

AVALIAÇÃO DE NUTRIENTES NO COMPOSTO ORGÂNICO FEITO NA BASE DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA USO NA PRODUÇÃO DE HORTÍCOLAS, NA CIDADE DE LICHINGA, NIASA, MOÇAMBIQUE

MANSO, Estela Fiel¹; PICARDO, Nelson Bonifacio²; MAHADAL, Saidelamine Abibi³.

<https://doi.org/10.60035/1678-0795.momentum-v2n24-579>

RESUMO

O objetivo deste artigo é avaliar os nutrientes contidos em um composto orgânico de origem vegetal, produzido com base na mistura de resíduos orgânicos gerados no município de Lichinga, província de Niassa, Moçambique. Foi motivado pela observância da excessiva produção de resíduos sólidos orgânicos de origem vegetal nos mercados da cidade de Lichinga e do perigo que este fenômeno constitui para a comunidade. Assume um caráter descritivo, experimental e envolve técnicas de coleta de dados, como observação sistemática, experimentação e revisão bibliográfica, em uma abordagem qualitativa e quantitativa. Os resultados da pesquisa mostraram que, no processo de compostagem, entraram 15 tipos de resíduos sólidos, designadamente farelo de milho, de arroz e de mexoeira, cascas de feijão manteiga, de mandioca, de banana, de batata reno, de batata-doce e de ervilha, restos de repolho, de couve, de alface e de tomate, capim, serradura para permitir equilíbrio nutritivo. Da avaliação do composto produzido, verificou-se que apresentava sinais de maturação (coloração castanha e escura). Em termos quantitativos, da amostra de 1 kg de composto, foi possível alcançar 23,96 g de nitrogênio, 0,000637 g de fósforo e 0,00299 g de potássio, quantidades aceitáveis e capazes de responder positivamente na adubação de solos com deficiência crítica de nutrientes para certas culturas. O pH estava em torno de 6,5 ácido, característico de alguns tipos de solos. Assim sendo, considerou-se existir uma contribuição do composto produzido tanto para as plantas como para redução dos resíduos sólidos.

Palavras-chave: compostagem; nutrientes; produção de hortícolas.

ABSTRACT

The objective of this article is to evaluate the nutrients contained in an organic compound of plant origin, produced based on a mixture of organic waste generated in the municipality of Lichinga, Niassa province, Mozambique; It was motivated by the excessive production of organic solid waste of plant origin in the markets in the city of Lichinga and the danger that this phenomenon poses to the community. It assumes a descriptive, experimental nature and involves data collection techniques such as systematic observation, experimentation, and bibliographic review, in a qualitative and quantitative approach. The results of the research showed that: 15 types of solid waste entered into the composting process, namely corn, rice and millet bran, butter bean, cassava, banana, reno potato, sweet potato and peas, leftover cabbage, kale, lettuce and tomato, grass, sawdust to provide nutritional balance. From the evaluation of the compost produced, it was found that it showed signs of maturation (brown and dark coloring), in quantitative terms, from the 1kg sample of compost it was possible to reach 23.96g of Nitrogen, 0.000637g of phosphorus and 0.00299g of potassium, acceptable quantities capable of responding positively to the fertilization of soils with critical nutrient deficiencies, for certain crops. The pH was around 6.5 acid, characteristic of some types of soil. Therefore, it was considered that there was a contribution from the compost produced both to the plants and to the reduction of solid waste.

Keywords: composting; nutrients; vegetable production.

¹ Mestre em Gestão Ambiental pela Universidade Rovuma-Niassa-Moçambique. *E-mail:* estelafielmanso@gmail.com

² Mestre em Gestão Ambiental, Universidade Rovuma, Niassa-Moçambique. *Email:* nel8622@gmail.com

³ Doutor em Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento ambiental, Universidade Rovuma, Nampula-Moçambique. *E-mail:* smahadal@gmail.com

INTRODUÇÃO

Observa-se atualmente, no mundo em geral e em Moçambique, na cidade de Lichinga em particular, um aumento na produção de resíduos sólidos. Segundo o Ministério de Terra e Ambiente - MTA (2020), em Moçambique os resíduos representam um problema que não só afeta os grandes centros urbanos, mas também, as vilas e distritos ao nível do território nacional. A falta de recursos financeiros constitui um dos grandes desafios para os sistemas de local dos resíduos sólidos, tornando-se necessário encontrar formas eficientes e pouco dispendiosas para sua redução no meio ambiente.

Igualmente diz o MTA que os locais de maior produção de lixo são os grandes centros urbanos, Maputo, Matola, Beira e Nampula, que produzem 1.115.000, 110.000, 162.060 e 191.625 toneladas por ano, respectivamente. E não apenas estes, mas as cidades que estão emergindo também têm a tendência de maior produção de resíduos sólidos, como é o caso da cidade de Lichinga.

Diz ainda o MTA que, em termos de composição de resíduos, verifica-se que há 60% de materiais facilmente fermentáveis (matéria orgânica), 25% de materiais potencialmente recicláveis e 15% de outros. Estas percentagens poderão sofrer alguma evolução ao longo do tempo, considerando a alteração do padrão de vida da população.

Em termos de tratamento, o destino final da maior parte dos resíduos são as lixeiras a céu aberto e aterros não controlados. Sendo que, para os resíduos perigosos, o país conta com um único aterro sanitário, situado em Mavoco, no distrito de Boane, província de Maputo.

Na cidade de Lichinga, verifica-se a existência de lixeiras a céu aberto como destino final de resíduos sólidos que são recolhidos no centro da cidade.

Assim, baseando-se nesta alarmante produção de resíduos sólidos, os autores propuseram-se ao tema de avaliar os nutrientes que pode conter o composto orgânico produzido através da mistura de resíduos sólidos orgânicos de origem vegetal, gerados no município de Lichinga para uso na produção de hortícolas.

Segundo a OMS (2006), a falta de saneamento do meio causa doenças nos humanos através de vetores transmissores, contaminação do ar, contato direto com o lixo e consumo de água contaminada pelo lixo [...]. Algumas das doenças que podem surgir devido ao baixo saneamento,

dentre várias, são a malária, doenças diarreicas (cólera, disenteria bacilar e amebiana), parasitoses (ascaridíase, giardíase), doenças respiratórias (pneumonia, gripe, constipação), micoses etc.

Assim sendo, acredita-se que futuramente o estudo sirva para fornecer uma alternativa para aquisição de biofertilizante sem grandes dispêndios financeiros e como parte da solução da problemática dos resíduos sólidos.

Problematização

Os resíduos produzidos nos mercados da cidade de Lichinga não passam por um tratamento, simplesmente são colocados em contentores ou acumulados em depósitos provisórios e depois transportados para os locais de deposição definitiva. Esses locais não observam normas que os dispositivos que velam pela gestão dos resíduos sólidos recomendam, como é o caso de aterro sanitário, sendo apenas depositados os resíduos em lixeiras a céu aberto. Um outro reparo é o fato de a maior parte dos resíduos produzidos nos mercados ser de natureza orgânica, fato que oferece a possibilidade de serem processados e transformados em matéria útil para a agricultura, no caso biofertilizante, capaz de ajudar os residentes que praticam horticultura em suas residências na fertilização do solo, mas infelizmente tal possibilidade não é fato. Nota-se o contrário, já que parte dos residentes que praticam horticultura em suas residências usam fertilizantes químicos que com facilidade esgotam a capacidade vital dos solos.

Diz-se ainda que o composto melhora a qualidade do solo e reduz a contaminação e poluição ambiental; estimula o exercício à cidadania pela contribuição na diminuição do lixo destinado aos aterros sanitários; melhora a eficiência dos fertilizantes químicos; economiza espaços físicos em aterros sanitários; recicla os nutrientes; e elimina agentes patogênicos dos resíduos domésticos (Kiehl, 1985, p.491).

Cientes de que os resíduos sólidos não tratados trazem danos ao meio ambiente e à saúde humana e do fato de que podem ser reciclados por meio de compostagem para beneficiamento na agricultura, surgiu a necessidade de se pesquisar o tema sob o seguinte problema de pesquisa: que níveis de nutrientes pode conter o composto orgânico produzido através de resíduos sólidos orgânicos de origem vegetal?

Justificativa

O estudo tem como motivação a observância da excessiva produção de Resíduos Sólidos Orgânicos (RSO) nos mercados do município de Lichinga, com mais referência nos mercados Josina Machel, vulgo Changanane, Chiuaula, Namacula e Mercado Central, que, na sua maioria, são biodegradáveis.

A pesquisa revela-se importante na medida em que tem como foco o bem-estar da comunidade no saneamento, porque o elevado índice de resíduos sólidos deixa o ambiente inóspito e causa desequilíbrio socioambiental e ecológico em geral, provocando até doenças nos humanos. É também relevante na comunidade científica como ferramenta de auxílio para as futuras investigações relacionadas com o tratamento dos resíduos sólidos em geral ao nível doméstico ou público, e como ferramenta de aquisição de fertilizantes orgânicos para uso em hortícolas.

Salienta-se que esta pesquisa não é nova na área de ciências. Várias foram as pesquisas feitas relacionadas com este tema em diferentes pontos do país e que tiveram resultados positivos, mas esta encontra especificidade na medida em que tem como foco a componente resíduos *orgânicos de origem vegetal*.

Objetivos

Objetivo geral:

- Avaliar os nutrientes contidos no composto orgânico de origem vegetal, produzido com base na mistura de resíduos sólidos gerados no município de Lichinga.

Objetivos específicos

- Selecionar os resíduos sólidos orgânicos ideais para a produção do composto;
- Testar a maturação do composto produzido;
- Determinar a percentagem dos nutrientes no composto produzido.

1 METODOLOGIA

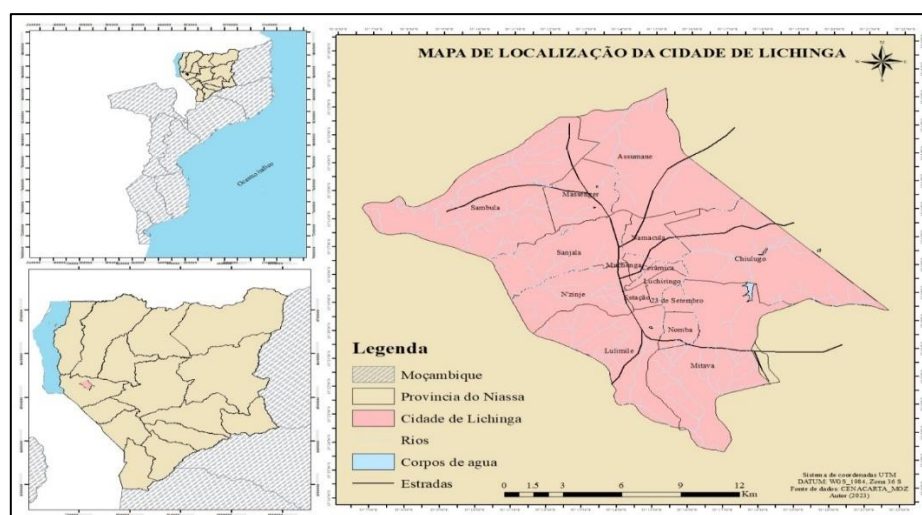
O estudo foi desenvolvido usando-se o método hipotético-dedutivo, segundo o qual: “quando os conhecimentos disponíveis sobre determinado assunto são insuficientes para a explicação de um fenómeno, surge o problema. Para tentar explicar as dificuldades expressas no

problema, são formuladas hipóteses” (Gil, 1999, p.30). Foi uma pesquisa mista, descritiva e experimental que usou como técnicas de coleta de dados a observação sistemática, experimentação e revisão bibliográfica. Foram realizadas também entrevistas com pessoas que lidam com gestão de resíduos⁴.

1.1 Descrição da área de estudo

O estudo foi realizado na Cidade de Lichinga, que se encontra situada no extremo oeste da província do Niassa, Moçambique, a cerca de 2800 km de Maputo, entre as coordenadas 13°19'S e 35°14'E. Em termos de limites, a cidade limita-se a noroeste pela localidade de Lussanhando e rio Sambula, a oeste pelos postos administrativos de Lione e Meponda e a sul pelo posto administrativo sede, distrito de Chimbunila (Fernando; Ussy; Baptista, 2015), como mostra a Figura 1 abaixo:

Figura1 – Mapa de localização da cidade de Lichinga



Fonte: Autores (2023)

1.2 Divisão administrativa e distribuição populacional

De acordo com os dados do último censo populacional 2017, obtidos na cidade de Lichinga, esta possui 141.724 habitantes, distribuídos em quatro postos administrativos e 15 bairros. Os

⁴ Chefe do Mercado de Chiuaua, [15 de abril de 2024: 08 horas] e Chefe adjunto do Mercado Josina Machel Vulgo Changanane [18 de abril de 2024: 08 horas]

residentes destes bairros têm um modo de vida característico das áreas rurais. Por hábito e como atividade, produzem hortícolas nos quintais na base de fertilizantes químicos comercializados no mercado, o que pode levar a acreditar que o uso do produto resultante da compostagem é desconhecido. Além disso, há muita produção de resíduos sólidos orgânicos vegetais, sendo estes em sua maior parte depositados nas lixeiras municipais transitórias e depois levados para locais de depósito definitivo sem reaproveitamento ou tratamento.

Salienta-se que o estudo foca nos mercados mais frequentados da cidade: Josina Machel e Central. No mercado Chiuaula, por exemplo, os seus usuários são provenientes de 3 bairros, nomeadamente: Cerâmica, Estação e Lucheringo, com uma população estimada em 12.646, 12.893 e 14.761 habitantes, respectivamente. Namacula é o bairro mais populoso da cidade de Lichinga, com uma população estimada em 24.329 habitantes (Fernando; Ussy; Baptista, 2015).

1.3 Aspectos físicos geográficos

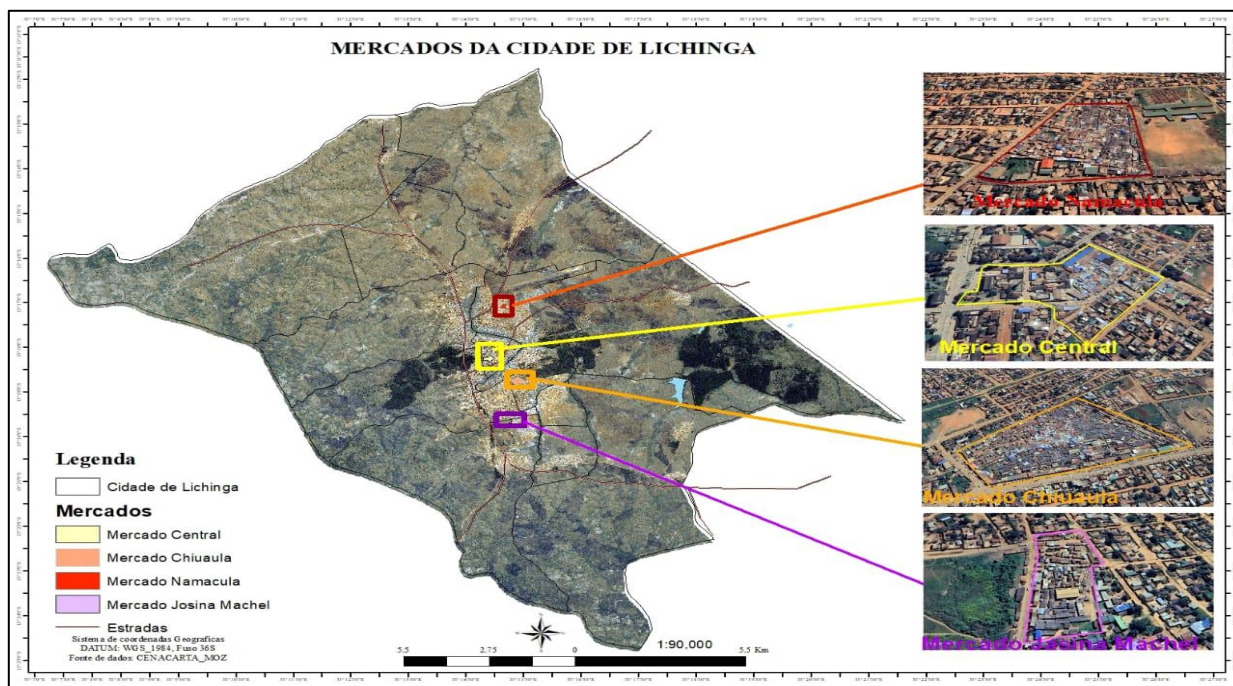
Do ponto de vista geomorfológico, a cidade insere-se em uma zona planáltica, ocorrendo solos de natureza silto-argilosa de cor avermelhada, geralmente com espessuras superiores a 1 m. Esses solos possuem pouca permeabilidade, dificultando a drenagem das águas, provocando problemas de trânsito nas vias não asfaltadas na época chuvosa (Fernando; Ussy; Baptista, 2015).

1.4 Aspecto socioeconômico

Lichinga é uma cidade com características econômicas fundamentalmente agrícolas. Possui diversas pequenas indústrias de processamento primário de produtos agrícolas, comércio e serviços e uma rede de infraestruturas deficiente.

A população desta cidade pratica diversas atividades, desde o comércio até agricultura, atividades estas que conduzem a maior produção de resíduos sólidos, principalmente orgânicos de origem vegetal, tendo como base os mercados, segundo as coordenadas ilustradas no mapa a seguir:

Figura 2 – Mapa de localização dos mercados de Lichinga



Fonte: Autores (2023)

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Resíduos sólidos (RS), de acordo com a NBR nº 10.004 da Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT), citada por Silva (2008), podem ser entendidos como resíduos nos estados sólido e semissólido, os que resultam da atividade da comunidade, de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nessa definição lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviáveis fazer a melhor tecnologia prática disponível.

Problemas causados pelos resíduos sólidos

O aumento na geração de resíduos sólidos tem várias consequências negativas, tanto ao nível social quanto ao nível ambiental, assim como na saúde humana: custos cada vez mais altos para coleta e tratamento de resíduos sólidos; dificuldade para encontrar áreas disponíveis para sua disposição final; grandes desperdícios de matérias-primas etc. Por isso, os resíduos deveriam ser integrados como matérias-primas nos ciclos produtivos ou na natureza. Outras consequências do

grande volume de resíduos sólidos gerados pelas sociedades modernas, quando os resíduos sólidos são depositados em locais inadequados ou quando a coleta é deficitária, são:

- ✓ Contaminação do solo, ar e água;
- ✓ Proliferação de vetores transmissores de doenças (ratos, baratas, mosquitos, bactérias etc.);
- ✓ Entupimento de redes de drenagem urbana;
- ✓ Enchentes dos resíduos em locais impróprios;
- ✓ Degradação do ambiente (Dionysio; Dionysio, 2013, p.21).

Estas consequências concorrem para o surgimento e proliferação de doenças nos seres humanos, como doenças diarreicas (disenterias: amebiana e bacilar, cólera, diarreias: aguda, moderada e grave), parasitoses (giardíase, amebíase), ocasionadas pelo consumo de água ou alimentos sem o devido tratamento, doenças respiratórias no homem (bronquite, pneumonia, gripe, constipação etc.) ocasionadas pela contaminação do ar.

Estima-se atualmente que a população mundial produz mais de 60 milhões de toneladas de resíduos sólidos por ano; desse número, mais de 20 milhões de toneladas seguem para lixeiras e aterros controlados, e o restante não chega a ser coletado (Bard, 2002, p.142-149).

Formas de tratamento dos resíduos sólidos

Existem diferentes formas de tratamento de resíduos sólidos, dentre as quais a compostagem, compactação, incineração, disposição em aterros sanitários, reciclagem, entre outras. Na maior parte das vezes, os resíduos são colocados em depósitos a céu aberto, em áreas de disposição final de resíduos sólidos sem nenhuma preparação anterior do solo. Nestes locais, não há sistema de tratamento de efluentes líquidos – o chorume (líquido que escorre dos resíduos sólidos, fruto da decomposição da matéria orgânica) –. Em consequência disso, este líquido penetra pela terra, com substâncias contaminantes para o solo e para o lençol freático (Dionysio; Dionysio, 2013, p. 29).

As diferentes formas serão analisadas a seguir:

Compactação - “A compactação é o processo que reduz o volume inicial dos resíduos orgânicos até um terço ou um quinto e que é uma das formas de tratamento do lixo mais eficaz, que não coloca em risco o ambiente e a saúde humana” (Bard, 2002, p.53).

Este processo é acompanhado por compostagem artificial, que consiste na indução do material orgânico à decomposição, que ocorre por duas etapas principais: a degradação ativa e a maturação. Mas é sempre necessário um preparo inicial do lixo, que é a trituração do material, visto que, quanto menores as partículas, maior será a superfície de contato e mais efetivo será o contato com os microrganismos.

Aterro sanitário - Processo em que os resíduos têm como disposição final o aterro sanitário, um local em que os resíduos são depositados com uma preparação anterior deste, e depois de cheio é enterrado. Esse método traz certas desvantagens se não forem observadas as questões ambientais, como a poluição da água por meio da contaminação do lençol freático e do solo pela natureza dos resíduos encaminhados ao aterro.

Incineração - Ocorre quando a disposição final de resíduos sólidos é a “queima”; tem graves consequências, principalmente na poluição do ar.

Segundo o Instituto Nacional de Gestão de Calamidades (INGC) (1999, p.63), “incineradores reduzem o lixo a cinzas. São altamente poluidores, gerando dioxinas e gases de efeito estufa. É o método utilizado para a destruição de lixo hospitalar, que pode conter agentes causadores de doenças potencialmente fatais”.

Segundo Bard (2002), o lixo coletado pode ser processado, isto é, passar por algum tipo de beneficiamento a fim de reduzir custos de transporte e inconvenientes sanitários e ambientais. Quando o processamento tem por objetivo fundamental a diminuição dos inconvenientes sanitários ao homem e ao meio ambiente, diz-se então que o lixo foi submetido a um tratamento.

Como se pode ver, a compactação é um dos métodos que não coloca em risco a saúde humana e ambiental, mas em contrapartida não é reconhecida como forma de tratamento ou redução dos resíduos sólidos produzidos.

Reciclagem - A reciclagem dos materiais recuperáveis no lixo urbano tem cada vez maior aceitação no mundo; as vantagens econômicas, sociais, sanitárias e ambientais sobre os outros métodos são evidentes. Este processo constitui importante forma de recuperação energética, especialmente quando associado a um sistema de compostagem. Dependendo das características regionais, a reciclagem pode representar um fator importante de redução de custos dentro do sistema de limpeza urbana (Filgueira, 2000, p.32).

Legislação sobre resíduos sólidos

Da legislação moçambicana sobre RS, também foram extraídos alguns conceitos relacionados à pesquisa. Assim sendo, de acordo com artigo número 1 do Decreto 14/94, de 31 de dezembro, o qual trata do regulamento sobre a Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (GRSU), que coincide com o Diploma Ministerial n.º 31/2018, que aprova a diretiva para a construção, operação e encerramento dos aterros controlados, temos:

- ✓ **Compostagem** – método para decomposição do material orgânico existente nos resíduos, sob condições adequadas, de forma a se obter um composto orgânico;
- ✓ **Gestão de Resíduos** – todos os procedimentos viáveis com vista a assegurar uma gestão ambientalmente segura, sustentável e racional dos resíduos, tendo em conta a necessidade da sua redução, reciclagem e reutilização, incluindo a separação, recolha, manuseamento, transporte, armazenagem e/ou eliminação de resíduos, bem como a posterior proteção dos locais de eliminação, de forma a proteger a saúde humana e o ambiente contra os efeitos nocivos que possam advir dos mesmos;
- ✓ **Tratamento de resíduos:** qualquer operação de valorização ou eliminação de resíduos, incluindo a preparação prévia, a valorização ou eliminação, compreendendo os processos mecânicos, físicos, térmicos, químicos ou biológicos, que alteram as características dos resíduos de forma a reduzir o seu volume ou periculosidade.

Pode-se notar a clareza da legislação sobre o processo de gestão e classificação dos resíduos sólidos, mas infelizmente, na prática, as formas de gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) não seguem a legislação, fator este que condiciona para o desequilíbrio ambiental, e a título de exemplo observa-se acúmulo de resíduos nas redes de drenagem, nos rios e até em cemitérios. Poucos são os casos de compostagem através de resíduos sólidos urbanos e, pelo contrário, as pessoas com hábitos de prática de horticultura, mesmo em escalas mínimas, acabam usando fertilizantes químicos, outro fator de desequilíbrio ambiental através do empobrecimento do solo pela lixiviação.

Para além destas formas, temos a incineração e a compostagem, que também são formas de reciclagem. Portanto, é certamente esta forma de tratamento (compostagem) que levou à preocupação para se investigar o tema e colocar formas sugestivas de tratamento dos resíduos sem interferir no meio ambiente e na saúde humana.

Segundo Viana (2012), **compostagem artificial** também é uma forma de tratamento de resíduos sólidos, que consiste na indução do material orgânico à decomposição, que ocorre por duas etapas principais: a degradação ativa e a maturação antecedida por um preparo inicial dos resíduos sólidos, que é a trituração do material, visto que, quanto menores as partículas, maior será a superfície de contato e mais efetivo será o contato com os microrganismos.

Material necessário para fazer a compostagem

Para fazer a compostagem, é necessário, conforme consta na tabela 1 apresentada a seguir, o lixo doméstico orgânico, que é rico em nitrogênio (N), um nutriente importante para que o processo bioquímico da compostagem aconteça, e restos de capim ou qualquer outro material rico em carbono (C), como palhadas de milho, de banana, folhas de jardim, restos de grama etc. Caso se tenha disponibilidade de esterco de animais, como boi, galinha, porco etc., a sua utilização como fonte de microrganismos decompositores acelera a formação do composto (Kiehl, 1998, p.171).

Tabela 1 – Composição de alguns materiais empregados no preparo do composto (resultados em material seco a 110 °C)

Material	M.O.(g/kg)	C/N	C (g/kg)	N(g/kg)	P ₂ O ₅ (K/kg)	K ₂ O(K/Kg)
Casca de arroz	850,0	63/1	472,5	7,5	1,5	5,3
Banana (folhas)	889,9	19/1	490,2	25,8	1,9	-
Mandioca (folhas)	916,4	12/1	522,0	43,5	7,2	-
Palha de feijão	946,8	32/1	521,6	16,3	2,9	19,4
Serragem de madeira	934,5	865/1	519,0	0,6	0,1	0,1

M.O. – matéria orgânica; C/N – relação carbono-nitrogênio

Fonte: Oliveira, Aquino e Neto (2005).

*o teor de C (g/kg) foi calculado com base na relação C/N e teores de N informados pelo autor.

Vantagens do uso do composto orgânico

O composto melhora a qualidade do solo e reduz a contaminação e poluição ambiental; estimula o exercício à cidadania pela contribuição na diminuição dos resíduos sólidos destinados

aos aterros sanitários; melhora a eficiência dos fertilizantes químicos; economiza espaços físicos em aterros sanitários; recicla os nutrientes e elimina agentes patogênicos dos resíduos domésticos.

Além de ser uma fonte de nutrientes (N, P, K etc.), a adição de matéria orgânica do composto melhora a estrutura física do solo, proporcionando aos solos arenosos maior retenção de água e de nutrientes, enquanto nos solos argilosos aumenta a porosidade, melhorando a sua aeração. Aumenta também a população de microrganismos benéficos, como bactérias e fungos, que disponibilizam os nutrientes minerais do solo para as plantas.

O composto orgânico pode ser utilizado em todos os cultivos e plantas; para cultivos comerciais, as dosagens a serem utilizadas devem ser baseadas na exigência da cultura e no teor de nutrientes do composto (Kiehl, 1985, p.491).

Estão apresentadas a seguir as tabelas de recomendações de quantidades de uso de composto a diferentes dimensões de campos de cultivo (Tabelas 2, 3 e 4).

Tabela 2 – Necessidades nutricionais de algumas culturas em kg/há

Cultura	Necessidades (Kg/ha)			Rend. Alcançável
	N	P	K	
Milho	100	100	60	4000
Cebola	100	105	95	5000
Repolho	120	100	140	30000
Feijão Manteiga	40	60	120	
Couve	150	115	240	20000
Amendoim	25	100	75	1000
Batata reno	100	100	150	25000
Batata doce	90	20	120	10000
Tomate	150	200	250	20000

Fonte: Sys *et al.* (1993)

Tabela 3 – Necessidades nutricionais de algumas culturas em kg/m²

Cultura	Necessidades(kg/m ²)		
	N	P	K
Milho	0,01	0,01	0,006
Cebola	0,01	0,0105	0,0095
Repolho	0,012	0,01	0,014
Feijão			
Manteiga	0,004	0,006	0,012
Couve	0,015	0,0115	0,024
Amendoim	0,0025	0,01	0,0075
Batata			
reno	0,01	0,01	0,015
Batata			
doce	0,009	0,002	0,012
Tomate	0,015	0,02	0,025

Fonte: Sys *et al.* (1993)**Tabela 4 – Necessidades nutricionais de algumas culturas em g/m²**

Cultura	Necessidades (g/m ²)		
	N	P	K
Milho	10	10	6
Cebola	10	10,5	9,5
Repolho	12	10	14
Feijão Manteiga	4	6	12
Couve	15	11,5	24
Amendoim	2,5	10	7,5
Batata reno	10	10	15
Batata doce	9	2	12

Fonte: Sys *et al.* (1993).**Fatores intervenientes no processo da compostagem**

Entre os fatores intervenientes no processo de compostagem, podem-se destacar:

✓ **Bactérias**

Entre as bactérias, tal como os fungos, existem espécies saprofíticas, que decompõem a matéria orgânica no processo de sua nutrição, criando condições de apodrecimento de certos produtos. E ainda existem fungos e bactérias parasitas que causam doenças nos seus hospedeiros durante a sua nutrição (Pelczar, 2009, p.210).

✓ **Fungos**

Os fungos saprófagos (do grego *saprós*, “podre”, e *phagos*, “comedor”) fazem parte do grupo dos principais decompositores da biosfera, participando intensamente do processo de degradação da matéria orgânica morta por digestão enzimática externa, processo que os ajuda a absorver os nutrientes presentes na matéria orgânica, fato que promove a reciclagem dos elementos químicos constituintes dos seres vivos. São encontrados no solo, nos vegetais, na água, nos animais etc. A principal via de dispersão é o ar atmosférico, através dos ventos (Pelczar, 2009, p.210).

✓ **Umidade**

A umidade é outro parâmetro determinante das condições a serem respeitadas na produção do composto orgânico, pois afeta o metabolismo dos organismos responsáveis pela fermentação; é necessária na constituição desses organismos, dissolvendo os elementos nutritivos, tornando-os assimiláveis pelas bactérias. O teor de umidade deve situar-se entre 30 e 60%, isto porque a umidade em excesso faz com que a água desloque o ar dos vazios que estes deveriam ocupar, provocando retardamento do processo e, em alguns casos, a decomposição pode até tornar-se anaeróbica, podendo levar também à formação do chorume. A falta da umidade torna os microrganismos desprovidos de água necessária ao seu metabolismo, impedindo, portanto, a sua atividade (Silva, 2008, p.194).

✓ **Temperatura**

A elevação da temperatura no composto ocorre devido à atividade dos microrganismos ao degradarem a matéria orgânica por fermentação para a sua nutrição.

De acordo com Bard (2002, p.301),

Decomposição aeróbia ocorre através de reações químicas de oxidação, atingindo temperaturas de até 70°C que decompõem proteínas e matam quase todos os microrganismos patogênicos do lixo. Pelo fato de dois terços do lixo orgânico ser composto por carbono, há maior produção de CO₂ (dióxido de carbono), um gás que contribui para o efeito estufa. E a decomposição anaeróbia é mais lenta e ocorre em temperaturas mais baixas e por serem reduzidas as reações de oxidação, o material orgânico do lixo gera grande quantidade de metano (CH₄), muito mais danoso à camada de ozônio e, portanto, ainda mais poluidor que o CO₂.

Segundo Dalles e Teixeira (2010, p.143), “a temperatura do composto que corresponde à atividade dos microrganismos decompositores não sofre grandes influências das variações ambientais e de pluviosidade”.

✓ **Relação C/N**

Os microrganismos absorvem os elementos C e N em uma proporção de 30:1. Dez partes do carbono são incorporados ao protoplasma e 20 eliminadas como gás (CO); o nitrogênio é assimilado na estrutura na proporção 10:1, ou seja, dez partes de carbono para uma de nitrogênio. Essas considerações explicam por que o húmus, produto da ação dos microrganismos, apresenta C/N na proporção 10:1. Quando a proporção for mais elevada que 60:1, por exemplo, os microrganismos utilizam o nitrogênio mineral do solo ou dos organismos que morrem – NO_3 e NH_3 –, transformando-o em nitrogênio orgânico. Diz-se que os microrganismos emprestam o nitrogênio e, quando o excesso de C for eliminado, o material estará sendo mineralizado, ou seja, nitrogênio orgânico insolúvel volta a ser mineralizado, solúvel (Bidone, 1999, p.55).

✓ **Matéria-prima**

A compostagem é realizada com material orgânico putrescível. Os resíduos sólidos domésticos são uma boa fonte de matéria orgânica e que corresponde a mais de 50% da sua composição. Materiais com tamanhos pequenos se decompõem mais rapidamente (Silva, 2008, 194).

Contribuição do composto às plantas

O nitrogênio é um elemento importante no desenvolvimento de plantas sob a forma de nitrato (NO_3^-), amônia (NH_3) e íon amônio (NH_4^+), este encontra-se juntamente com outros elementos incorporado nas proteínas dos organismos, sendo devolvido ao ambiente quando animais e vegetais morrem e ainda eliminado sob a forma de urina ou fezes no processo digestivo dos animais, em processos designados ciclos biogeoquímicos.

Sua incorporação às plantas acontece quando restos mortais dos organismos são decompostos por fungos e bactérias durante o processo de sua alimentação, eliminando para o ambiente compostos nitrogenados, e estes, por sua vez, quando presentes no solo, são assimiláveis pelas raízes dos vegetais que aí se encontram, visto que a produção das proteínas dos vegetais depende da presença dos compostos nitrogenados do solo (Oliveira; Aquino; Neto, 2005, p.7).

Além disso, o produto obtido da compostagem contém macro e micro nutrientes essenciais para o bom desenvolvimento das plantas. Mas segundo Serrat *et al.* (2002, p.25), no adubo orgânico feito na base de matéria orgânica animal e vegetal, os nutrientes encontram-se menos concentrados, e para o seu uso como substituto do adubo químico, deve ser em maior quantidade.

3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1 Tipos de resíduos selecionados para o composto orgânico

Para fazer a montagem da pilha do composto orgânico, foram selecionados resíduos sólidos de natureza orgânica e de origem vegetal classificados em grupos de acordo com a tabela 6 abaixo:

Tabela 6 – Tipos de resíduos envolvidos na compostagem

Grupo	Parte	Resíduos vegetais	Quantidade em kg
Cereais	Casca farelo	Milho	13
		Arroz	13
		Mexoeira	13
Fruteira	Casca	Banana	13
Tubérculo		Batata-reno	13
Tubérculo		Batata-doce	13
Leguminosa		Feijão Manteiga	13
Leguminosa		Ervilheira	13
Raízes		Mandioqueira	13
Fruteira	Folhas	Bananeira	13
Hortícola		Repolho	13
Hortícola		Alface	13
Hortícola		Tomate	13
Lenhosa	Madeira	Serradura	13
Gramínea	Toda planta	Capim	13
Somatório			195

Fonte: Autores (2023)

Kiehl (1998, p.171) diz que é necessário resíduo sólido doméstico orgânico, que é rico em nitrogênio (N), um nutriente importante para que o processo bioquímico da compostagem aconteça, e restos de capim ou qualquer outro material rico em carbono (C), como palhas de milho, de banana, folhas de jardim, restos de grama etc. Portanto, mesmo tendo este conhecimento, fez-se uma proporção de 13 kg por cada resíduo que foi colocado na compostagem, e de acordo com a determinação laboratorial, cada parte contribuiu com 6,6 g em 1 kg de composto processado (vide a tabela em anexo).

3.1.1. Montagem da pilha de compostagem para o tratamento de RS

Durante o processo de compostagem, os fatores de desenvolvimento foram devidamente controlados, pelo que se pôde alcançar boa umidade no composto; a temperatura se comportava em função da atividade microbiana (Fig. 3 e Gráfico 2)

Figura 3 – Pilha de compostagem (30 dias depois da montagem)



Fonte: Autores (2023)

Na degradação, segundo Bard (2002, p.58), “há uma oxidação intensa do material, causando um aumento de temperatura, assim, a matéria orgânica é transformada em substâncias mais simples permitindo que os microrganismos e macrorganismos atuem na decomposição”. Pode-se ver que, passados 30 dias, a pilha de compostagem já não tem as mesmas dimensões que apresentava no princípio no ato da montagem, significando que houve uma atividade intensiva de degradação de acordo aos fatores de desenvolvimento.

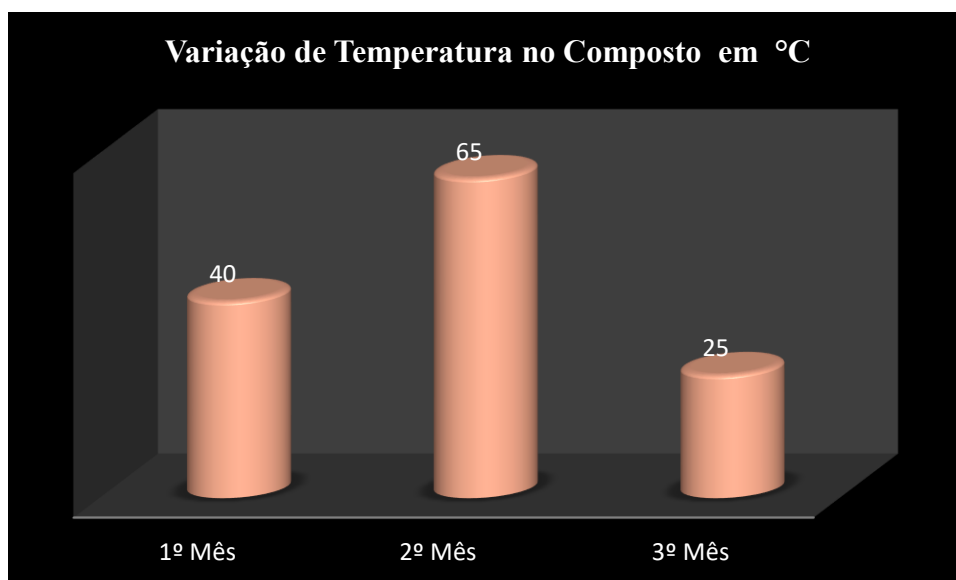
3.1.2. Variação da temperatura

O controle da variação de temperatura foi feito através do uso de um termômetro associado a uma barra de ferro que era testada através do toque da mão. Segundo Oliveira, Aquimo e Neto (2005), o ideal é que, no processo inicial de decomposição, a temperatura fique em torno de 60° C. Com a decomposição dos materiais orgânicos, a temperatura vai decrescendo, girando em torno de 40° C. Para se controlar a temperatura, pode-se usar termômetro apropriado ou, de uma maneira mais rústica, introduzem-se barras de ferro até o centro do composto. Essas devem ser tocadas periodicamente com a palma da mão e estar bem quentes. Caso o calor seja suportável ao toque,

provavelmente se tem a temperatura ideal. Se a mão não suportar o toque, então é necessário revirar a leira. Se a barra de ferro estiver fria, não está ocorrendo a compostagem. Deve-se revirar o composto para promover aeração e reativação do processo de compostagem. Durante o reviramento, se o composto estiver seco, deve-se umedecê-lo uniformemente.

Portanto, nesta experiência foi usado um termômetro para o controle exato da temperatura, mas mesmo assim o aumento da temperatura não foi tal como descreve o autor acima. Como observado no gráfico 1 a seguir, presume-se que houve desajuste dos fatores de desenvolvimento no princípio.

Gráfico 1 – Variação da temperatura na compostagem



Fonte: Autores (2023)

3.2 Avaliação do processo de maturação

Da avaliação da maturação do composto orgânico, observou-se que a solução que foi preparada apresentou-se de cor castanha escura, como ilustram as imagens a seguir (Figura 4):

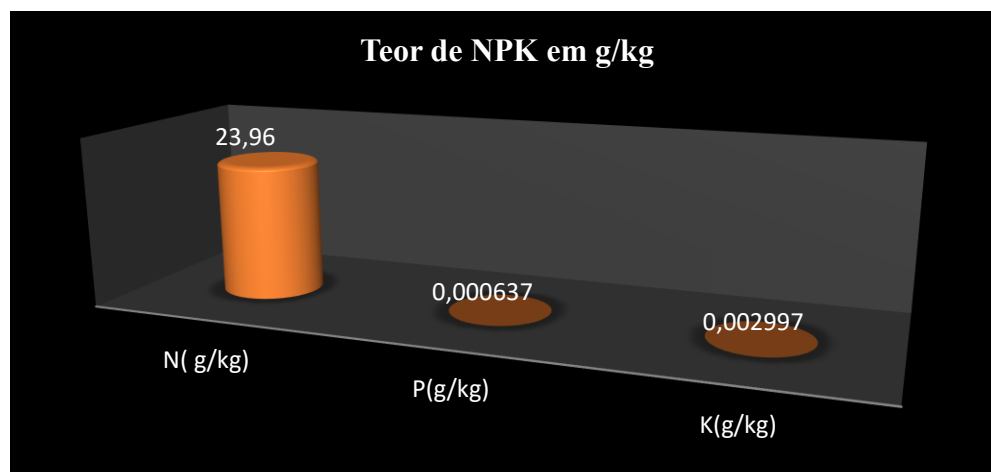
Figura 4 – Demonstração de maturação do composto orgânico

Fonte: Autores (2023)

Este resultado entra em concordância com Filgueira (2000, p.27), segundo o qual, para comprovar que o composto está maduro, coloca-se em um copo de vidro duas colheres do composto, adiciona-se água, adiciona-se uma colher de café de amoníaco, mexe-se e deixa-se em repouso para decantar areia, terra e outras partículas insolúveis; em seguida observa-se a coloração do líquido: quando o composto estiver maduro, o líquido fica escuro como uma tinta, e a maior parte das partículas fica em suspensão.

3.3 Análise laboratorial do composto

Da análise química do composto, foi possível determinar a existência em g/kg de 23,96 g de nitrogênio, 0,000637 g de fósforo e 0,00299 g de potássio. O pH estava rondando em torno de 6,5 com característica ácida, como mostram os gráficos 2 e 3 abaixo.

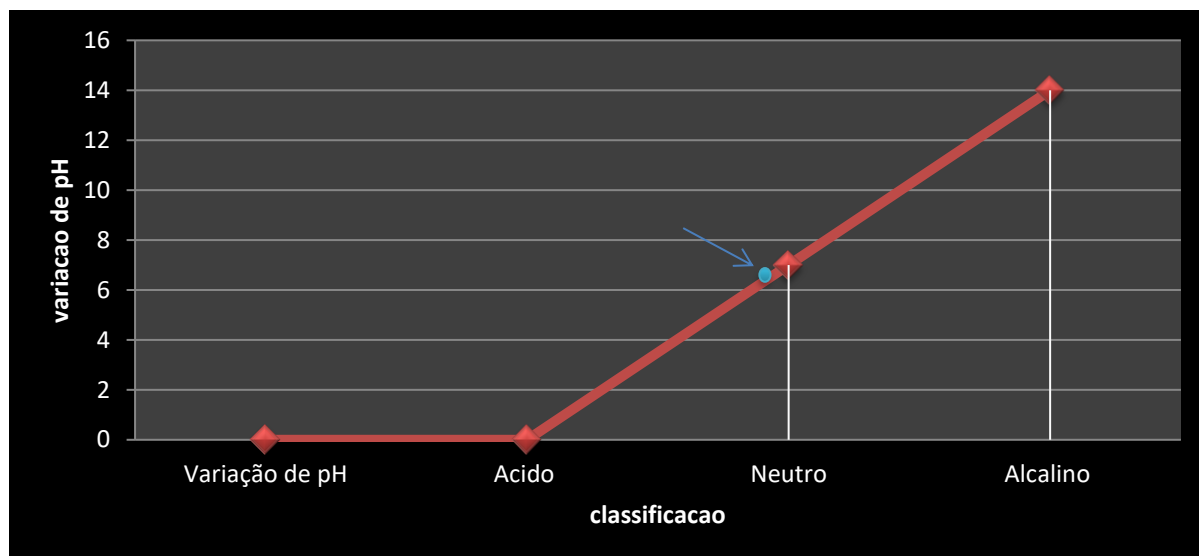
Gráfico 2 – Teor de NPK no composto produzido em g/kg

Fonte: Autores (2023)

3.3.1 Variação de pH

O pH encontrado no composto produzido foi de 6.5 ácido, como mostra o gráfico a seguir. Este pH aproximadamente coincide com a descrição do Bidone (999, p.55) sobre o comportamento de pH na compostagem, segundo o qual a compostagem aeróbica provoca a elevação do pH. No início do processo, o material produzido pode tornar-se mais ácido ainda, devido à formação de ácidos minerais; estes logo desaparecem, dando lugar aos ácidos orgânicos, que reagem com as bases liberadas, neutralizando e transformando o meio em alcalino. Assim, independentemente do uso de corretivos, a compostagem conduz à formação da matéria orgânica úmida com reação alcalina.

Gráfico 3 – Variação de pH



Fonte: Autores (2023)

Estes resultados significam que, nos resíduos produzidos nos mercados, existem proporções de nutrientes que podem suprir as necessidades das plantas. Por exemplo, de acordo com a tabela das necessidades nutricionais das plantas que consta na revisão de literatura, para produzir 30.000 toneladas de repolho, são necessários 120 kg de nitrogênio, 100 kg de fósforo e 140 de potássio em 1 ha. Essas quantidades de nutrientes podem ser alcançáveis se os resíduos que são descartados em toneladas por dia forem compostados.

Para este caso, para alcançar 23,96 g de nitrogênio, apenas foram compostados 195 kg de resíduos sólidos, proporcionados de maneiras não equacionais, nutriente este capaz de suprir necessidades de hortícolas em pequenas dimensões de campo para produção. Por exemplo, feijão manteiga necessita apenas de 0,004 kg de nitrogênio, 0,006 kg de fósforo e 0,012 kg de potássio em 1 m² para suprir as suas necessidades nutricionais. Portanto, pode se imaginar quantos kg de nitrogênio podem ser alcançados se forem compostados 1000 kg de resíduos equacionados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Feito o estudo, conclui-se que:

- Para o processo de compostagem, foram selecionados 15 grupos de resíduos sólidos, designadamente farelo de milho, de arroz e de mexoeira, cascas de feijão manteiga, de mandioca, de banana, de batata reno e de ervilha, restos de repolho, de couve, de alface e de tomate, capim, serradura, com base no critério de ser matéria orgânica vegetal;
- O composto formado mostrou sinais de maturação, pois o material humificado se apresentou com a cor castanha escura, cheiro de bolor, homogêneo e sem restos vegetais.
- Na composição química, o composto continha elementos de NPK em quantidades aceitáveis, sendo 2,396% de nitrogênio, 0,637% de fósforo e 2,997% de potássio, que constituem os macronutrientes para suprir as necessidades nutricionais das plantas, e um pH de 6,5, característico dos compostos orgânicos. Assim, torna-se aceitável a hipótese 1, segundo a qual o composto orgânico produzido através de resíduos sólidos orgânicos e de origem vegetal pode conter macro e micronutrientes equilibrados para suprir as necessidades nutricionais das hortícolas em solos menos nutritivos.

Portanto, pode se tomar nota que, ao descartar resíduos sólidos orgânicos, perdem-se junto desse descarte quantidades de matéria orgânica útil para agricultura, não só, mas também, perde-se oportunidade de saneamento ambiental (redução de RS a serem encaminhados para lixeiras públicas) e uso racional dos recursos (reciclagem), fator que contribui para o bem-estar social e corresponde aos objetivos do desenvolvimento sustentável.

Assim sendo, recomenda-se às autoridades municipais que, no capítulo de saneamento, capitalizem projetos de reciclagem, sobretudo a compostagem para reduzir a quantidade de resíduos a serem levados para as lixeiras; que se estabeleçam parcerias com a UR-Lichinga para que, junto com os estudantes, se faça a difusão das informações referentes ao saneamento; aos pesquisadores, que se façam mais pesquisas referentes à identificação de níveis de vários outros nutrientes existentes no composto orgânico produzido com base nos resíduos sólidos, e às autoridades do ramo agrário também recomenda-se que encontrem mecanismos de incentivar mais o uso do composto orgânico em detrimento do químico, pois este último traz consequências negativas para o ambiente.

REFERÊNCIAS

- BARD, C. **Química Ambiental**. 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- BIDONE, F.R.A. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**. São Carlos – SP: EESC, 1999.
- DALLES, R. N.; TEIXEIRA, I. Processamento de adubo orgânico, a partir de resíduos domésticos, em uma comunidade rural: uma proposta ecológica e viável. **Rev. REMPEC–Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 3, n. 3, p. 137-150, 2010.
- DIONYSIO, Luis Gustavo Magro; DIONYSIO, Renata Barbosa. **Lixo urbano: descarte e reciclagem de materiais**. Rio de Janeiro: CCEAD/PUC Rio, 2013.
- FERNANDO, A.; USSY, J.; BAPTISTA, A. **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos**. Lichinga: CMCL, 2015.
- FILGUEIRA, Fernando Antonio Reis. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000.
- GIL, A. C., **Como Elaborar Projeto de Pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985.
- KIEHL, E.J. **Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto**. ESALQ: Piracicaba, 1998.
- MOÇAMBIQUE Ministério de Terra e Ambiente – MTA. **Guião Metodológico para Elaboração de Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos**. Maputo: MTA, 2020.

MOÇAMBIQUE. Instituto Nacional de Gestão de Calamidades (INGC). **Política Nacional de Gestão de Calamidades**. Maputo: INGC, 1999.

OLIVEIRA, A.M.G.; AQUIMO, A.M.de; NETO, M.T. de C. **Compostagem caseira do lixo doméstico orgânico**. Circular técnica 76, Brasília/São Paulo: Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento/EMBRAPA, 2005.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). **Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde**. Genebra: OMS, 2006

PELCZAR, JR., JM.; CHAN, E.C.S; CRIEG N.R. **Microbiologia, conceitos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 2009. v. 1.

SERRAT, B. M.; LIMA, M. R.; GARCIAS, C. E.; FANTIN, E. R., CARNIERI, I. M. R. S. A.; PINTO, L. S. **Conhecendo o solo**. Curitiba: UFPR/Ciências Agrárias, 2002.

SILVA, M.E de C. **Compostagem de Lixo em pequenas unidades de tratamento**. Viçosa: CPT, 2008.

SYS, C.; RANST, E. V.; DEBAVEYE, J.; BEERNAERT, F. **Land Evaluation part III**. Ghent/ Belgium: AGRIS, 1993.

VIANA, G., **Manual Clube do Jardim: Compostagem**. São Paulo: Oficina de Jardim. Disponível em: www.oficinadejardim.com.br. Acesso: 09/10/ 2012.