizado num período ajustado Chukwudi et al. (2016). No processo biológico a degradação da matéria orgânica, ocorre uma elevação na temperatura devido às atividades microbianas.

A temperatura é um fator indicativo do equilíbrio biológico, de fácil monitoramento e que reflete a eficiência do processo de compostagem. A elevação da temperatura no processo de compostagem é importante para a eliminação de ovos de helmintos, mas, é necessário destacar que temperaturas superiores a 65 °C limita as populações aptas a realizar a degradação, e atividade biológica (KIEHL, 2004).

Os ovos de helmintos são extremamente resistentes a fatores ambientais e podem sobreviver a diversos tipos de tratamentos Neves (2010). Assim, foi sugerido pela OMS em 1989, que se utilizasse *A. lumbricoides* como o indicador mais adequado para este grupo de patógenos. Isso ocorre devido a estrutura e a função da casca dos ovos que têm papel relevante e que deve sempre ser considerada. Sua resistência, complexidade e variabilidade podem ser consideradas como adaptações que aumentariam a sobrevivência do embrião e da larva no meio ambiente (WHARTON, 1980).

A casca dos ovos apresenta natureza quitinosa, é geralmente a mais espessa da casca, sendo que sua composição fornece uma resistência estrutural ao ovo onde a proteína está frequentemente presente em associação com a quitina. O papel principal da camada de quitina é provavelmente fornecer resistência estrutural (APHA, 2014; SCHULZE, 2016; WHARTON, 1980).

A temperatura na permeabilidade da casca dos ovos de helmintos é dessa forma, um importante

fator de influência na capacidade dos ovos em sobreviverem às condições ambientais adversas Cerda et al. (2017). Quando os ovos são expostos à dessecação em temperaturas elevadas, a taxa de perda de água aumenta, e consequentemente são inativados.

Sabe-se que a problemática relativa à eliminação dos ovos de helmintos é complexa, tendo-se que analisar cada caso para a escolha da melhor opção dentro dos sistemas de gestão e tecnologias disponíveis (BHATIA et al., 2013; PEPE et al., 2013). Por meio desse processo, obtém-se um produto composto, higienizado livre de agentes patogênicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente artigo trata-se de uma pesquisa quantitativa, do tipo experimental que consiste na elaboração de instrumentos para coleta de dados (MARCONI et al., 2011) possibilitando o processo do tratamento dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares. O trabalho experimental foi realizado no Laboratório do Grupo de Extensão e Pesquisa em Gestão e Educação Ambiental (LabGGEA), situado no Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, Campus I, em Campina Grande, estado da Paraíba. Nesse âmbito foram analisados os parâmetros físico, químico e biológico, exceto à análise de macronutrientes que foi realizada no laboratório de Análise de Tecido de Planta da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, na cidade de Areia, estado da Paraíba.

O sistema experimental denominado de SITRADERO (Sistema de Tratamento Descentralizado Aeróbio de Resíduos Sólidos Orgânicos), foi instalado ao lado do prédio das Três Marias, localizado no UEPB, Campus I, este abrange uma área de 16 m², e sua estrutura é constituída por madeira, lona e telas de proteção. Esta estrutura tem por finalidade impedir interferências diretas da chuva e insolação, bem como a presença de animais, sobretudo de grande porte.

A coleta dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares (RSOD) foram coletados em 63 residências, localizadas no bairro das Malvinas. O bairro Malvinas está localizado no município de Campina Grande que fica no interior do estado da Paraíba, Brasil, no Planalto da Borborema, com altitude de 550 m acima da superfície do mar e com ocupação geográfica de 593.026 km² e situa-se a 120 km da capital litorânea João Pessoa (7°13'11" sul, 35°52' 31" oeste).

A escolha do bairro decorreu do processo de sensibilização, formação e de mobilização de diferentes atores sociais que vem sendo aplicado na área em estudo (NASCIMENTO, 2015; ARAÚJO et al., 2018; SOUSA, 2018; ARAÚJO et al., 2019; SILVA et al., 2014; SILVA et al., 2020; SILVA et al., 2011a; 2011b).

Procedimentos para coleta de dados

As coletas dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares (RSOD), foram realizadas durante o período de oito dias, foram feitas quatro coletas, seguindo-se o calendário da coleta do serviço público de limpeza urbana (terça-feira, quinta-feira e sábado), obtendo um total de resíduos sólidos orgânicos de 330 kg. Esses resíduos sólidos orgânicos coletados foram transportados para o sistema experimental. Eles foram

submetidos ao processo de trituração, a fim de diminuir o tamanho das partículas da massa “in natura”. Após a trituração, foi realizada a composição do substrato, contendo 80% de resíduos sólidos orgânicos e 20% de estruturante, realizava-se a homogeneização do substrato e por último, foram coletadas amostras compostas para as análises físicas, químicas e sanitárias dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares. O método para determinar a composição das amostras de resíduos sólidos orgânicos domiciliares (RSOD), após cada dia de coleta foi o de quarteamento múltiplo, conforme Figura 1.

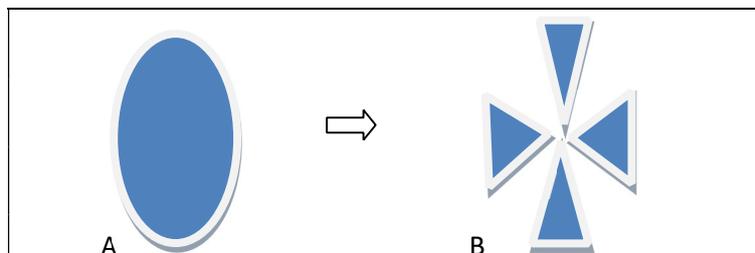


Figura 1: Esquema do método de quarteamento múltiplo aplicado às amostras de resíduos sólidos orgânicos domiciliares. Fonte: Adaptado de Nascimento (2015) e Nascimento et al. (2017).

Esse método propicia a produção de amostra homogeneizada (AT) do material. Em seguida, o material foi dividido em quatro partes iguais. Durante a mistura houve todo cuidado para que o material ficasse bastante homogeneizado, de modo a favorecer a formação do substrato a ser tratado o mais uniforme possível. Deste foram retiradas três amostras compostas, resultando em 36 subamostras que foram submetidas à análise física, química e parasitológicas do substrato inicial (A1; A2; A3), conforme propôs Araújo et al. (2018) e Nascimento (2015).

Processo de monitoramento das unidades de tratamentos CAR e CPC no tratamento biológico aeróbio de resíduos sólidos orgânicos domiciliares (RSOD)

O monitoramento das Unidades de tratamentos CAR e CPC foram realizados a partir dos parâmetros físicos, químicos e sanitárias (Quadro 1). O conhecimento e entendimento das variáveis são fundamentais ao funcionamento adequado da compostagem. Por tratar de processo biológico aeróbio, os organismos responsáveis pela transformação das características físicas e químicas dos resíduos sólidos orgânicos são aeróbios ou anaeróbios facultativos.

Quadro 1: Métodos analíticos e frequência dos parâmetros utilizados no processo de compostagem.

Parâmetros	Frequência	Método utilizado
Físico	Temperatura	Diariamente
	Umidade	Semanal
	Aeração	Semanal
Químico	pH	Semanal
	STV (%ST)	Semanal
Biológico	Ovos de helmintos (ovos/gST)	Semanal

As Unidades de Tratamentos foram constituídas por configurações distintas: As Unidades de Tratamento CAR foram formadas por um compartimento com a seguinte dimensão ;0,30 m e largura, 0,50 m de comprimento e 0,50 m de altura. As Unidades de Tratamento CPC, são formadas por um compartimento com a seguinte dimensão: 0,30 m de largura, 0,54 m de comprimento e altura de 0,40 m.

O sistema experimental foi constituído por duas Unidade de Tratamento. Cada Unidades de tratamento é formada em triplicata (CPC₁, CPC₂, CPC₃, CAR₁, CAR₂, CAR₃). Cada uma foi alimentada com 26,6 kg de resíduos sólidos orgânicos domiciliares (RSOD), totalizando 79,8 kg em cada composteira de Tratamento.

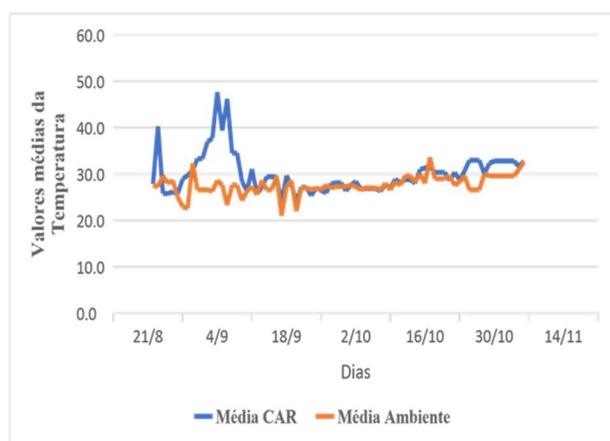
O material estruturante usado consistiu em materiais não degradados de outras unidades de tratamentos, o rejeito e o farelo, resultantes do peneiramento após a estabilização da matéria orgânica. A finalidade destes constituintes em Unidade de tratamento é favorecer a aeração, o teor de umidade adequado à ação dos organismos autóctones e o equilíbrio na relação C/N (SILVA, 2008; 2021).

O monitoramento da temperatura foi realizado diariamente, sempre no mesmo horário (09:00 h), em três pontos da massa de substrato: superfície, centro e base, utilizando-se de termômetro de haste de mercúrio e observação direta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 2 e 3 observa-se que o início do tratamento não houve aumento significantes das temperaturas médias na massa do substrato, no processo de bioestabilização aeróbia nas Unidades de tratamentos CAR e CPC. Os valores de temperatura correspondem-se aos nove pontos das Unidades CAR e CPC, esses encontraram-se baixos, próximos à temperatura ambiente. Isso é presumível, devem-se ao alto teor de umidade (>70%), STV (>80%ST) e pH ácido (5,2) registrados, o que reduz a permeabilidade do substrato, limitando assim, a atividade dos organismos aeróbios.

Os valores máximos de temperatura obtidos foram diferentes para as duas Unidades de tratamentos CAR e CPC, indicando que a degradação e os organismos presentes nos materiais em compostagem também variaram, provavelmente em consequência do material e da configuração das Unidades. Ao longo do processo, a temperatura em ambas Unidade de Tratamentos CAR e CPC, aumentaram como previsto, conforme as figuras 2 e 3.



Fonte: os autores (2021).

Figura 2: Magnitudes dos valores médios de Temperatura registrados na Unidade de tratamento CAR.

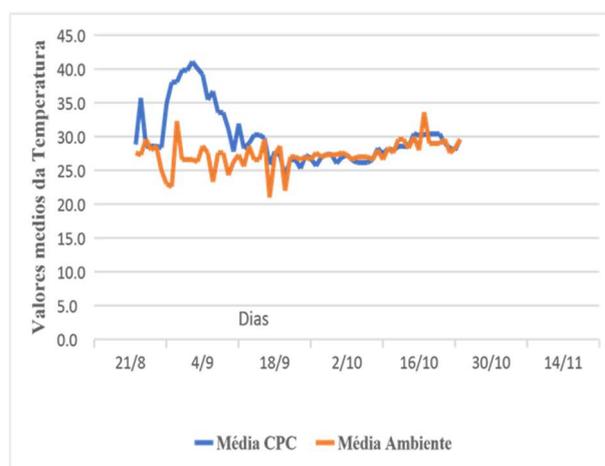


Figura 3: Magnitudes dos valores médios de Temperatura registrados na Unidade de tratamento CPC.

No 13° ao 18° dia, as faixas de temperaturas médias registradas para a Unidades de Tratamento CAR variaram entre 40 e 50° C, já para a Unidade CPC as temperaturas médias variaram entre 40 e 43 °C. As altas temperaturas verificadas caracterizaram a fase termófila (figuras 2 e 3). O sistema CAR alcançou as maiores faixas de temperatura, o que pode estar relacionado ao tipo de sistema, bem como à atividade metabólica dos organismos presentes. Essa elevação nos níveis de temperatura é resultado da atividade dos organismos que utilizam compostos solúveis e prontamente assimiláveis, tais como açúcares, aminoácidos e lipídios presentes nas matérias-primas utilizadas para a compostagem (BERNAL et al., 2009; INSAM et al., 2007; TROY et al., 2012).

As Unidades de Tratamentos CAR e CPC em estudo não atingiram as faixas de temperaturas consideradas ótimas por muitos pesquisadores, que ficam entre 55 °C e 60 °C. Por outro lado, permaneceram com temperaturas acima de 40 °C por mais de quatro dias, e segundo Rebollido et al. (2008) e Chandna et al. (2013), esse nível de temperatura por períodos superiores há três dias é capaz de inibir os organismos patogênicos, atingindo os padrões de saneamento.

Para melhor compreensão do comportamento temporal foi realizado a análise estatística, ANOVA. De acordo com o resultado obtido, observa-se que as variações entre as temperaturas nas Unidade CAR e CPC, não apresentaram diferenças significativas, sendo o valor de F (0,04) menor do que o valor de F crítico (4,41), demonstrando assim a tendência à uniformidade da temperatura.

Para a variação temporal nos valores do Teor de Umidade, nas Unidades de Tratamentos CAR e CPC, foram observados alto percentual de umidade (67,33 e 68,3%, respectivamente) conforme mostra a figura 4. Resultados semelhantes foram encontrados por Wang et al. (2015) ao avaliarem a relação entre diversidade bacteriana e os parâmetros ambientais durante a compostagem de diferentes substratos, obtendo valores de umidade entre 73,19% e 77,32%. Margaritis et al. (2017) trabalharam com a compostagem doméstica utilizando diferentes minerais e registraram valores de umidade entre 69,56% e 74,82%.

O alto teor de umidade constatado para esta pesquisa está relacionado à constituição dos resíduos sólidos orgânicos provenientes de ambientes domésticos, que é composto basicamente de água, como casas de frutas, legumes e restos de comida (GOMES, 2019). As taxas altas de umidade também ajudaram a reduzir as taxas de evaporação ocasionadas pelas altas temperaturas ambientes da região, uma vez que os sistemas foram instalados em escala real.

As Unidades de Tratamentos CAR e CPC, ficaram suscetíveis às variações da umidade relativa do ar, temperatura ambiente e exposição à radiação. Verificou-se que os níveis elevados de umidade inicial adiaram a fase termófila. Após a regulação da umidade, foi constatado o aumento da temperatura e da densidade de enterobactérias. Foi observada, também, a presença frequente de mesoinvertebrados e fungos nas fases iniciais e finais da compostagem, o que evidencia uma sucessão ecológica com diferentes faixas de tolerância à umidade.

Para verificar a existência de diferença significativa do parâmetro teor de umidade entre as Unidades de Tratamentos CAR e CPC, foi utilizado análise de variância (ANOVA), observou-se, que os resultados

demonstraram a existência de diferença significativa entre a Unidades de Tratamento CAR e CPC, uma vez que o F (6,5) foi maior que o valor do F crítico (4,41).

Na variação temporal nos valores do pH, nas Unidades de Tratamentos CAR e CPC, foram encontrados pH ácido (6,11 e 5,2, respectivamente). Indicando que os materiais em tratamento apresentavam caráter ácido. Segundo Gajalakshmi et al. (2008) o pH inicial é ácido, devido à degradação de compostos facilmente degradáveis e à formação de ácidos orgânicos. Foi observado, durante a faixa de pH ácido, a presença frequente de fungos em ambos Unidades. A ação de diferentes organismos e subsequentemente oxidação do nitrogênio orgânico em nitrogênio amoniacal resultou no aumento do pH na compostagem (VALENTE et al., 2009).

Na 3ª semana do experimento, o pH aumentou chegando a níveis alcalinos, 8,23 para o Unidades CAR e 8,49 para CPC, caracterizando a compostagem em um processo de mudanças rápidas, tendo vista as variações de pH, umidade e temperatura que ocorreram no curto período de tempo, conforme mostra a figura 5.

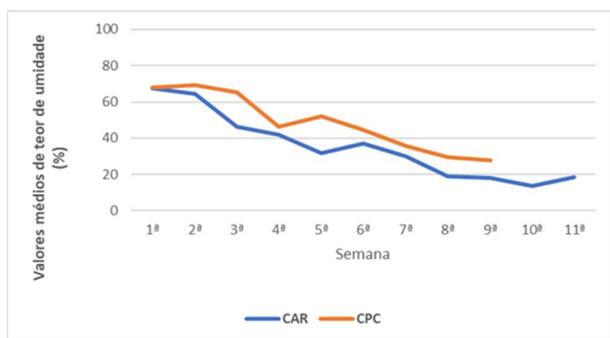


Figura 4: Valores médios da variação temporal do Teor de Umidade (%ST) nas Unidades de Tratamentos CAR e CPC.

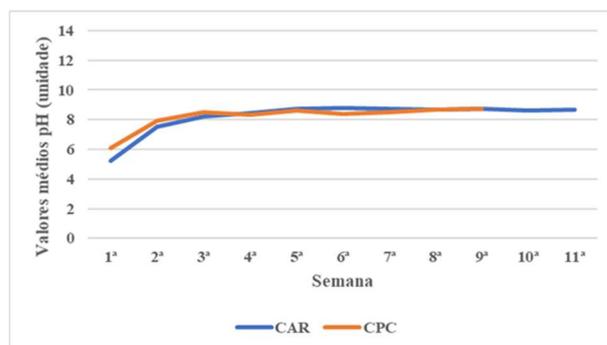


Figura 5: Variação temporal dos valores do pH (unidade) do processo de compostagem das Unidades de tratamentos CAR e CPC.

As faixas de pH registradas foram semelhantes para duas Unidades CAR e CPC, bem como os valores seguiram um padrão similar aos relatados por (SYMANSKY, 2000; MARGARITIS et al., 2017; ARAÚJO et al., 2018), esses trabalharam com resíduos sólidos orgânicos provenientes também de residências. Segundo a literatura, o valor final do pH do composto é amplamente utilizado para avaliar a qualidade dos produtos de compostagem, porque influencia no pH do solo e a biodisponibilidade de nutrientes para plantas após a sua aplicação Wang et al. (2015). Ainda conforme os autores, o valor de pH final ideal para o composto encontra-se entre 6,9 e 8,3.

Para verificar a possibilidade de existência de diferença significativa do parâmetro pH entre as Unidades de Tratamentos CAR e CPC, foi utilizado análise de variância (ANOVA), observou-se, que os resultados demonstraram a não existência de diferença, uma vez que o F (0,0003) foi menor que o valor do F crítico (4,41).

Na variação temporal para os valores dos sólidos totais voláteis, nas Unidades de Tratamentos CAR e CPC, foram observados (71,1 e 74,11%ST, respectivamente). No decorrer do tratamento houve o decaimento gradual da matéria orgânica durante a compostagem mostra que nos sistemas de tratamento

continham conteúdo orgânico facilmente degradável, como açúcares, proteínas e lipídios, o que resultou em maior atividade dos organismos presentes, aumentando a velocidade de estabilização do composto. Por meio do parâmetro sólidos totais voláteis foi possível acompanhar a degradação da matéria orgânica ao longo do processo de compostagem., como mostra a figura 6.

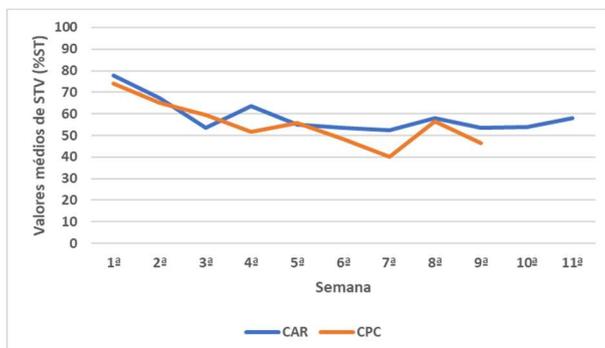


Figura 6: Valores médios da variação temporal de STV (%ST) observados ao longo processo de compostagem para as Unidades de Tratamentos CAR e CPC.

Foi verificado na 4ª semana o aumento de sólidos totais voláteis. Uma explicação para esse acréscimo pode estar relacionada à constituição do material coletado para as análises. Ou seja, o substrato antes de ser coletado passa pelo revolvimento para homogeneização das camadas, e durante o processo, pode ter ocorrido a coleta de materiais complexos, cuja degradação é mais difícil, logo, retardada (GOMES, 2019).

Para verificar a possível existência de diferença significativa para sólidos totais voláteis (%ST) entre as Unidades de tratamentos CAR e CPC, foi aplicado a análise estatística, ANOVA, observou-se, que os resultados obtidos não apresentaram diferença significativa, uma vez que o F (0,55) foi menor que o valor do F crítico (4,41).

Em relação aos ovos de helmintos, na Unidade de Tratamento CAR ocorreu redução considerável (1,5 ovos/gST), entretanto, na Unidade de tratamento sistema CPC foi constatado aumento (5,7 ovos/gST). Provavelmente, está elevação de ovos de helmintos em CPC relaciona-se à configuração do sistema. A configuração cilíndrica propiciou níveis de temperaturas xerófilas na superfície por maior espaço de tempo (sete dias), no entanto, na base não foram registrados níveis superiores a 40 °C. Entende-se que há maior probabilidade de ovos de helmintos se localizarem em ambiente de menor incidência de radiação solar e de nível de temperatura. No entanto, nas semanas posteriores à fase termófila, houve a diminuição de ovos de helmintos no substrato, alcançando-se no final do tratamento a sanitização do composto.

Ressalta-se que os substratos que alimentaram nas Unidades de Tratamentos eram de origem comum e foram submetidos a igual procedimento no que se refere ao monitoramento, as transformações decorreram do respectivo Unidades de Tratamentos (CAR e CPC), apontando para a influência direta da configuração e do tipo de material usado para sua construção.

Dando prosseguimento, verificou-se a redução dos níveis de temperatura nas Unidades de tratamentos CAR e CPC (30 < 40°C), de teor de umidade (46,53 e 65,33%, respectivamente) e STV (53,6 e 59,4 %ST, respectivamente) e pH alcalino, com valores mais distante do pH neutro (8,24 e 8,49, respectivamente).

Observou-se ainda a diminuição de fungos e mesoinvertebrados, principalmente de dípteros na fase de larva, mas foram notados na forma de pupa. Estas mudanças caracteriza a fase mesófila, em que foi identificada a diferença temporal entre os sistemas (03 e 06 dias, respectivamente) e os substratos mostraram-se com menor granulometria, coloração mais escura e cheiro mais próximo de solo (terra).

No que se refere aos ovos de helmintos, estes ainda foram encontrados nos dois sistemas (3,1 e 2,7 ovos/gST), refletindo que na mesófila, embora o substrato esteja próximo à estabilização, ainda não há sanitização. Este dado demonstra que é necessário o monitoramento durante todas as fases do sistema de compostagem.

A sucessão na fase mesófila, observaram-se mudanças peculiares à fase de maturação, direcionando para estabilização e sanitização, principais objetivos intencionados para tratamento dos resíduos sólidos orgânicos; com maior tempo de duração na Unidade de Tratamento CAR (50 dias), comparando-se com a Unidade de Tratamento CPC (31 dias). Entre as alterações, constataram-se níveis de temperatura próximos ou iguais a ambiente em todos os pontos aferidos dos sistemas ($25 < 30$ °C), exceto na base do Unidade de Tratamento, AR nos dias 24 a 26 e 28 e nos três pontos medidos na Unidade de tratamento CPC, dias 21, 24 a 26; teores de umidade (CAR = 13,47 - 42%; CPC = 27,6 - 46,27%) e de STV baixos (52,5 - 63,5%ST; CPC = 40,2 - 56,6%ST) e pH alcalino (CAR = 8,44 - 8,77; CPC = 8,35 - 8,75).

Em referência aos ovos de helmintos, ao longo da fase de maturação, aqueles que ainda estavam nos sistemas, foram destruídos. Os ovos de helmintos ainda percebidos durante o exame microscópico, apresentaram-se com deformação na sua estrutura morfológica, logo eram inviáveis. Nota-se que a destruição de ovos de helmintos decorreu de um conjunto de fatores, não sofrendo apenas a interferência dos altos níveis de temperatura.

De acordo com Nascimento (2015), Nascimento et al. (2017), Araújo et al. (2018; 2019), Silva (2021) e Silva et al. (2020), os resíduos sólidos orgânicos domiciliares apresentam condições favoráveis para disseminação de organismos patógenos, logo, o tratamento deve reunir condições adversas para estes organismos, no entanto, várias tecnologias que podem ser aplicadas para o tratamento, dentre as quais, o tratamento biológico aeróbio descentralizado. Por conseguinte, entende-se que a tecnologia em avaliação alcançou os propósitos de estabilização e sanitização e que transformou problema em solução, como citam Silva et al. (2020) e Silva (2021).

Conforme Neves (2010), os helmintos são organismos de importância médica em virtude de sua resistência ambiental, somada a baixa dose infectante, porquanto são indicadores de qualidade sanitária do composto, como recomenda Silva (2021), especialmente o gênero *Ascaris* que em estudo de Silva (2021), Nascimento (2015) e Araújo et al. (2019) foram os últimos tipos de ovos a serem destruídos e/ou inviabilizados. Esta alta resistência se relaciona com a sua morfologia. Eles têm natureza química única, com 25% de proteínas e 75% lipídeos, conforme Wharton (1980), sendo a principal barreira à permeabilidade. Está lhe confere grande resistência às condições adversas.

A eliminação de ovos de helmintos não dependeu unicamente de altos níveis de temperatura, mas

de um conjunto de fatores sequenciados, denominados neste trabalho de condições adversas: níveis de temperatura superiores a 40 °C, por no mínimo quatro dias, baixa umidade e matéria orgânica (STV) e pH alcalino (Figuras 6 e 5).

Ao longo do monitoramento do processo de compostagem, foram identificados ovos de *Ascaris lumbricoides*, *Ancylostoma sp.*, *Enterobiusvermicularis* e *Hymenolepis nana*, no entanto, observou-se diferença entre os dois sistemas em termos de prevalência e resistência de helmintos durante o tratamento aplicado.

Considerando o número de ovos visualizado, averiguou-se que na Unidade de Tratamento CAR, prevaleceram ovos de *Ascaris lumbricoides*, seguidos de ovos de *Ancylostoma sp.*, *Hymenolepisnana* e por fim, de *Enterobiusvermicularis* (Figura 7). Para o Unidade de tratamento CPC, predominaram ovos de *Ascaris lumbricoides*, seguidos de ovos de *Enterobiusvermicularis*, *Ancylostoma sp.* e *Hymenolepis nana* (Figura 8).

Ponderando-se, contudo, a variável resistência, ao tratamento aplicado, verificou-se nos duas Unidade de Tratamentos que os ovos de *Ascaris lumbricoides* foram os mais resistentes, ou seja, permaneceram até a décima semana de tratamento na Unidade de Tratamento CAR e até oitava semana na Unidade de Tratamento CPC. Seguindo-se de ovos de *Ancylostoma sp.*, *Hymenolepis nana* e *Enterobiusvermicularis*, conforme mostra (figuras 7 e 8).

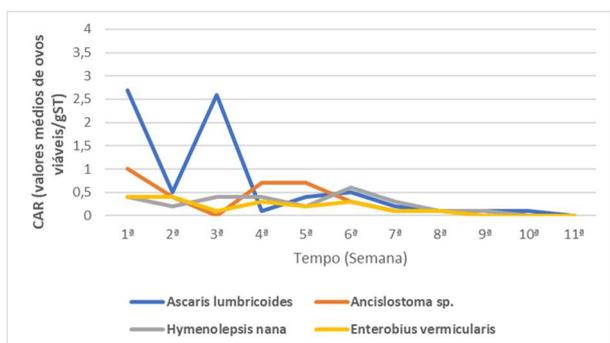


Figura 7: Magnitude dos valores médios da diversidade dos ovos de helmintos para na Unidade de tratamento CAR.

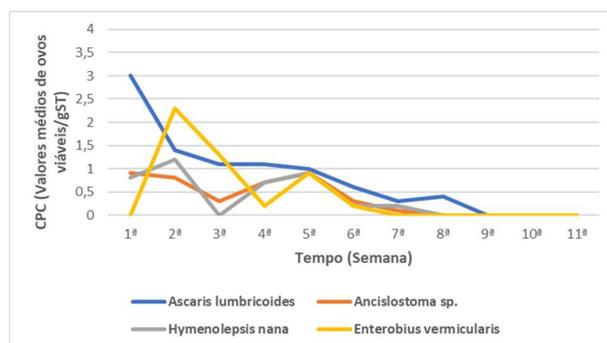


Figura 8: Magnitude dos valores médios da diversidade dos ovos de helmintos para na Unidade de tratamento CPC.

Who (2004), Carrington (2001) e Feachem et al. (1983) mencionam que umidade baixa, níveis de temperatura superiores a 40 °C são condições adversas aos diferentes ovos de helmintos, inclusive aos mais resistentes, tais como: *Ascaris lumbricoides*, *Taenia sp.* e *Trichuristrichiura*. Carrington (2001) cita que a exposição de ovos de helmintos à temperatura de 50° C por três dias os inativam, no entanto, segundo a USEPA (1999) neste nível de temperatura são necessários cinco dias de exposição para sua inativação.

De acordo com os autores Insam et al. (2007), Bernal et al. (2009) e Troy et al. (2012), a elevação dos níveis de temperatura é resultado da atividade dos organismos que utilizam compostos solúveis e prontamente assimiláveis, tais como açúcares, aminoácidos e lipídios presentes nas matérias-primas utilizadas para a compostagem.

Para Pereira et al. (2011), a temperatura é o fator mais indicativo do equilíbrio biológico e o calor gerado no processo da compostagem elimina microrganismos patogênicos que não sobrevivem a

temperaturas acima de 55°C por mais de 24 horas. Na visão de Kiehl (2004), durante as etapas do tratamento ocorrem sucessão que predominam microrganismos. Esses estão diretamente envolvidos com influência da temperatura que varia conforme as características do composto, como o teor de umidade, a disponibilidade de oxigênio, relação C/N e pH.

A maior resistência de ovos de *Ascaris lumbricoides* de acordo com os dados coletados, justificada pela sua estrutura morfofisiológica, ratifica as teses de Wharton (1980), Silva (2008), Neves (2010), Schultz (2016) e Silva (2021) e reafirma o seu uso como indicador de qualidade sanitária do composto orgânico proposto por Silva (2008; 2021).

Para verificar a existência de diferença significativa de diversidade de helmintos entre as Unidades de tratamento CAR e CPC, foi aplicada a análise de Variância (ANOVA), os resultados encontrados não demonstraram a existência de diferença significativa entre as Unidades de tratamento CAR e CPC, durante o período de monitoramentos, uma vez que o F (1,85) foi menor que o valor do F crítico (4,4), conforme mostra a Figuras 7 e 8.

Para a massa final obtida nas Unidades de Tratamentos CAR e CPC, constituiu-se de composto tipo pó (3,4 e 2,6 kg), composto tipo farelo (2,8 a 2,8 kg) e rejeito (6,3 a 7,2 kg), conforme mostra na Tabela 1. O rejeito compreendeu basicamente pedaços de ossos, galhos de arvores e caroços de frutas, resíduos de difícil degradação, mas que podem ser utilizados no início de outros sistemas como estruturante, contribuindo no controle de umidade.

Tabela 1: Valores médios referentes ao balanço de massa de CPC e CAR.

Sistemas	Massa (kg)		Natureza Física do Composto (kg)				Transformação (%)
	Inicial	Retirada	Rejeito	Farelo	Pó	Total	
CPC	79,80	2,66	7,2	2,8	2,6	12,6	16,3
CAR	79,89	2,54	6,3	2,8	3,4	12,5	16,2
Total	159,6	5,2	13,5	5,6	6,0	25,1	32,5

A composição da massa final das Unidades de Tratamentos (CPC e CAR) e o percentual de transformação do substrato em composto, não apresentaram variação significativa, cujo percentual de transformação foi de 16,3% a 16,2% (Tabela 1). A quantidade de composto orgânico gerada nas duas unidades tratamentos foi 25,1 kg, no entanto, ponderando-se o composto tipo pó, a Unidade de tratamento CAR mostrou-se mais eficiente, gerando maior quantidade deste tipo de composto.

Nas unidades de tratamentos CAR e CPC, foram gerados quantidade significativa de rejeitos, constituindo 57% do composto em CPC e 50,4% em CAR. O menor percentual de rejeito, indicou maior percentual de transformação dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares em composto tipo pó.

Na Tabela 2, observa-se que os substratos apresentaram inicialmente concentração de sólidos totais de 22,37 kg para as Unidades de tratamento CAR e CPC, respectivamente, constatou-se que, a remoção de sólidos totais com maior significativa na massa final foi de 8,82 kg para Unidades de Tratamentos CPC (eficiência de 39,42 % de remoção) e, a menor remoção foi para as Unidades de tratamentos CAR 10,13kg (eficiência de 45,28% de remoção). Esses valores foram reduzidos após os substratos serem submetidos ao ajuste de teor de umidade.

Tabela 2: Dados quantitativos das massas de ST, STV e o percentual de transformação do substrato nas diferentes Unidades de tratamentos de resíduos sólidos orgânicos domiciliares (RSOD), coletados no bairro das Malvinas, Campina Grande-PB, no período de agosto de 2018 a janeiro de 2019.

Sistema	Massa Inicial (kg)			M Massa Final (kg)		Transformação		Transformação
	Total	ST	STV	Total	ST	ST Inicial x ST Final (%)	STV Inicial e STV Final (%)	
CAR	79,89	22,37	18,57	12,5	10,13	4,86	55,88	26,17
CPC	79,89	22,37	18,57	12,6	8,82	4,06	56,32	21,86
Total	159,78	44,74	37,14	25,1	18,95	8,92	112,2	48,03
Desv.pad.	0,0	0,0	0,0	0,1	0,9	0,6	0,3	3,0

A remoção de sólidos totais com maior significativa nas massas finais foi de 8,82 kg para Unidades de Tratamentos CPC (eficiência de 39,42 % de remoção) e, a menor remoção para as Unidades de tratamentos CAR 10,13 kg (eficiência de 45,28% de remoção).

Os valores referentes aos sólidos totais voláteis nas massas iniciais constataram-se que foram 18,57 kg para Unidades de Tratamentos CAR e CPC, essas concentrações decrescentes durante o tratamento, em função da fração dos resíduos sólidos orgânicos, como também podem estar relacionadas com o processo, da coleta de materiais complexos, cuja degradação é mais difícil. Para os sólidos totais voláteis, a maior redução foi para a Unidades de Tratamentos CPC de 4,06 kg (eficiência de 26,17% de remoção), e a menor redução de 4,86kg (eficiência de 21,86% de remoção), para Unidades de Tratamentos CAR. Essa diminuição gradativa dos sólidos totais provavelmente em função da composição heterogênea dos resíduos utilizados e da maior proporção dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares, limitando-se a ação dos organismos e resultou em menores níveis de temperatura.

Para as transformações (Tabela 2), ST Inicial x ST final, a Unidade de Tratamentos CAR alcançou 55,88% ST, enquanto a Unidade de tratamentos CPC, foi 56,32% ST, indicando que a matéria orgânica sofreu modificações, decorrentes do processo biológico e de estabilização da carga orgânica a que foram submetidos, podendo-se considerar que a transformação destes sistemas está dentro do que preconiza a literatura (WHARTON, 1980).

Quanto aos valores referentes aos sólidos totais voláteis na massa inicial constatou-se que foram 18,57kg para Unidades de tratamentos CAR e CPC, essas concentrações podem estar relacionadas com o processo, a da coleta de materiais complexos, cuja degradação é mais difícil, em função da fração dos resíduos sólidos orgânicos. Obteve-se a maior redução para as Unidades de Tratamento CPC de 4,06 kg (eficiência de 26,17% de remoção) e a menor redução de 4,86 kg (eficiência de 21,86% de remoção), para as Unidades de Tratamentos CAR. A diminuição gradativa dos sólidos totais provavelmente em função da composição heterogênea dos resíduos utilizados e da maior proporção dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares, limitando-se a ação dos organismos e resultou em menores níveis de temperatura.

Para a velocidade de biodegradação da matéria orgânica de 1ª ordem mostrou que as Unidades de Tratamentos CAR e CPC, apresentaram diferentes velocidades de decomposições, expressando em termos do decaimento dos parâmetros monitorados conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Dados quantitativos das massas de biodegradação na concentração obtidos das diferentes unidades de tratamento CAR e CPC.

TRATAMENTOS	STV(%ST)	COT(%ST)	N(%ST)	K(%ST)	P(%ST)
CAR	$K=0,017\text{dia}^{-1}(\%ST)$	$K=0,0056\text{COTdia}^{-1}(\%ST)$	$K=0,042\text{Ndia}^{-1}(\%ST)$	$K=0,005\text{Kdia}^{-1}(\%ST)$	$K=0,009\text{Pdia}^{-1}(\%ST)$
CPC	$K=0,023\text{dia}^{-1}(\%ST)$	$K=0,0084\text{COTdia}^{-1}(\%ST)$	$K=0,057\text{Ndia}^{-1}(\%ST)$	$K=0,007\text{Kdia}^{-1}(\%ST)$	$K=0,012\text{Pdia}^{-1}(\%ST)$
Valores Médios	$K=0,02\text{dia}^{-1}(\%ST)$	$K=0,007\text{COTdia}^{-1}(\%ST)$	$K=0,0495\text{Ndia}^{-1}(\%ST)$	$K=0,006\text{Kdia}^{-1}(\%ST)$	$K=0,015\text{Pdia}^{-1}(\%ST)$

Para a Unidade de tratamento CAR a $K=0,017\text{dia}^{-1}(\%ST)$, esse processo de estabilização do substrato ocorreu de forma lenta, isso se deve à predominância das etapas de hidrólise e ácido gênese, o que levou a formação dos ácidos graxos voláteis consequentemente, os sólidos totais voláteis nessas Unidades influenciou na redução da velocidade da degradação de STV, resultando na redução do valor de pH, refletindo-se nas menores temperaturas no decorrer do tratamento, limitando-se a ação dos organismos e consequentemente reduzindo a velocidade do substrato (RASAPOOR et al., 2016). Essas temperaturas menores aumentaram o tempo requerido para a destruição de ovos de helmintos.

Enquanto Unidades de tratamentos CPC a $K=0,023\text{dia}^{-1}(\%ST)$, apresentou maior velocidade de biodegradação, obteve-se temperaturas maiores, justificam na diminuição do teor de umidade e dos sólidos totais, acompanhando com a diminuição dos teores de umidade, sólidos totais, demonstrando a interdependência entre os dois parâmetros e reforçando a importância do controle inicial do teor de umidade para o processo de estabilização (RASAPOOR et al., 2016). É evidente que os substratos se comportaram diferentemente quanto à velocidade com que se decompõem. Este fato é demonstrado através de suas constantes de velocidade k expressas em dia, pois quanto maior seu valor, maior a rapidez de decomposição.

O comportamento das constantes de biodegradação de STV, em relação à biodegradação de matéria orgânica e de nutrientes nas Unidades de tratamentos CAR e CPC, respectivamente, pode-se constatar que os valores foram bastante similares. No entanto, os percentuais de NTK e de fósforo não aumentaram durante o tratamento gradativamente nas diferentes Unidades de Tratamentos, a remoção na concentração de NTK está associada à concentração do nitrogênio desprendida para fase gasosa, diferente da concentração de COT que se perde, principalmente na forma de CO_2 (WHARTON, 1980).

CONCLUSÕES

A eliminação dos ovos de helmintos não dependeu unicamente de altos níveis de temperatura, mas de um conjunto de fatores sequenciados, denominados neste trabalho de condições adversas: níveis de temperatura superiores a $40\text{ }^\circ\text{C}$ por no mínimo quatro dias, baixa umidade ($< 50\%$), baixo percentual de matéria orgânicas ($< 53\%ST$) e pH alcalino ($> 8,3$). Somada à configuração e ao material empregado para construção das Unidades de tratamentos CAR e CPC, bem como as relações de predação que ocorreram nas unidades com a participação de diferentes organismos, como dípteros na forma de larvas os quais foram consumidores vorazes.

A tecnologia avaliada alcançou os propósitos de estabilização e sanitização em tempo inferior aquele registrado pela literatura (CAR- 76 dias; CPC- 56 dias). Os resíduos sólidos orgânicos domiciliares que continham expressiva quantidade de ovos de helmintos (4,1 ovos g/ST), foram transformados em adubo sem a presença desses organismos (0,0 ovos g/ST), considerados de relevância sanitária e médica.

Nas condições estudadas, constatou-se a maior resistência de ovos de *Ascaris lumbricoides*, justificada pela sua estrutura morfofisiológica, reafirmando a importância de seu uso como indicador de qualidade sanitária do composto orgânico (adubo).

Por fim, considera-se que a compostagem constitui uma ação primordial à gestão integrada de resíduos sólidos, no entanto, deve ser aliado às ações de educação ambiental, visando sensibilizar e mobilizar os diferentes atores sociais para a separação da parcela orgânica na fonte geradora.

REFERÊNCIAS

APHA. American Public Health association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21 ed. Washington: APHA, 2014.

ARAÚJO, E. C. S.; COSTA, M. P.; NASCIMENTO, C. R.; SILVA, A. V.; SILVA, M. M. P.. Estratégias em educação ambiental: contribuições para gestão integrada de resíduos sólidos no âmbito municipal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL ABES/FENASAN, 29. **Anais**. São Paulo: ABES, 2018. p.1-10.

ARAÚJO, E. C. S.; SILVA, M. M. P.; SILVA, A. V.; SANTOS SOBRINHO, J. B.. Tratamento aeróbio de resíduos sólidos orgânicos domiciliares em sistemas descentralizados móveis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 30. **Anais**. Rio de Janeiro: ABES, 2019.

BERNAL, M. P.; ALBURQUERQUE, J. A.; MORAL, R.. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment: A review. **Bioresource Technology**, v.100, p.5444-5453, 2009.

BHATIA, G.; ZHOU, Y.; BANGA, A. K.. Microemulsão de adapalene para droga transfolicular. **Entrega. J. Pharm. Sci.**, v.102, p.2622-2631, 2013.

CARRINGTON, E. G.. **Evaluation of sludge treatments for pathogen reduction**. Final Report. European Commission Directorate-General Luxembourg: European Communities, 2001.

CERDA, A.; ARTOLA, A.; FONT, X.; BARRENA, R.; GEA, T.; SÁNCHEZ, A.. Composting of food wastes: Status and challenges. **Bioresource Technology**, v.248, p.57-67, 2017.

CHANDNA, P.; NAIN, L.; SINGH, S.; KUHAD, R. C.. Assessment of bacterial diversity during composting of agricultural byproducts. **BMC Microbiology**, v.13, 2013.

CHUKWUDI, O. O.; VICTOR, C. I.; JOYCE, N. O.; IFEANYICHUKWU, E. E.; MARY, O. N.; IKEMDINACHI, N. I.; LEWIS, I. E.. Composting technology in waste stabilization: On the methods, challenges and future prospects. **Journal of Environmental Management**, v.190, p.140-157, 2016.

FEACHEM, R. G.; BRADLEY, D. J.; GARELICK, H. M. D.. **Sanitation and disease e Health aspects of excretas and wastewater management**. 3 ed. Washington: Publisher Wiley, 1983.

GAJALAKSHMI, S.; ABBASI, S. A.. Solid waste management by composting: state of the art. **Crit. Rev. Environ. Science Technology**, v.38, n.5, p.311-400, 2008.

GOMES, I.. **Comportamento de enterobactérias em sistemas de tratamento aeróbio descentralizado de resíduos sólidos orgânicos domiciliares**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2019.

INSAM, H.; BERTOLDI, M.. Microbiology of the composting process. In: INSAM, M. H.; RIDDECH, N.; KLAMMER, S.. **Microbiology of Composting**. Springer, 2007. p.25-48.

KIEHL, E. J.. **Manual da compostagem**: Maturação e qualidade do composto. 4 ed. Piracicaba, 2004.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M.. **Fundamentos de metodologia científica**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MARGARITIS, M.; PSARRAS, K.; PANARETOU, V.; THANOS, A. G.; MALAMIS, D.; SOTIROPOULOS, A.. Improvement of home composting process of food waste using different minerals. **Waste Management**, v.73, 2017.

NASCIMENTO, C. R.; SILVA, M. M. P.; ARAÚJO, E. C. S.; COSTA, M. P.; SILVA, A. V.. Avaliação de sistema de tratamento aeróbio descentralizado móvel de resíduos sólidos orgânicos domiciliares no bairro Malvinas, Campina Grande-PB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 29. **Anais**. Rio de Janeiro: ABES, 2017. p.1-9.

NASCIMENTO, C. R.. **Sistema de tratamento descentralizado de resíduos sólidos orgânicos no bairro Malvinas, Campina Grande-PB**. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2015.

NEVES, D. P.. Hymenolepis Nana. In: NEVES, D. P.; MELO, A.

L.; LINARDI, P. M.; VITOR, R. W. A.. **Parasitologia Humana**. 11 ed. São Paulo: Atheneu, 2010.

PEPE, D.; PHELPS, J.; LEWIS, K.; DUJACK, J.; SCARLETT, K.; JAHAN, H.; BONNIER, E.; MILICPASETTO, T.; HASS, M. A.; LOPES, L. B.. Microemulsões à base de decilglicosídeo para localização cutânea de licopeno e ácido ascórbico. **Int. J. Pharm.**, v.434, p.420-428, 2012.

PEREIRA, A. P.; GONÇALVES, M. M.. Compostagem doméstica de resíduos alimentares. São João da Boa Vista: Pensamento Plural: **Revista Científica do UNIFAE**, v.5, n.2, 2011.

RASAPOOR, M.; ADL, M.; POURAZIZI, B.. Comparative evaluation of aeration methods for municipal solid waste composting from the perspective of resource management: a practical case study in Tehran, Iran. **Journal of Environmental Management**, v.184, p.528-534, 2016.

REBOLLIDO, R.; MARTÍNEZ, J.; AGUILERA, Y.; MELCHOR, K.; KOERNER, I.; STEGMANN, R.. Microbial populations during composting process of organic fraction of municipal solid waste. **Applied Ecology and Environmental Research**, v.6, n.3, p.61-67, 2008.

SILVA, M. M. P.. **Tratamento de lodos de tanques sépticos e resíduos sólidos orgânicos domiciliares; transformando problema em solução**. Nova Xavantina: Pantanal, 2021.

SILVA, M. M. P.. **Tratamento de lodos de tanques sépticos por co-compostagem para municípios do semi-árido paraibano: alternativa para mitigação de impactos ambientais**. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

SILVA, M. M. P.; SOUSA, J. T.; CEBALLOS, B. S. O.; FEITOSA, W. B. S.; LEITE, V. D.. Avaliação sanitária de resíduos sólidos orgânicos domiciliares em municípios do semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, v.23, n.2, p.87-92, 2011a.

SILVA, M. M. P.; OLIVEIRA, A. G.; LEITE, V. D.; SOARES, L. M. P.; OLIVEIRA, S. C.. Avaliação de sistema de tratamento descentralizado de resíduos sólidos orgânicos domiciliares em Campina Grande-PB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 26. **Anais**. Porto Alegre: ABES, 2011b.

SILVA, E. H.; SILVA, P. A.; SOUZA, M. A.; NASCIMENTO, J. M.; SILVA, M. M. P.. Resíduos de serviços de saúde produzidos

em residências, Campina Grande-PB. In: SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 7. **Anais**. Natal, 2014.

SILVA, M. M. P.; GOMES, R. B.; ARAÚJO, E. C. S.; GOMES, I.; FREITAS, A. F.; SILVA, A. V.; FARIAS, F. L.; LEITE, V. D.. Prevalência de helmintos em resíduos sólidos orgânicos domiciliares; um risco à saúde ambiental e humana. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.5, p.28689-28702, 2020.

SYMANSKY, C. S.. **Caracterização de Bactérias Mésófilas presente no Processo de Compostagem**. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

SCHULTZ, P. W.. Strategies for promoting proenvironmental behavior: Lots of tools but few instructions. **European Psychologist**, v.19, n.2, p.107–117, 2016.

TROY, S. M.; NOLAN, T.; KWAPINSKI, W.; LEAHY, J. J.; HEALY, M. G.; LAWLOR, P. G.. Effect of sawdust addition on composting of separated raw and anaerobically digested pig manure. **Journal of Environmental Management**, v.111, p.70-77, 2012.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Method 160.2**. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes. (EPA 600/4-79- 020). United States Environmental Protection Agency. Washington: USEPA, 1999.

VALENTE, B. S.; XAVIER1, E. G.; MORSELLI, T. B. G. A.; JAHNKE, D.S.; BRUM JR.; CABRERA, B. R. P.; MORAES, P. O.; LOPES, D. C. N.. Fatores que Afetam o Desenvolvimento da Compostagem de Resíduos Orgânicos. **Archivos Zootecnia**, v.58, p.5985, 2009.

WHARTON, D. A.. Nematode egg-shells. **Parasitology**, v.81, n.2, p.447-463, 1980.

WANG, X.; CUI, H.; SHI, J.; ZHAO, X.; ZHAO, Y.; WEI, Z.. Relationship between bacterial diversity and environmental parameters during composting of different raw materials. **Bioresource Technology**, v.198, p.395-402, 2015.

WHO. **Investing to overcome the global impact of neglected tropical diseases**. Third WHO report on neglected tropical diseases. Geneva: Document production services, 2015.