

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA BACHARELADO

ADRIELY SÁ MENEZES DO NASCIMENTO

**DESENVOLVIMENTO DE MINHOCAS DA ESPÉCIE *Eudrilus eugeniae* E
QUALIDADE DO HÚMUS PRODUZIDO A PARTIR DO FORNECIMENTO DE
DIFERENTES DIETAS**

SÃO LUÍS

2023

ADRIELY SÁ MENEZES DO NASCIMENTO

**DESENVOLVIMENTO DE MINHOCAS DA ESPÉCIE *Eudrilus eugeniae* E
QUALIDADE DO HÚMUS PRODUZIDO A PARTIR DO FORNECIMENTO DE
DIFERENTES DIETAS**

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia
Bacharelado do Centro de Ciências Agrárias da
Universidade Estadual do Maranhão, como requisito
para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Altamiro Souza de Lima Ferraz
Junior

SÃO LUÍS
2023

Nascimento, Adriely Sá Menezes do.

Desenvolvimento de minhocas da espécie *Eudrilus eugeniae* e qualidade do húmus produzido a partir do fornecimento de diferentes dietas / Adriely Sá Menezes do Nascimento. – São Luís, 2023.

49f.

Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual do Maranhão, 2023.

Orientador: Prof. Dr. Altamiro de Sousa Lima Ferraz Junior

1. Vermicompostagem. 2. Gigante africana. 3. Nutrição. I. Título.

CDU: 612.3:595.142

Elaborado por Francisca Elany Régia Sousa Lopes - CRB 13/754

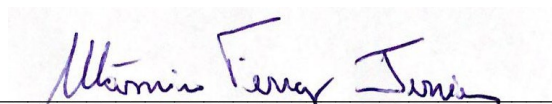
ADRIELY SÁ MENEZES DO NASCIMENTO

**DESENVOLVIMENTO DE MINHOCAS DA ESPÉCIE *Eudrilus eugeniae* E
QUALIDADE DO HÚMUS PRODUZIDO A PARTIR DO FORNECIMENTO DE
DIFERENTES DIETAS**

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia
Bacharelado do Centro de Ciências Agrárias da
Universidade Estadual do Maranhão, como requisito
para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Aprovada em: 24/ 07/ 2023

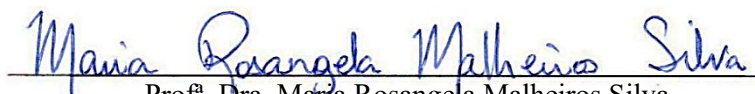
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr, Altamiro Souza de Lima Ferraz Junior- **Orientador**
Departamento de Biologia/CECEN/UEMA



Prof^a. Dra. Ana Maria Silva de Araújo
Departamento de Engenharia Agrícola/CCA/UEMA



Prof^a. Dra. Maria Rosângela Malheiros Silva
Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade/CCA/UEMA

*Dedico este trabalho ao meu avô Domingos Costa Sá Menezes
(in memoriam), que não pode estar presente em vida neste
momento tão esperado da minha vida, mas sei que de onde
estiver deve estar vibrando com minha vitória.
Saudades eternas!*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Deus, pelo dom da vida e por colocar ao meu lado as pessoas certas que me apoiaram e deram força para que eu nunca desistisse.

Agradeço aos meus pais, Sanes Léa Maciel Sá Menezes e José Adriano Carvalho do Nascimento por todo amor e carinho, pela educação que me proporcionaram, sou imensamente grata a vocês por me permitirem a realização deste sonho.

As minhas irmãs, Sandriele, Sandy Hellen e Arielly por me apoiarem e estarem sempre ao meu lado.

Aos meus avós, Maria Goreth, Josedna Carvalho, José Antonio por todo o carinho e todos os cuidados comigo.

Aos meus tios Salete Maciel, Ronilson Sá Menezes, José Rosendo, Dalinajara Maciel, Maria do Espírito Santos, Adriane Carvalho, Cleudilene Pereira, por todo o incentivo.

À minha amiga Taís Silva Sousa por sempre acreditar no meu potencial e pela amizade de anos.

Ao meu orientador Altamiro Ferraz Sousa Júnior por ter me aceitado como sua orientanda, por todo o suporte e confiança depositada em mim.

À banca examinadora, Prof^a. Dra. Ana Maria Silva Araújo e Maria Rosangela Malheiros pelas contribuições para a melhoria do trabalho.

Aos meus amigos João Marcus Abreu, Fernanda Oliveira, Wilitan Martins, Thiago Dominice, Sandriele Sá Menezes, Flávia Myllena, Nathalia da Luz, Adiel, Neto, Marcos Nabate, Airton Watanabe, Júlia Marinho e Walterlan Santos por me ajudarem diretamente na execução deste trabalho, vocês foram imprescindíveis.

Aos amigos que tive o prazer de conhecer durante a graduação, que compartilharam da mesma caminhada, em especial minhas amigas Fernanda Oliveira e Flávia Myllena por me estenderem a mão nos momentos que mais precisei. A Nathalia da Luz, Leany Nayra, Thainan Gomes, Rita Borges, Luís Carlos, Natália Lima, Alessandra da Cunha, Beatriz do Nascimento, Claudia Reis, Antonio Filho, Gabriel Garcês, Jossanya Benilsy, Thailson de Jesus sou grata por todos os momentos ao longo desses anos.

À UEMA pela possibilidade de realizar o curso de Agronomia e a todo corpo docente por me permitir adquirir tanto conhecimento.

Aos que não citei aqui, mas que sabem que de alguma forma contribuíram para a concretização desse sonho, sintam-se abraçados por mim.

Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para
a vitória é o desejo de vencer.

(Mahatma Gandhi)

RESUMO

A minhoca gigante africana (*Eudrilus eugeniae*) é uma espécie muito utilizada na bioestabilização dos resíduos orgânicos e apresenta alta capacidade de adaptação ao clima tropical. O objetivo desse trabalho foi avaliar o desenvolvimento de minhocas da espécie *Eudrilus eugeniae* e a qualidade do vermicomposto produzido a partir do fornecimento de diferentes dietas. O trabalho foi conduzido em área de produção agroecológica da empresa Alimentum LTDA e também nos Laboratórios de Nutrição Mineral de Plantas, de Bromatologia e de Química do Solo, da Universidade Estadual do Maranhão. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 5x6, o que representou os cinco tratamentos (T1- Esterco de gado, T2- Esterco de gado + Resíduo de sombreiro, T3- Esterco de gado + Aparas de grama, T4- Esterco de gado + Composto orgânico, T5- Esterco de gado + Resíduo de aguapé) e as seis épocas de avaliação (14, 28, 42, 56, 70 e 84 dias). O material usado na dieta das minhocas foi adquirido da própria empresa, foram inseridos em cada parcela na proporção 1:1, o que totalizou 10 kg de resíduo para cada 5 minhocas adultas. No decorrer da vermicompostagem foram realizadas avaliações referentes ao desenvolvimento das minhocas. Ao final, os vermicompostos foram avaliados quanto: pH, carbono e macronutrientes. O húmus foi usado na semeadura de alface americana. Aos 7 dias após a semeadura (DAS) foram avaliados: o vigor da muda (VM), estabilidade do torrão (ET), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca de raízes (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), número de folhas verdadeiras (NF) e altura das plantas. As diferentes dietas influenciaram no desenvolvimento das minhocas e na qualidade do húmus. Aos 56 e 70 dias de condução do experimento, a quantidade de minhocas nascidas foi maior em todas as dietas (Com variação de 43 a 44 minhocas filhotes/ parcela). Todos os tratamentos apresentaram teores de pH e nitrogênio elevados. O T1 proporcionou mudas com MFPA mais elevada (0,508 g/planta) e ET melhor (3,17), entretanto não é possível considerar que a composição da dieta influenciou no desenvolvimento das mudas de alface num período de avaliação 7 DAS. Dessa forma, é possível substituir parcialmente o esterco bovino como dieta na criação de minhocas, sem afetar a qualidade do húmus produzido.

Palavras-chave: Vermicompostagem. Gigante africana. Nutrição.

ABSTRACT

The gigante africana earthworm (*Eudrilus eugeniae*) is a species widely used in the biostabilization of organic waste and has a high capacity for adaptation to the tropical climate. The objective of this work was to evaluate the development of earthworms of the *Eudrilus eugeniae* species and the quality of the vermicompost produced with the supply of different diets. The work was carried out in an agroecological production area of the company Alimentum LTDA and also in the Laboratories of Mineral Nutrition of Plants, Bromatology and Soil Chemistry, at UEMA. The experiment was carried out in a completely randomized design, in a 5x6 factorial scheme, what represented the five treatments (T1- Cattle manure, T2- Cattle manure + Sombreiro residue, T3- Cattle manure + Grass clippings, T4- Cattle manure + Organic compost, T5- Cattle manure + Water hyacinth residue) and six evaluation times (14, 28, 42, 56, 70 and 84 days). The material used in the earthworms' diet was purchased from the company itself, they were inserted into each plot in a 1:1 ratio, which totaled 10 kg of waste for every 5 adult earthworms. During vermicomposting, evaluations regarding the development of earthworms were carried out. At the end, the humus was evaluated for: pH, carbon and macronutrients. Humus was used in sowing lettuce. At 7 days after sowing (DAS), seedling vigor (SV), clod stability (CS), shoot fresh mass (SFM), root fresh mass (RFM), shoot dry mass (SDM), mass root dryness (MRD), number of true leaves (NT) and plant height. The different diets influenced the development of the earthworms and the quality of the humus. At 56 and 70 days of conducting the experiment, the number of earthworms born was higher in all diets (ranging from 43 to 44 worms/pups/plot). All treatments showed high levels of pH and nitrogen. T1 provided seedlings with higher MFPA (0.508 g/plant) and better ET (3.17), however it is not possible to consider that the different substrate composition influenced the development of lettuce seedlings in an evaluation period of 7 DAS. In this way, it is possible to partially replace bovine manure as a diet in the creation of earthworms, without affecting the quality of the humus produced.

Keywords: Vermicomposting. Gigante africana. Nutrition

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Tanques usados como criatório de minhocas.....	23
Figura 2	Materiais usados na dieta das minhocas	24
Figura 3	Quantidade de minhocas inoculadas em cada tanque.....	25
Figura 4	Avaliação da quantidade de minhocas em cada tanque.....	26
Figura 5	Mensuração do comprimento de minhocas aos 82 dias de vermicompostagem.....	26
Figura 6	Preparo de amostras.....	26
Figura 7	Processo de determinação de N.....	27
Figura 8	Preparo de bandejas para produção de mudas de alface.....	30
Figura 9	Bandeja semeada com alface americana em húmus de diferentes composições.....	30
Figura 10	Mensuração da altura das mudas.....	30
Figura 11	Avaliação da estabilidade do torrão.....	31
Figura 12	Quantidade de minhocas adultas ao longo do tempo criadas em diferentes dietas.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Descrição dos tratamentos adotados.....	24
Tabela 2	Comprimento inicial e final de minhocas adultas da espécie <i>E. eugeniae</i> que receberam diferentes dietas.....	34
Tabela 3	Número de minhocas jovens da espécie <i>E. eugeniae</i> obtidos das diferentes dietas e em diferentes épocas de avaliação.....	34
Tabela 4	Composição química de vermicompostos produzidos com diferentes dietas de minhocas.....	35
Tabela 5	Qualidade das mudas de alface americana produzidas em substrato que continha diferentes composição de vermicomposto aos 7 dias após a semeadura (DAS).....	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C – Carbono

Ca – Cálcio

DAS – Dias após a semeadura

ET – Estabilidade do torrão

K – Potássio

MFPA – Massa fresca da parte aérea

MFR – Massa fresca da raiz

Mg – Magnésio

MO – Matéria Orgânica

MSPA – Massa seca da parte aérea

MSR – Massa seca da raiz

N – Nitrogênio

Na – Sódio

NF – Número de folhas

P – Fósforo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1. Objetivo geral.....	15
2.2. Objetivos específicos.....	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1 Vermicompostagem.....	16
3.2 Espécie <i>Eudrilus eugeniae</i>	16
3.3 Preferência alimentar.....	17
3.4 Esterco bovino.....	18
3.5 Sombreiro (<i>Clitoria fairchildiana</i>)	19
3.6 Aguapé (<i>Eichhornia crassipes</i>)	19
3.7 Apará de grama	20
3.8 Qualidade e quantidade do vermicomposto	21
3.9 Reprodução de minhocas.....	21
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.1 Área experimental	23
4.2 Delineamento e tratamentos	24
4.3 Material alimentar	24
4.4 Obtenção das minhocas	25
4.5 Avaliações	25
4.6 Análise do húmus	25
4.6.1 pH.....	26
4.6.2 Nitrogênio total	27
4.6.3 Carbono (C).....	28
4.6.4 Potássio (K) e sódio (Na).....	28
4.6.5 Fósforo (P)	28
4.6.6 Cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al)	29
4.7 Produção e avaliação de mudas.....	29
4.8 Análises Estatísticas	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5.1 Desenvolvimento de minhocas nas diferentes dietas	32
5.2 Reprodução de minhocas nas diferentes dietas	34
5.3 Qualidade do húmus obtido.....	35
5.4 Qualidade das mudas	38
6. CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1. INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos foi intensificada ao longo dos anos, em consequência do aumento significativo da população e do crescimento econômico, principalmente, após o período da revolução industrial. Esse avanço trouxe mudanças nos hábitos de vida e consumo da população, o que tornou sua gestão um dos principais desafios para o planejamento sanitário das cidades, já que sua disposição inadequada traz muitos riscos a população e ao meio ambiente (BEZERRA et al., 2020).

No Brasil, em média, quase 50% do total dos resíduos coletados é composto de matéria orgânica e, a maior parte deste resíduo é destinado para lixões e aterros sanitários, entretanto, a própria Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituída pela Lei Federal nº 12.305, regulamentada pelo Decreto nº 7.404, define que o método ambientalmente adequado para a destinação final dos resíduos orgânicos é a compostagem (BRASIL, 2010).

Nos últimos anos o setor de agroindústrias tem-se desenvolvido e assumiu papel importante na economia; No entanto, o aumento da produção tem gerado quantidade significativa de resíduos (GASPAR et al., 2020). Em geral, os resíduos resultantes quando não tratados de forma correta, podem causar sérios problemas ambientais, tais como poluição do solo, de águas superficiais e subterrâneas (FURLAN et al., 2018). O correto aproveitamento de resíduos pode ser uma alternativa para a redução dos custos na compra de substratos comerciais e fontes de adubos orgânicos pelo produtor rural (CUNHA et al., 2015; CORREA et al., 2019), desde que estejam estabilizados. Para a bioestabilização desses materiais orgânicos, a vermicompostagem é umas das técnicas alternativa que podem ser utilizadas.

A vermicompostagem consiste numa prática alternativa para a reciclagem de materiais orgânicos pelo trato digestivo de minhocas, que excretam os coprólitos (VILLEGAS-CORNELIO; CANEPA, 2017; NADOLNY et al., 2020), conhecido também como húmus. O húmus de minhoca é considerado um material com elevada qualidade, que pode ser utilizado na forma de adubo orgânico, substrato ou acrescentado a biofertilizantes por ser rico em macro e micronutrientes (SANTOS et al., 2021). Também contém substâncias promotoras do crescimento vegetal, além do potencial das minhocas para estimular o crescimento das raízes e aumentar a resistência vegetal aos parasitas (HERNANDEZ et al., 2013; ZANDONADI, 2018). A criação de minhocas é uma atividade altamente viável, necessita de baixo investimento e apresenta um bom potencial de retorno econômico (VILLEGAS-CORNELIO; CANEPA, 2017; SOUZA, 2018).

As minhocas usam uma grande variedade de materiais orgânicos como alimento (BOUCHÉ, 1977). Experimentos de preferência alimentar mostraram que as minhocas não se

alimentam ao acaso. Diferenças significativas na seleção da serapilheira, por exemplo, estão bem documentadas, e mostram uma preferência geral por folhas com alto teor de N e baixos níveis de metabólitos secundários de plantas (LEE, 1985; COTTA et al., 2015). Com isso, torna-se evidente que o conhecimento prévio de quais os alimentos as minhocas preferem consumir ajuda evitar perda de tempo e gastos ao fornecer qualquer alimento a elas.

A minhoca gigante africana (*Eudrilus eugeniae*) é uma espécie muito utilizada na bioestabilização dos resíduos orgânicos, apresenta alta capacidade de adaptação ao clima tropical e alto potencial de comercialização (MORAES et al., 2012; SANTOS et al., 2021). Têm-se em grande relevância a multiplicação dessa espécie, bem como o conhecimento das condições necessárias à produção de vermicomposto e em consequência sua adaptação às condições dos pequenos agricultores a partir da adoção de novas técnicas de cultivo que contribuem para a melhoria das condições de produção agrícola (BRITO; SILVEIRA, 2011). Todavia, ainda são incipientes os estudos científicos na literatura sobre a importância da minhoca gigante africana (*Eudrilus eugeniae*) na produção de húmus, bem como estudos nutricionais voltados para essa espécie (SANTOS et al., 2021).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

- Avaliar o comportamento nutricional da espécie *Eudrilus eugeniae* e comparar a qualidade do húmus proveniente de vários resíduos orgânicos usados como alimentos em vermicompostagem.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar se os resíduos fornecidos como alimento tiveram efeito no desenvolvimento de minhocas do gênero *Eudrilus eugeniae*;
- Determinar o resíduo que mais influenciou positivamente na reprodução das minhocas testadas;
- Comparar a composição química do húmus e a eficiência dele na produção de mudas.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Vermicompostagem

A vermicompostagem é uma prática agroecológica que teve início no Brasil na década de 1980, e consiste na combinação da ação de minhocas e dos microrganismos que habitam seus intestinos, para dar origem ao húmus. Este, é um produto altamente rico em nutrientes que pode melhorar significativamente as características físicas, químicas e biológicas dos solos, o que permite recuperar solos degradados e também poupar o ambiente de um adicional de poluição. Com a descoberta da utilidade destes anelídeos na reciclagem dos rejeitos domiciliares e agroindustriais, a criação de minhocas teve um aumento significativo. No Brasil, o número de criadores cresceu rapidamente devido ao baixo custo exigido para a criação de minhocas (MENEGAÇO et al., 2017).

O húmus tem alcançado um excelente resultado agrônômico por atuar sobre atributos físicos do solo, como aeração, porosidade, densidade e capacidade de retenção de água. Ainda, disponibiliza nutrientes sob formas prontamente assimiláveis pelas plantas, além de enzimas, ácidos húmicos e substâncias promotoras do crescimento vegetal (LIM et al., 2015; MELO et al., 2020).

O processo de vermicompostagem é altamente sensível a temperatura, quando esse processo ocorre em temperaturas baixas é capaz de reduzir a taxa de alimentação ($< 10^{\circ}\text{C}$) e cessa completamente a produção de casulos e o crescimento das minhocas jovens ($< 4^{\circ}\text{C}$), o que pode levá-las a hibernarem ou a migrarem para regiões mais fundas. Por outro lado, temperatura elevadas ($> 30^{\circ}\text{C}$) favorecem o crescimento e atividade dos microrganismos, o que eleva o consumo do oxigênio e consequentemente afeta a respiração das minhocas. Portanto, o processo de vermicompostagem deve ocorrer a temperatura constante em torno dos 25°C , diferente da compostagem que apresenta uma fase termofílica com aumento da temperatura de até 70°C (DOMINGUEZ; EDWARDS, 2011).

Além da maior efetividade da vermicompostagem para a remoção de matéria orgânica, pode-se citar também sua vantagem, em relação à compostagem, quanto à menor emissão de gases do efeito estufa, fator importante principalmente quando a técnica é utilizada em maior escala (SWATI; HAIT, 2018).

3.2 Espécie *Eudrilus eugeniae*

Atualmente, existem poucas espécies que são capazes de serem criadas em cativeiro para a produção de húmus ou de minhocas. Usualmente, apenas algumas espécies são citadas

como aptas zootecnicamente para criação. No Brasil, apenas duas espécies são criadas com o objetivo econômico de produzir húmus e minhocas (matrizes, iscas para pesca, etc), são elas: “Gigante Africana” (*Eudrilus eugeniae*) e a “Vermelha da Califórnia” (*Eisenia foetida*).

A gigante-africana (*Eudrilus eugeniae*) é originária do oeste e norte da África e apresenta uma cor vermelha amarronzada e reflete as cores do arco-íris no dorso (COSTA, 2010). Pertence à família Eudrilidae, adaptada ao clima tropical, com temperatura ideal em torno de 20 a 25 ° C, não suporta valores abaixo de 15 ° C. A temperatura é fator limitante para esta espécie em criações e apresenta grande capacidade de degradação de restos orgânicos e crescimento acelerado capaz de atingir mais de 20 cm quando adulta (AUGUSTA NETO et al., 2013).

A espécie apresenta comprimento médio de 20 a 22 cm, mas é capaz de chegar a 37 cm, e massa de 6,5 g, aos 130 dias de vida. As gigantes africanas são vorazes, capazes de consumir grandes quantidades de alimentos, equivalentes ao seu peso, por dia. São ainda, comercializadas como isca para pesca no tamanho de 13 a 15 cm (OLIVEIRA FILHO et al., 2005). De acordo com Dominguez (2023), essa espécie produz de 0,42 a 0,51 casulos por dia.

Tem se adaptado muito bem ao Semiárido, e possibilita a utilização de materiais mais grosseiros e diferentes do esterco de gado. Possui hábitos noturnos e se reproduz durante o ano todo, e na falta de alimentos foge em massa dos canteiros. Se recomenda que as condições no canteiro sejam de pH 7,0, temperatura entre 17 e 22 °C, umidade entre 80 a 85% e aeração intensa. (MACCHI, 2013).

Essa espécie é muito utilizada na bioestabilização dos resíduos orgânicos e apresenta alta capacidade de adaptação ao clima tropical (MORAES et al., 2012), além da forte potencialidade de comercialização. Desta forma, é de suma relevância a multiplicação dessa espécie.

3.3 Preferência alimentar

As minhocas usam uma grande variedade de materiais orgânicos como alimento. No entanto, os recursos alimentares de minhocas pertencentes a diferentes grupos ecológicos diferem consideravelmente. Espécies epigéicas (por exemplo, *Lumbricus rubellus*) e anécicas (por exemplo, *Lumbricus terrestris*) se alimentam principalmente de lixo superficial, enquanto espécies endógenas (por exemplo, *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea*, *Octolasion cyaneum*) consomem grandes quantidades de solo e resíduos orgânicos associados (BONKOWKI et al., 2000).

Experimentos de preferência alimentar mostram que as minhocas não se alimentam ao acaso. A dieta das minhocas consiste principalmente em material orgânico em vários estágios de decomposição. O tecido vegetal morto compreende a maior parte da matéria orgânica consumida, mas microrganismos vivos, nematoides e outras microfaunas, mesofauna e seus restos mortais, também são ingeridos. A maioria das espécies também consome frações de solo mineral em maior ou menor grau e parecem preferir misturas orgânicas minerais em vez de materiais orgânicos puros (BROWN et al., 2010).

Dentre os resíduos sólidos orgânicos utilizados como substrato na vermicompostagem destacam-se: resíduos de plantas e esterco (LIMA et al., 2019; GUSAIN; SUTHAR, 2020), serragem, casca de arroz, resíduos urbanos (SENA et al., 2019; ZHI-WEI et al., 2019; LI et al., 2020), resíduos agroindustriais (SANTOS et al., 2019; COTTA, 2019), resíduos da destilaria e cervejaria (MAHALY et al., 2018; BUDRONI et al., 2020), dentre outros.

Com o uso desses resíduos orgânicos na vermicompostagem, os benefícios vão além da obtenção de um produto com elevado potencial agrícola (vermicomposto). Esse benefício se estende a redução de milhares de toneladas de matéria orgânica que não seriam depositadas no meio ambiente, o que influencia diretamente na redução dos problemas ambientais como poluição do solo e eutrofização de corpos hídricos, e socioeconômicos, como propagação de doenças e perda de serviços ecossistêmicos no solo e água (MELO et al., 2020).

3.4 Esterco bovino

A matéria prima mais utilizada na vermicompostagem tem sido o esterco bovino, pela disponibilidade em quase todas as propriedades rurais, em maiores quantidades, comparado a outras fontes de matéria orgânica e tem levado a bons resultados na produção de mudas. A adubação orgânica com esterco bovino é uma prática milenar, entretanto tem perdido prestígio com a introdução da adubação mineral, em meados do século XIX, e retomado a importância, nas últimas décadas, com o crescimento da preocupação com o ambiente, com a alimentação saudável e com a necessidade de dar um destino apropriado às grandes quantidades produzidas em alguns países (ZIBETTI et al., 2015).

O esterco bovino bem tratado e manejado é rico em nutrientes vegetais (RINI et al., 2020). Além disso, a fertilização orgânica sob critérios técnicos tem outros benefícios, o que inclui a ciclagem de nutrientes e o menor uso de fertilizantes químicos, que são caros e feitos de fontes não renováveis e poluentes (LI et al., 2017). No entanto, o tratamento insuficiente de resíduos orgânicos pode causar perdas de nitrogênio através da volatilização, eutrofização e

contaminação ambiental com patógenos, antibióticos, metais pesados, entre outras consequências (LAZCANO et al., 2008; CARNIER, 2017).

O esterco bovino ao passar pelo processo de vermicompostagem tem seu conteúdo de matéria orgânica humificada (ácido fúlvico, ácido húmico e humina) acrescido em 30%. Dessa forma, entende-se que o material mais estabilizado funciona bem como condicionador do solo e libera nutrientes de forma mais gradual (MANÁKOVÁ et al., 2014 ALMEIDA, 1991)

Uma outra alternativa a utilização de esterco puro, é o uso dele misturado com leguminosas. Uma vez que a adição de fitomassa de leguminosa no processo de vermicompostagem pode servir como fonte de N de baixo custo para as minhocas e microrganismos, e também produção de vermicomposto mais rico neste elemento, logo essas plantas se associam a bactérias fixadoras de N₂ (MELO et al., 2020).

3.5 Sombreiro (*Clitoria fairchildiana*)

A *Clitoria fairchildiana* Howard, conhecida como Sombreiro, é uma árvore nativa, pertencente à família Fabaceae – Papilionoideae, mede de 6 a 12 m de altura. Sua madeira é moderadamente pesada e de baixa durabilidade. Apresenta a característica de fixação biológica de nitrogênio, através da simbiose com bactérias do grupo dos rizóbios (Rhizobiaceae) presentes no solo, isso permite que sejam utilizadas na agricultura como plantas para adubação verde, além de poderem ser usadas na compostagem, por acumular mais nutrientes (SOUZA; SOUZA, 2011).

O uso de leguminosas juntamente com esterco bovino pode proporcionar a produção de vermicomposto 30% mais rico em N e uma considerável economia de esterco (AQUINO, 2009). Ao comparar os atributos químicos do composto orgânico de esterco bovino e leguminosas Gomes et al. (2008) constataram que além do aumento no teor de N, o uso em conjunto de esterco com leguminosas, em específico com o Sombreiro elevou o teor de outros nutrientes, como o fósforo disponível.

3.6 Aguapé (*Eichhornia crassipes*)

As macrófitas pertencem a um grupo de plantas aquáticas que colonizaram os ambientes aquáticos e os de transição com o terrestre (CHAMBERS et al., 2008). Possuem grande importância para o ecossistema, pois funcionam como refúgio para espécies, alimentação e habitat. As características reprodutivas desse grupo são beneficiadas em ambientes eutrofizados, o que resulta em explosões populacionais (ZHANG et al., 2019), o que

impede os usos múltiplos dos recursos hídricos, o que causa diversos impactos negativos ecológicos e socioeconômicos (CHAPUNGU et al., 2018).

Dentre as macrófitas flutuantes que normalmente ocorrem em ambientes fertilizados, destaca-se o aguapé (*Eichhornia Crassipes*), uma planta aquática originária da região tropical da América Central (KAWAI; GRIECO, 1983), pertencente à família das Pontederiaceae (ESTEVES, 1998), ela apresenta elevado potencial invasor (CORDEIRO et al., 2020). A planta apresenta um sistema radicular que funciona como um filtro mecânico que adsorve o material particulado existente na água e cria um ambiente rico em atividades de fungos e bactérias, o que passa a ser um agente de despoluição, além disso a planta pode ser destinada para outras finalidades, como a vermicompostagem para produção de adubos (TEIXEIRA et al., 2021; KOTSUBO, 2021).

O uso da biomassa excedente do aguapé como matéria-prima para vermicompostagem é uma boa possibilidade de redução de um problema ambiental pela aplicação dessa biomassa em técnicas sustentáveis (NAJAR, 2017). O aguapé apresenta uma importante característica, que é sua capacidade para acumular nitrogênio e fósforo (BROCK et al., 1983). Em estudos com aproveitamento de resíduos orgânicos gerados em usinas hidrelétricas, Martins (2014) encontrou teor de nitrogênio (N) adequados aos valores exigidos pela legislação para comercialização de fertilizantes orgânicos (teor mínimo de 0,5%).

3.7 Apara de grama

Os resíduos de aparas de grama compõe o grupo dos resíduos de varrição e poda que mais são destinados aos lixões (SNIS, 2019), e quando mal gerenciados, podem provocar impactos ao meio ambiente (GUPTA et al., 2018). Por tanto, essa biomassa é considerada como uma matéria-prima renovável, sustentável e de baixo custo para a produção de energia e também, outras finalidades, como na composição de resíduos empregados na compostagem e também vermicompostagem (INÁCIO, 2010; GRYCOVA et al., 2018).

A aparta de grama é um material de boa qualidade para a produção de fertilizantes orgânicos, pois ao se decompor, serve de nutriente para o solo e para a própria grama (BARATA et al., 2009). Ela apresenta um bom potencial para serem vermicompostadas, Barata et al. (2019) observaram um aumento da população de minhocas da ordem de 400% com a utilização da aparta de grama.

Este resíduo apresenta estrutura complexa composta por celulose, hemicelulose e lignina, em que este último componente responsável por fornecer estrutura e sustentação à planta, além de fornecer resistência a ataques químicos e biológicos (ALINO, 2020). A grama

cortada é um material rico em carbono, o que possibilita um bom balanceamento da relação C/N ao ser misturado com esterco bovino. (MARTINS, 2014).

3.8 Qualidade e quantidade do vermicomposto

A vermicompostagem é capaz de alterar quantitativa e qualitativamente, a composição das substâncias húmicas dos materiais orgânicos. O material mais estabilizado, isto é, com carbono na forma humificada, apresenta como vantagens uma maior capacidade de troca de cátions, maior retenção de umidade e mineralização mais lenta. Assim, é importante entender que o material mais estabilizado funciona bem como condicionador do solo e libera nutrientes de forma mais gradual, logo não pode atender à expectativa dos que buscam a aplicação do vermicomposto apenas para o rápido fornecimento de nutrientes (MENEGAÇO et al., 2017; PEREIRA, 2019).

O vermicomposto ou também chamado de húmus se apresenta como um produto diferenciado, de coloração escura e de fina granulação, é leve, solto, asséptico e com cheiro de terra fresca, ele tem suas qualidades alteradas de acordo com o resíduo usado para sua produção (MENEGAÇO et al., 2017). Segundo Lourenço e Coelho (2012) a constituição e composição do vermicomposto são variáveis, uma vez em que irão depender das características e propriedades dos materiais/resíduos que lhes deram origem. Ainda assim, existem aspectos que o poderão caracterizar, seja o pH neutro ou próximo da neutralidade, a riqueza de nutrientes para o solo e plantas e a capacidade em, quando aplicado, reter água em solos arenosos e facilitar a circulação de água em solos argilosos.

Dentre as inúmeras propriedades de um vermicomposto de qualidade, têm-se o aumento da capacidade imunológica da planta, a sua resistência à seca e, ainda, antecipação e prolongamento das épocas de floração e frutificação (HOLANDA, 2013).

As minhocas não aumentam os níveis de nutrientes no húmus, mas apenas tornam esses nutrientes mais disponíveis para as plantas. Ou seja, um alimento de baixa qualidade resultará num húmus igualmente fraco, independentemente da espécie de minhoca usada no minhocário ou do tipo de manejo adotado pelo produtor (SILVA, 2017).

3.9 Reprodução de minhocas

As minhocas possuem um corpo segmentado (filó Annelida), com uma glândula externa (anel diferenciado) onde se localiza o órgão sexual masculino e feminino no mesmo indivíduo (hermafrodita), porém, são seres de reprodução sexuada, isto é, necessitam da troca de gametas entre indivíduos do mesmo sexo durante a cópula para se reproduzir. As minhocas

colocam após a postura casulos (cocoons) que pode conter de 1 a 20 indivíduos em cada um deles, a depender da espécie em questão (DOMINGUEZ, 2023).

A atividade reprodutiva das minhocas pode ser influenciada pelas condições ambientais, nutricionais e pela densidade populacional, além de ser variável conforme as espécies (AQUINO et al., 1994). Em outras palavras, é absolutamente simples para qualquer agricultor fazer com que as minhocas trabalhem em seu benefício, principalmente se já existe minhocas na propriedade (OLIVEIRA et al., 2008).

A espécie *Eudrilus eugeniae*, cresce extremamente rápido nos primeiros 50 dias de seu ciclo quando as condições são favoráveis (VILJOEN; REINECKE, 1989). No Brasil, elas podem ser criadas em regiões onde as temperaturas não atinjam níveis abaixo de 15°C, o que causa sua morte. Portanto, se adaptam e desenvolvem bem nas condições ambientais dos trópicos. A temperatura é o fator limitante desta espécie para ser criada em locais frios ou desprotegidos e também por ser uma minhoca de grande mobilidade, ela foge do cativeiro sempre que este apresenta algum fator negativo às suas necessidades. Essa espécie coloca em média, um casulo a cada dois dias e em seu interior há 2 a 2,7 minhocas, o tempo de incubação do casulo é de 12 a 16 dias e a maturidade sexual é atingida entre os 40 e 49 dias após a eclosão do casulo (MARTINEZ, 1998; SCHIEDECK, 2010).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área experimental

O trabalho foi conduzido em área de produção agroecológica da empresa Alimentum LTDA e também nos Laboratórios de Nutrição Mineral de Plantas, de Bromatologia e de Química do Solo, da Universidade Estadual do Maranhão. Segundo a classificação de Köppen (1948), o clima da região é Aw, definido como tropical quente e úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A temperatura média anual está em torno de 28 °C, sendo a amplitude térmica média anual baixa, com temperatura média mensal mínima de 25 °C e máxima de 32 °C. A precipitação média anual é de 2156 mm, e registra-se nos meses de janeiro a julho os maiores índices pluviométricos e, de agosto a dezembro, os menores (INMET, 2021).

As minhocas foram mantidas em tanques de Alvenaria, com dimensões de 50cm x 50cm e 40cm de profundidade, instalações já existentes na propriedade. Os tanques foram limpos e permaneceram isolados, protegidos do sol, chuva e predadores. Foi utilizado irrigação por gotejamento para manter o substrato úmido e adequado para sobrevivência das minhocas e posterior produção do húmus (ECKHARDT et al., 2016). Foram feitas divisórias nos tanques, afim de separar as parcelas (Figura 1).



Figura 1 - Tanques usados como criatório de minhocas.
Fonte: Nascimento, A. S. M (2022)

4.2 Delineamento e tratamentos

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente ao acaso – DIC em esquema fatorial 5x6, o que representou os cinco tratamentos e seis épocas de avaliação (14, 28, 42, 56, 70 e 84 dias) (Tabela 1).

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos adotados.

Tratamentos	Dietas
T1	10 kg de Esterco de gado (Testemunha)
T2	5 kg Esterco de gado + 5 kg de resíduo de sombreiro (<i>Clitoria fairchildiana</i>)
T3	5 kg Esterco de gado + 5 kg de apara de grama
T4	5 kg Esterco de gado + 5 kg Composto orgânico
T5	5 kg Esterco de gado + 5 kg resíduo de aguapé (<i>Eichhornia crassipes</i>)

4.3 Material alimentar

O material usado na dieta das minhocas foi adquirido da própria empresa, no estado fresco, os quais foram inseridos em cada tanque na proporção 1:1, 1 parte equivalente a 5 kg de esterco de gado e a outra 5 kg do outro material (composto orgânico, apara de grama, resíduo de aguapé ou resíduo de sombreiro), matéria fresca. O esterco utilizado no experimento foi curtido, na testemunha a quantidade de esterco foi dobrada (10 kg) (Figura 2).

O composto orgânico usado foi produzido a partir da decomposição de serrapilheira, esterco de aves e aparas de grama.



Figura 2 - Materiais usados na dieta das minhocas; **A.** Tanques contendo Sombreiro picado e Aguapé; **B.** Tanques contendo esterco, aguapé e apara de grama.

Fonte: Nascimento, A. S. M (2022)

4.4 Obtenção das minhocas

Foram usados no experimento, minhocas adultas (identificadas pela presença do clitelo) da espécie *Eudrilus eugeniae*, provenientes de um criatório da empresa Alimentum LTDA. O desenvolvimento delas foi avaliado separadamente ao longo do tempo nos tanques. Inicialmente foram postas 5 minhocas por repetição (Figura 3).



Figura 3 - Quantidade de minhocas inoculadas em cada tanque.

Fonte: Nascimento, A. S. M (2022)

4.5 Avaliações

Decorridos 14 dias da liberação das minhocas, foi feito a contagem manual do número de minhocas adultas e filhas nos tanques, foi mensurado o comprimento das minhocas no início e ao final do experimento. A cada 14 dias, num período de 84 dias foram realizadas as avaliações referentes a taxa reprodutiva das minhocas, o que totalizou 6 avaliações ao longo do tempo (Figura 4 e 5).

4.6 Análise do húmus

Após a última avaliação, os materiais decompostos foram recolhidos e peneirados para retirada dos anelídeos. Uma porção de aproximadamente 500 g de húmus foi retirada de cada tanque para preparo das amostras, as quais foram postas para secar em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 65°C por 48 horas, maceradas e peneiradas (Figura 6).



Figura 4 - Avaliação da quantidade de minhocas em cada tanque.
Fonte: Nascimento, A. S. M (2022)



Figura 5 - Mensuração do comprimento de minhocas aos 82 dias de vermicompostagem.
Fonte: Nascimento, A. S. M (2022)



A



B



C

Figura 6 - Preparo das amostras. **A.** Material preparado para estufa; **B.** Maceração do material; **C.** Peneiramento do material.

Fonte: Nascimento, A. S. M (2022)

A qualidade do húmus gerado pelo processo de vermicompostagem foi determinada pelas análises de pH, fósforo (P), carbono (C), nitrogênio (N), potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) conforme Manual de Métodos de Análise de Solo da Embrapa (EMBRAPA, 2017).

4.6.1 pH

Para a determinação do pH, utilizou-se 10 mL da amostra em copo plástico e adicionou-se 25ml de CaCl_2 (cloreto de cálcio), após isso agitou-se com bastão de vidro deixou

em repouso por 30 minutos, em seguida foi executada a leitura no pHmetro através de eletrodos mergulhados na amostra.

4.6.2 Nitrogênio total

A determinação de Nitrogênio foi realizada pelo método de Kjeldahl, conforme descrito por Detmann et al. (2021), e consistiu em três etapas: digestão, destilação e titulação (Figura 7). Inicialmente, foi pesado 2 g de amostra e colocada em tubo de digestão, adicionado também ao tubo 2 g da mistura catalisadora e 5 mL de Ácido Sulfúrico concentrado, preparou-se também um tubo de digestão para o branco (somente mistura catalisadora e ácido sulfúrico). Os tubos foram levados ao bloco digestor em capela de exaustão e aquecida lentamente até atingir a temperatura de 400°C, após isso foi mantido nesta temperatura até que a solução ficasse translúcida. Retirou-se os tubos e os deixou-os esfriar no interior da capela. Quando a temperatura dos tubos estava abaixo de 100°C, adicionou aproximadamente 10 mL e homogeneizou para evitar ou minimizar a cristalização da solução.

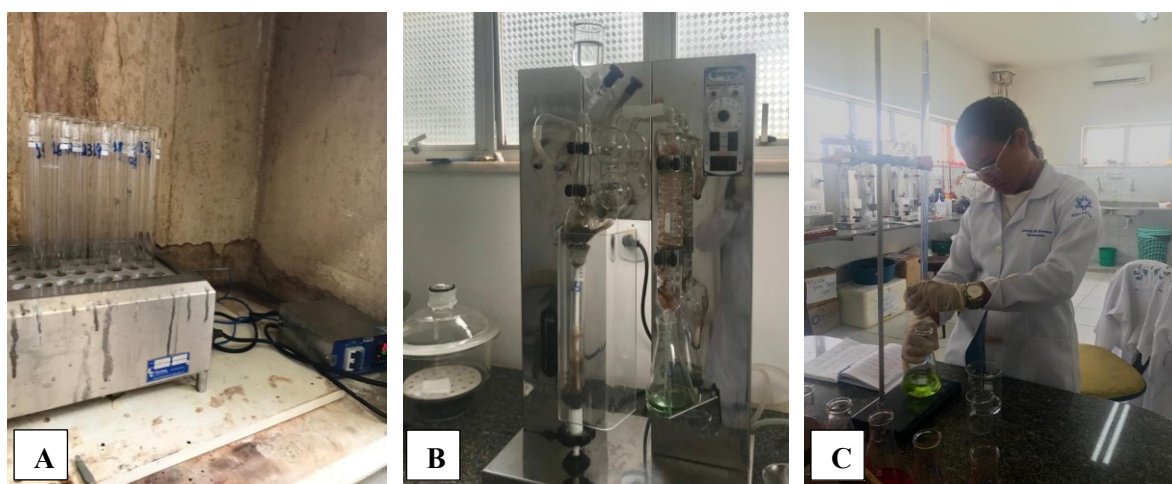


Figura 7 - Processo de determinação de N; **A.** Digestão; **B.** Destilação; **C.** Titulação.

Fonte: Nascimento, A. S. M (2023)

Adicionou-se em erlenmeyer de 250 mL, 10 mL de solução de ácido bórico (20 g/L). Transferiu o tubo digestor com a amostra digerida para o conjunto de destilação e adicionou 25 mL de solução de hidróxido de sódio (400 g/L) e então, destilou-se por arraste e manteve-se o terminal do condensador mergulhado na solução receptora até que toda a amônia fosse liberada. Em seguida, retirou-se o erlenmeyer e foi feita a titulação com a solução de ácido clorídrico até a mudança de cor do indicador (verde para rosa claro).

4.6.3 Carbono (C)

O teor de carbono (C) é útil para avaliar o grau de humificação dos resíduos, uma vez que, com o aumento do tempo de compostagem, ocorre diminuição do teor de matéria orgânica (MO) do composto (DIAS et al., 2010).

O C foi estimado a partir do valor de Matéria orgânica (MO), em que se dividiu a quantidade de MO pelo fator Van Bemmelen 1,724. Esse fator é utilizado em virtude de se admitir que na composição média do húmus, o carbono participa com 58% (SANTOS; CAMARGO, 1999). Considerou então a fórmula:

$$C = \frac{M.O}{1,724}$$

A matéria orgânica foi determinada método da Solução sulfocrômica e realização de leituras no espectrofotômetro no comprimento de onda de 645 nm.

4.6.4 Potássio (K) e sódio (Na)

A determinação da quantidade de sódio e potássio foi realizada através da técnica de fotometria de chama. Primeiramente, foram transferidos 2,5 mL da amostra para um recipiente plástico e adicionados 25 mL do reagente Mehlich. As amostras foram postas em mesa agitadora (Marconi, modelo MA 376) por 10 minutos. Depois da agitação, as tampas dos recipientes foram abertas e deixadas em repouso durante uma noite. Após esse período, foram tiradas alíquotas de 5 mL do sobrenadante das amostras e colocadas em tubos de ensaio, as amostras foram filtradas e transferidas para frascos adequados, e seu volume foi aferido. Em seguida, a leitura foi realizada em fotômetro de chama (Digimed, modelo DM-61).

4.6.5 Fósforo (P)

O Fósforo assimilável corresponde a uma fração do teor total de fósforo (P), e corresponde ao teor utilizado pelas plantas. Ele foi determinado através do método Colorimétrico (EMBRAPA, 1979), dessa forma, 5 mL da amostra de húmus foram transferidas para erlenmeyer de 125 mL, e adicionados 50 mL de solução extratora Mehlich (HCl 0,05 N e H₂SO₄ 0,025 N).

As amostras foram agitadas por 10 minutos em mesa agitadora. Deixou-se decantar por uma noite e após isso, realizou a diluição do extrato, pois possuía elevada concentração de fósforo, em que se pipetou 1 mL do extrato e 4 mL de Mehlich e transferiu para tubo de ensaio, adicionaram-se 10 mL de solução ácida de molibdato de amônio diluída e aproximadamente 30

mg de ácido ascórbico em pó, como redutor. Após isso, agitou por dois minutos no agitador de tubos, e deixou se desenvolver a cor por uma hora e em seguida, foi realizada a leitura da densidade óptica no comprimento de onda de 660 nm no espectrofotômetro.

4.6.6 Cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al)

A análise do cálcio, alumínio e magnésio, ocorreu por meio da extração da solução KCl (Cloreto de potássio) 1N, em que inicialmente foi transferida 5 mL de cada amostra, colocadas em recipiente plástico e adicionado 50 mL de solução de KCl 1 mol L⁻¹. Fechado os recipientes e colocados para agitar em mesa agitadora por 10 minutos. Depois da agitação, as tampas dos recipientes foram desenroscadas e deixou-os em repouso durante uma noite.

Para determinação de cálcio e magnésio, foi retirada alíquotas de 10 mL da parte sobrenadante da solução e colocada em erlenmeyer, adicionado 2 mL do coquetel tampão e 2 gotas do indicador eriochrome black, em seguida titulou-se com a solução de EDTA 0,01N até viragem da cor vermelho-arroxeadada para azul puro ou esverdeado (com esta titulação foram determinados conjuntamente Ca e Mg). Em seguida, determinou-se o Cálcio, usando metodologia semelhante, num outro Erlenmeyer, foi colocado alíquotas de 10 mL do sobrenadante, adicionado 2 mL de solução tampão KOH 10%, e corante murexida ($\pm$ 50 mg). Foi titulado com solução de EDTA 0,01 N até viragem da cor rósea para roxa. O magnésio foi determinado por diferença: $(Ca + Mg) - Ca = Mg$.

Para determinação do Alumínio, foi retirada alíquota de 10 mL da parte sobrenadante da solução obtidas na extração com KCl e adicionou 2 gotas do indicador vermelho de fenol, não foi realizado a titulação, pois a coloração não alterou, o que indicou a ausência de alumínio em todos os húmus.

4.7 Produção e avaliação de mudas

Os vinte vermicomposto produzido com os cinco tratamentos em quatro repetições foram destinados para produção de mudas, em que foram misturados com terra preta (proporção 1:1), e colocados em duas bandejas de polietileno de 200 células. Cada repetição ocupou 20 células (um quadrante), o que totalizou 80 células por tratamentos (quatro quadrantes). A produção das mudas foi realizada em casa de vegetação, em que foram usadas sementes de alface americana peletizadas (Figura 8 e 9).



Figura 8 - Preparo de bandejas para produção de mudas de alface.

Fonte: Nascimento, A. S. M (2023)



Figura 9 - Bandeja semeada com alface americana em húmus de diferentes composições.

Fonte: Nascimento, A. S. M (2023)

Aos 7 dias após a semeadura (DAS) foram selecionadas ao acaso, doze mudas de alface por tratamento para avaliar o vigor da muda, estabilidade do torrão (ET), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca de raízes (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), número de folhas verdadeiras (NF) e altura das plantas (AP), referente à altura da parte aérea (Figura 10). O vigor das mudas (VM) foi obtido pela metodologia adaptada de Franzin et al. (2005), que classificam como nota 1: ótimo vigor, acima de 5 folhas, altura maior que 5 cm; nota 2: vigor bom, 4 a 5 folhas, altura maior que 5 cm com amarelado pouco visível; nota 3: amarelecimento notório, 4 a 5 folhas, tamanho até 5 cm, porém com deficiência nutricional bem destacada; nota 4: deficiência nutricional, problemas na altura, número de folhas reduzido.



Figura 10 - Mensuração da altura das mudas.

Fonte: Nascimento, A. S. M (2023)

A estabilidade do torrão (ET) foi obtida da metodologia adaptada de Gruszynski (2002), que classifica como nota 1: 50% ou mais do torrão fica retido no recipiente na retirada da muda; nota 2: 30 a 50% do torrão fica retido no recipiente na retirada da muda; nota 3: torrão destaca-se do recipiente, porém não permanece coeso; nota 4: o torrão é destacado completamente do recipiente e mais de 90% dele permanece coeso (Figura 11).

A massa seca da parte aérea e das raízes das plantas foram obtidas pelo acondicionamento em sacos de papel em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C por 72 horas e depois pesagem em balança de precisão.



Figura 11 - Avaliação da estabilidade do torrão.
Fonte: Nascimento, A. S. M (2023)

4.8 Análises Estatísticas

Os resultados do número de minhocas adultas e filhotes foram submetidos a um esquema fatorial. A qualidade do húmus e das mudas foram submetidos ao teste de normalidade pelo Shapiro-Wilk a 5% de significância. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Para a análise estatística foi utilizado o software estatístico R versão 4.2.1 (R Core Team, 2022).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Desenvolvimento de minhocas nas diferentes dietas

Observou-se diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos apenas no último dia de avaliação (84 dias), em que o tratamento T4 – Dieta a base de Esterco de gado e composto orgânico apresentou o maior número de minhocas em relação às demais dietas nesta época de avaliação (Figura 12).

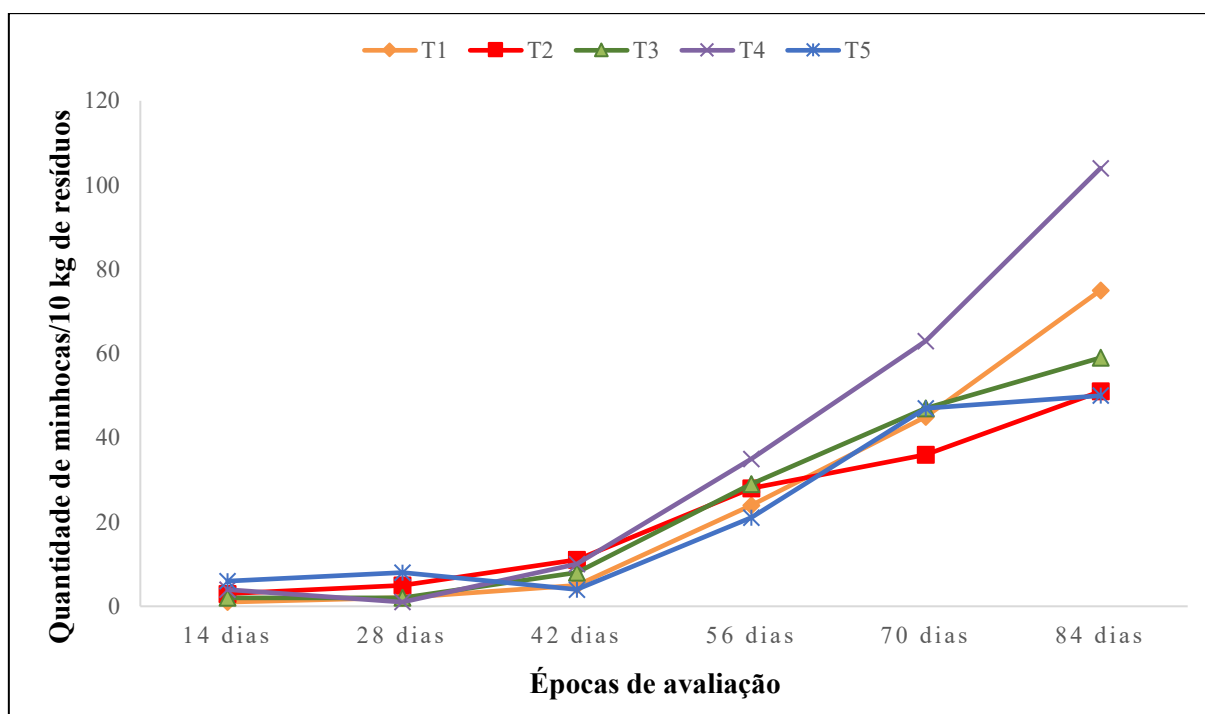


Figura 12 - Quantidade de minhocas adultas ao longo do tempo criadas em diferentes dietas. T1: Esterco de gado; T2: Esterco de gado + Resíduo de sombreiro; T3: Esterco de gado + Aparas de grama; T4: Esterco de gado + Composto orgânico; T5: Esterco de gado + Resíduo de aguapé.

Durante este mesmo período, os tratamentos T5 – Dieta a base de Esterco + Aguapé e T2 – Dieta a base Esterco + Sombreiro resultaram em 50% menos minhocas adultas (50 minhocas/parcela) que o T4 (105 minhocas/parcela). Resultado diferente foi obtido por Souza (2018) ao avaliar a reprodução e desenvolvimento de minhocas da espécie *Eisenia andrei*, em a dieta com composto orgânico, produzido de resíduos orgânicos descartados pelo restaurante universitário e podas apresentaram a menor quantidade de minhocas remanescentes, e não apresentou reprodução, possivelmente devido à ausência de alimentos.

Embora não tenha ocorrido diferença significativa entre os tratamentos, pode-se perceber que nos primeiros dias de avaliação (14 e 28 dias) os tratamentos T1, T2, T3, T4 apresentaram uma quantidade de minhocas menor que a quantidade inicial (5 minhocas/parcela), segundo Aquino et al. (1994) a fuga das minhocas nos primeiros dias de

vermicompostagem significa uma baixa aceitabilidade das dietas fornecida, que pode ter sido causado tanto pelo tipo de resíduo fornecido, quanto pelas condições ambientais e de aeração. Além disso, as minhocas gostam de ter uma alimentação diversificada (SCHIEDECK et al., 2010), por isso no tratamento à base esterco (T1) foi verificado que houve menos adaptação inicial das minhocas.

Ao longo do tempo também houve diferença significativa entre todas as épocas avaliadas. Apesar da redução da disponibilidade de alimento com o tempo, pois não foi feito a retroalimentação, a tendência seria a diminuição do número de minhocas nos tanques, no entanto aos 84 dias, a quantidade de minhocas adultas foi elevada em todos os tratamentos, o que indica que as minhocas se adaptaram bem aos alimentos testados, o que proporcionou o desenvolvimento da população com facilidade.

A maturidade sexual das minhocas varia com as condições do meio e com a espécie. De acordo com Dominguez e Edwards (2011) a espécie *E. eugeniae* atinge a maturidade sexual entre os 40 e 49 dias após a eclosão do casulo, o que corrobora com os resultados deste trabalho, em que a quantidade de minhocas adultas praticamente duplicou a partir dos 70 dias de vermicompostagem, época em que provavelmente as minhocas filhotes atingiram a maturidade sexual.

A época em que ocorreu a última avaliação também pode sido um fator que influenciou no número de minhocas adultas. Lopes et al. (2019) ao avaliar a produtividade de *E. eugeniae*, perceberam a redução na quantidade de minhocas em seus tratamentos apenas com 100 dias de avaliação, enquanto Augusta Neto et al. (2013) perceberam uma queda no número de minhocas *E. eugeniae* criadas em Lodo de Esgoto a partir de 90 dias.

Não houve diferença significativa no comprimento de minhocas adultas ($p>0,05$). O comprimento inicial foi determinado antes de colocar as minhocas no tanque, dessa forma procurou-se colocar minhocas de tamanho semelhantes para não interferir no resultado, daí o motivo de não terem diferido estatisticamente.

É possível observar que todos os tratamentos apresentaram minhocas ao final da vermicompostagem com tamanhos maiores, o que indica que todas as dietas colaboraram para um bom desenvolvimento da espécie. De acordo com Batista et al. (2021) o comprimento de minhocas é um ótimo parâmetro biométrico para avaliar o desenvolvimento de minhocas, entretanto pode diferir entre as espécies, pois são formas de adaptação ao tipo de ambiente e capacidade de escavação do solo (Tabela 2).

Tabela 2 - Comprimento inicial e final de minhocas adultas da espécie *E. eugeniae* que receberam diferentes dietas.

Tratamentos	Comprimento Inicial (cm)	Comprimento Final (cm)
T1	16,50 a	21,25 a
T2	17,75 a	18,65 a
T3	17,53 a	21,18 a
T4	18,37 a	20,60 a
T5	18,38 a	21,25 a
CV (%)	18,47	11,37

Letras minúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si. T1: Esterco de gado; T2: Esterco de gado + Resíduo de sombreiro; T3: Esterco de gado + Apará de grama; T4: Esterco de gado + Composto orgânico; T5: Esterco de gado + Resíduo de aguapé.

5.2 Reprodução de minhocas nas diferentes dietas

Foi observado que aos 28 dias da instalação do experimento, na segunda data de avaliação, as minhocas começaram apresentar o desenvolvimento reprodutivo em todos os tratamentos utilizados no experimento. Apesar da quantidade média não ser igual, não foram observadas diferença significativa ($p > 0,05$) na quantidade de minhocas nascidas entre os diferentes tratamentos, porém houve variação significativa ($p < 0,05$) entre as épocas de avaliação, em que aos 56, 70 e 84 dias de condução do experimento, a quantidade de minhocas jovens foi maior em todos os tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3 - Número de minhocas jovens da espécie *E. eugeniae* obtidos das diferentes dietas e em diferentes épocas de avaliação.

Trat	14 dias	28 dias	42 dias	56 dias	70 dias	84 dias	Média geral	CV (%)
T1	0	3	15	37	41	42	23 a	
T2	0	1	22	57	48	31	27 a	
T3	0	1	19	37	32	28	20 a	
T4	0	5	27	42	41	30	24 a	
T5	0	2	24	46	54	32	26 a	
Média geral	0 D	2 C	21 B	44 A	43 A	33 AB		70,85
CV (%)								134,77

Letras maiúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$); letras minúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$). T1: Esterco de gado; T2: Esterco de gado + Resíduo de sombreiro; T3: Esterco de gado + Apará de grama; T4: Esterco de gado + Composto orgânico; T5: Esterco de gado + Resíduo de aguapé. Fonte:

Na primeira data de avaliação, aos 14 dias não foram observadas minhocas filhotes. Segundo Schiedeck (2010) a espécie *Eudrilus eugeniae* coloca em média, um casulo a cada dois dias e em seu interior há 2 a 2,7 minhocas, o tempo de incubação do casulo é de 12 a 16 dias, fato esse que explica a ausência de minhocas filhotes nos primeiros dias de avaliação.

Aos 84 dias, apenas o T1 apresentou um crescimento constante do número de minhocas filhotes, de acordo com Suthar (2012) esse fato pode ser atribuído a restrição alimentar provocada pela superpopulação, uma vez que a diminuição da biomassa está diretamente ligada a produção de casulos de minhocas, e consequentemente ao número de minhocas filhotes nascidos.

5.3 Qualidade do húmus obtido

Em relação a composição química dos vermicompostos, é possível observar que existiu diferença significativa ($p < 0,05$) entre as diferentes dietas fornecidas às minhocas. De acordo com Soobhany et al. (2015) o nível de nutrientes do vermicomposto depende do tipo e também da quantidade de resíduo que foi usado como substrato, logo afeta diretamente a densidade populacional das minhocas, o que reflete na mineralização dos componentes orgânicos dos substratos. O teor de carbono (C) foi maior no tratamento T2 – Dieta a base de Esterco de gado + Resíduo de sombreiro e também no T1 – Dieta a base de Esterco, no entanto o T1 não diferiu significativamente dos demais tratamentos (Tabela 4).

Tabela 4 - Composição química de vermicompostos produzidos com diferentes dietas de minhocas.

Trat	C	N	pH	P	K	Ca	Mg	Na
	(g/dm ³)	(g/kg)	(CaCl ₂)	(mg/dm ³)	mmolc/dm ³			
T1	97,85ab	21,77ab	7,00 a	842,17 a	10,83ab	144,25 a	99,00 a	20,78 a
T2	112,43a	24,54 a	7,19 a	517,41 a	3,08 b	160,50 a	86,50ab	16,98ab
T3	92,68 b	20,11ab	7,38 a	707,59 a	15,06ab	138,75ab	82,50ab	18,08ab
T4	94,53 b	16,62 b	7,03 a	328,92 a	13,63ab	144,75ab	64,00 b	12,43 b
T5	95,52 b	24,74 a	7,30 a	788,25 a	18,03 a	137,00 b	91,50 a	18,40ab
CV	7,19	11,11	2,89	50,38	48,29	6,92	12,23	18,06
P	0,00895	0,00121	0,08083	0,1936	0,02576	0,0355	0,00326	0,02401

Letras minúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$). T1: Esterco de gado; T2: Esterco de gado + Resíduo de sombreiro; T3: Esterco de gado + Aparas de grama; T4: Esterco de gado + Composto orgânico; T5: Esterco de gado + Resíduo de aguapé.

No Brasil não há legislação específica para a qualidade do húmus de minhoca, assim o vermicomposto de acordo com a legislação que regulamenta a produção de fertilizantes orgânicos, se enquadra como composto orgânico. Apenas o T2 – Dieta a base de Esterco + sombreiro encontra-se com o valor de C dentro do padrão determinado pela Instrução Normativa nº 25 de 23/07/2009 – MAPA (BRASIL, 2009) que é de no mínimo 10% ou 100 g/dm³, o que pode estar relacionado a presença do Sombreiro na dieta, logo ele é considerado uma leguminosa de baixa qualidade de resíduo.

Segundo Young (1997), os resíduos de baixa qualidade são aqueles que apresentam baixo teor de N e alta quantidade de lignina e polifenóis, dessa forma, decompõem-se lentamente e, ao final do processo, podem apresentar teores elevados de carbono, o que provavelmente causou esse efeito no T2. Gomes et al. (2008) ao comparar a compostagem de esterco bovino com leguminosas, encontraram elevado teor de carbono para o composto que continha esterco bovino e sombreiro (108 g/dm³), Bugni et al. (2020) também encontraram elevados teores de C nas folhas de sombreiro que foram fornecidas para a alimentação de diplópodes (449 g/dm³).

O corpo das minhocas é constituído por cerca de 70% de proteína (base seca) (RODRIGUES, 2014), assim necessitam de grande quantidade de N em sua dieta. Com isso, pode-se observar que a dieta que continha resíduo de sombreiro (T2) e resíduo de aguapé (T5) foram as que proporcionaram os maiores teores de N (acima de 24 g kg⁻¹), entretanto não diferiram estatisticamente das dietas que continha apenas esterco (T1) e da dieta que continha apara de grama (T3), que apresentaram 21,77 e 20,11 g kg⁻¹ de N, respectivamente.

O alto teor de N no T2 e T5 se deve ao fato dos resíduos de plantas utilizadas como dietas nesses tratamentos serem ricos nesse nutriente. Martins (2014) ao reaproveitar os resíduos orgânicos gerados em usinas hidrelétricas para compostagem, também encontraram alto teor de N no composto produzido a partir de resíduo de aguapé (*E. crassipes*) + apara de grama (24 g kg⁻¹). Agami e Reddy (1990) também verificaram ao avaliar as inter-relações entre as macrófitas aquáticas que a *E. crassipes* apresentou ao final do experimento um aumento de até 6 vezes nos teores de nitrogênio total em sua biomassa.

O T4 – Dieta a base de Esterco de gado + Composto orgânico não diferiu estatisticamente dos tratamentos T1 e T3, que juntos apresentaram os menores teores de N, mas ainda sim os valores se encontram dentro dos padrões estabelecidos pelo MAPA, que é de no mínimo 0,5% ou 5 g kg⁻¹ (BRASIL, 2009). O baixo teor de nitrogênio no húmus resultado da dieta que recebeu composto orgânico pode ser sido causado pelo material que deu origem a esse composto ou pelo fato dessa dieta não ter recebido nenhum material vegetal fresco, uma vez

que o nitrogênio se apresenta como um importante componente das células, das proteínas e da clorofila das plantas (MARTINS, 2014). O composto orgânico por sua vez é um material praticamente homogêneo, já estabilizado, de onde não se podem distinguir os materiais de origem (INACIO; MILLER, 2009).

Não foi observado diferença significativa ($p>0,05$) para os valores de pH, em que todos os valores encontrados neste trabalho estão dentro do estabelecido pelo MAPA (BRASI, 2009) que determina para compostos orgânicos níveis de pH no mínimo 6.

Também não houve diferença significativa ($p>0,05$) para o teor de Fósforo (P) entre os tratamentos, no entanto a quantidade de Fósforo foi elevada em todos os húmus obtidos, segundo Yadav e Garg (2019) o alto teor de P em vermicomposto pode ser causado pelo efeito combinado da atividade da fosfatase fecal e dos microorganismos presentes no intestino das minhocas na mineralização e mobilização da matéria orgânica.

Estes resultados sugerem que o vermicomposto seja usado como um material para suprir a falta de fósforo em solos com baixa disponibilidade de P, como os solos tropicais, que apresentam deficiência de fósforo, com teores baixos ($< 9 \text{ mg.kg}^{-1}$) em 73% dos solos e teores médios ($9\text{-}25 \text{ mg.kg}^{-1}$) em 16% deles (SAMPALIO et al., 2009). O fósforo é o responsável por fornecer energia à planta, está intimamente ligado à sua atividade fisiológica o que favorece o metabolismo vegetal, além de atuar na fixação do nitrogênio (ARAÚJO; MACHADO, 2006).

O teor de K diferiu significativamente entre os tratamentos, em que o T5 – Dieta a base de esterco + resíduo de aguapé apresentou o maior valor ($18,03 \text{ mmolc/dm}^3$), enquanto o T2 – Dieta a base de esterco + resíduo de sombreiro apresentou o menor valor ($3,08 \text{ mmolc/dm}^3$). A redução do K na vermicompostagem pode ser atribuída à lixiviação do elemento por causa da maior adição de água no processo e sua presença na forma iônica (K^+) (FREDERICKSO et al., 2007).

Diferente dos resultados encontrados por Gomes et al. (2008) para compostagem com leguminosas o teor de K foi menor no húmus que foi produzido com a dieta composta por Sombreiro. Oliveira (2013) encontrou teores de K no solo menores para Sombreiro, comparados com outras leguminosas.

Foi observado que o teor de Cálcio e Magnésio diferiu significativamente entre os tratamentos, em que todos os teores de Cálcio foram maiores que o de Magnésio em todos. O T2 apresentou maior teor de Cálcio, todavia não diferiram estatisticamente do T1, T3 e T4. Já o teor de Magnésio foi maior no T1, o qual não diferiu estatisticamente do T2, T3 e T5.

Gomes et al. (2008) encontraram baixos valores de Cálcio ($85,2 \text{ mmolc/dm}^3$) e Magnésio ($73,0 \text{ mmolc/dm}^3$) na compostagem de resíduo de sombreiro e esterco comparados

ao deste trabalho (Ca: 160,50 mmolc/dm³ e Mg: 86,50 mmolc/dm³), o que indica que a vermicompostagem é mais eficiente na liberação de nutrientes que a compostagem. Dores-Silva et al. (2013) também encontraram valores de Mg e Ca maiores na vermicompostagem que na compostagem, o que sugere que os coloides orgânicos do vermicomposto têm uma maior habilidade em adsorver cátions na solução do solo do que os compostos, podendo depois cedê-los ou efetuar trocas, caso ocorra uma concentração de íons diferente ou uma variação de pH.

5.4 Qualidade das mudas

Ao avaliar a qualidade das mudas, é possível observar que houve efeito significativo apenas nas variáveis Massa fresca da parte Aérea (MFPA) e Estabilidade do torrão. A testemunha (T1) proporcionou mudas com massa fresca mais elevada (0,580 g/planta), no entanto não diferiu estatisticamente dos tratamentos T3 (0,490 g/planta) e T4 (0,530 g/planta) (Tabela 5).

Tabela 5 - Qualidade das mudas de alface americana produzidas em substrato que continha diferentes composição de vermicomposto aos 7 dias após a semeadura (DAS).

Trat	7 DAS						VIGOR	ET
	NF	Altura (cm)	MFPA	MFR	MSPA	MSR		
T1	4,83a	4,66 a	0,508 a	0,290 a	0,090 a	0,130 a	2,50 a	3,17 a
T2	5,08a	5,07 a	0,390 b	0,110 a	0,090 a	0,070 a	2,08 a	2,92 ab
T3	4,58a	4,98 a	0,490 ab	0,170 a	0,080 a	0,070 a	2,42 a	2,92 ab
T4	4,67a	4,94 a	0,530 ab	0,140 a	0,090 a	0,060 a	2,42 a	2,67 ab
T5	4,83a	4,50 a	0,410 b	0,110 a	0,070 a	0,050 a	2,83 a	2,08 b
CV (%)	22,09	11,86	31,77	102,36	28,34	103,18	31,82	32,18

Letras minúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si (p<0,05). T1: Esterco de gado; T2: Esterco de gado + Resíduo de sombreiro; T3: Esterco de gado + Aparas de grama; T4: Esterco de gado + Composto orgânico; T5: Esterco de gado + Resíduo de aguapé. NF: Número de folhas; MFPA: Massa fresca da parte aérea; MFR: Massa fresca da raiz; MSPA: Massa seca da parte aérea; MSR: Massa seca da raiz; ET: Estabilidade do torrão.

Apesar do húmus proveniente da dieta do T1 ter apresentado bons atributos químicos, ele não foi o que apresentou o maior aporte de nutrientes. Dessa forma, não é possível considerar que a diferente composição do substrato influenciou no desenvolvimento das mudas de alface. Deve ser considerado que nesse período de avaliação (7 DAS) apesar das mudas já estarem num ponto ótimo para o transplante, que de acordo com Sebrae (2011) é de duas a três folhas definitivas e com aproximadamente 5 cm de altura, provavelmente ainda estavam dependentes unicamente da reserva de energia da semente para seu desenvolvimento.

De acordo com Araújo (2011) uma maior quantidade de folhas por planta resulta numa maior área foliar, maior massa fresca e, conseqüentemente maior produtividade. O que não é possível ver neste trabalho, logo apesar do T1 ter apresentado a maior massa fresca da parte aérea (MFPA) ele não teve o maior número de folhas, provavelmente estas folhas tiveram menor área foliar.

O Sebrae (2011) recomenda que por ocasião do transplante os torrões estejam coesos e mantenham o sistema radicular íntegro. Dessa forma, foi possível observar que o T1 foi o que proporcionou a melhor estabilidade do torrão (ET), devido à melhor coesão do torrão quando feita a retirada da muda, entretanto ele não diferiu estatisticamente do T2, T3 e T4.

O maior valor da MFPA e MFR no T1 provavelmente proporcionaram o maior valor da ET, pois quando ocorre uma boa formação do sistema radicular o torrão fica mais preservado (CASTRO; SILVA, 2022).

6. CONCLUSÃO

As diferentes dietas influenciaram no desenvolvimento de minhocas do gênero *Eudrilus eugeniae*, que por sua vez teve um elevado desenvolvimento em todas as dietas fornecidas aos 84 dias de vermicompostagem.

As dietas tiveram influência positiva também na composição química de todos os húmus produzidos, no entanto a utilização deles como substrato não influenciou no desenvolvimento das mudas de alface no período de 7 dias após semeadura.

Dessa forma, diante da necessidade da redução dos custos na criação de minhocas e produção de húmus é possível incentivar o uso de todas as dietas testadas na substituição de 50% do esterco bovino, pois não afeta o desenvolvimento das minhocas e nem a qualidade do húmus produzido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGAMI, M.; REDDY, K. R. 1990. Competition for space between *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms and *Pistia stratiotes* L. cultured in nutrient-enriched water. **Aquatic Botany**, v. 38, n. 2-3, p. 195-208, 1990.
- ALINO, J. H. L. **Codigestão de resíduos de apara de grama, resíduos de frutas e vegetais e esgoto sanitário: efeito do pré-tratamento e recirculação do digestato**. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais), Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Medianeira, 2020.
- ALMEIDA, D. L. de. **Contribuição da matéria orgânica na fertilidade do solo**. 1991. 188f. Tese (Doutorado em agronomia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1991.
- AQUINO, A. M.; ALMEIDA, L. D., FREIRE, R. L., DE-POLI, H. Reprodução de Minhocas (Oligoquetas) em Esterco Bovino e Bagaço de Cana-de-açúcar. **Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n.2, p.161 – 168, 1994.
- AQUINO, A. M. **Vermicompostagem**. Circular técnica 29, Embrapa Agrobiologia. Seropédica, RJ Dezembro, 2009.
- AQUINO, A. M.; ALMEIDA, D.L.; GUERRA, J. G. M.; DE-POLLI, H. Biomassa microbiana, colóides orgânicos e nitrogênio inorgânico durante a vermicompostagem de diferentes substratos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 11, p. 1087-1093, 2005.
- ARAÚJO, W. F.; SOUSA, K. T. S.; VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M.; BARROS, M. M.; MARCOLINO, E. Resposta da alfaca a adubação nitrogenada. **Revista Agro@mbiente**. On-line, v. 5, n. 1, p. 18-23, 2011.
- ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. **Fósforo: nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 436p.
- AUGUSTA NETO; A., PERON; A. J.; BRITO, T. Reproduction and development of african night crawler earthworms (*Eudrilus eugeniae*) in Sewage Sludge produced in the city of Gurupi, State of Tocantins. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, p. 216-221, 2013.
- BARATA, J. P. M.; COSTA, C. D. Q.; SANTOS, N. E. B.; BALIEIRO, F. D. C.; INACIO, C. D. T.; PEIXOTO, R. D. G.; AQUINO, A. M. (2009). **Reprodução de minhocas e crescimento de mudas de sabiá em composto de aparas de grama em mistura com carvão vegetal e fosfato**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 32., 2009, Fortaleza.
- BATISTA, D. G.; DOS SANTOS, G. B.; MIRAGEM, A. A.; HECK, T. G.; CAMPOS, M. Modelagem matemática de relações alométricas e biométricas de minhocas *Eisenia andrei* utilizadas em experimentação: estudo piloto. **Salão do Conhecimento**, v. 7, n. 7, 2021.
- BEZERRA, D. E.; SILVA, A. F.; SILVA, G. R. B.; CAMPOS, H. J. F.; PEQUENO, L. A. B.; MARINHO, P. R. M.; LIMA, R. A.; PAIVA, W. Panorama dos resíduos sólidos urbanos sob a perspectiva de um grupo de moradores da Cidade de Areia - PB. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 3472-3483, 2020.

BONKOWSKI, M; GRIFFITHS, B. S.; RITZ, K. Food preferences of earthworms for soil fungi. **Pedobiologia**, v. 44, n. 6, p. 666-676, 2000.

BOUCHÉ, M.B. Stratégies lombriciennes. In: Lohm, U., Persson T. (eds) Soil organisms as components of ecosystems. **Ecological Bulletin** (Stockholm), n. 25, p. 122–132, 1977.

BRASIL. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. **Regulamentação da Lei nº 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 23 dez. 2010. <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm>. Acesso em: 20 mar. 2023.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 25, de 23/07/2009**. MAPA, 2009. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=20542>> Acesso em: 10 jul. 2023.

BRITO, T. R. C.; SILVEIRA, M. C. A. C. **Reprodução e desenvolvimento de minhocas (*Eisenia andrei* Bouché, 1972) em condições de temperatura, umidade e sombreamento em mata de cerrado**. In: VII Seminário de Iniciação Científica da UFT, Anais do VII Seminário de Iniciação Científica da UFT. Palmas, UFT, 2011.

BROCK, C. M.; BONGAERTS, M.C.M.; HEIJNEM, G.J. M.A.; HEIJTHUIJSEN, J. H.F.G. Nitrogen and phosphorus accumulation and cycling by *Nymphoides peltata* (GMEL) O. Kuntze (MENYANTHACEAE). **Aquatic Botany**, v.17, p.189-214, 1983.

BROWN, G. G.; DOMÍNGUEZ, J. Uso das minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas – O 3º Encontro Latino Americano de Ecologia e Taxonomia de Oligoquetas (ELAETAO3). **Acta zoológica mexicana**, v. 26, n. 2, p. 1-18, 2010.

BUDRONI, M.; MANNAZZU, I.; ZARA, S.; SABA, S.; PAIS, A.; ZARA, G. Composition and functional profiling of the microbiota in the casts of *Eisenia fetida* during vermicomposting of brewers' spent grains. **Biotechnology Reports**, v. 25, p. e00439, 2020

BUGNI, N. O. C.; SOUSA ANTUNES, L. F.; GUERRA, J. G. M.; CORREIA, M. E. F. Consumo de folhas de diferentes espécies arbóreas pelo diplópode *Trigoniulus corallinus*. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 13, n. 4, p. 1551-1569, 2020.

CARNIER, R. **Taxa de mineralização e compartimentos de nitrogênio em resíduos orgânicos**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical). Instituto Agrônomo, Campinas – SP, 2017.

CASTRO, M. L. L.; SILVA, K. C. A. Torção: critérios em viveiros clonais. 2022. Disponível em: <<https://revistacampoenegocios.com.br/torcao-criterios-em-viveiros-clonais/>>. Acesso em: 13 jul. 2023.

CHAMBERS, P.A.; LACOU, P.; MURPHY, K.J.; THOMAZ, S.M. Diversidade global de macrófitas aquáticas em água doce. **Avaliação da diversidade animal de água doce**, v. 595, p. 9-26, 2008.

CHAPUNGU, L.; MUDYAZHEZHA, O. C.; MUDZENGI, B. Socio-ecological impacts of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) under dry climatic conditions: the case of

Shagashe River in Masvingo, Zimbabwe. **Journal of Environmental Science and Public Health**, v. 2, n. 1, p. 36-52, 2018.

CORDEIRO, P.F.; GOULART, F.F.; MACEDO, D.R.; CAMPOS, M.C.S.; CASTRO, S.R. Modeling of the potential distribution of *Eichhornia crassipes* on a global scale: risks and threats to water ecosystems. **Revista Ambiente & Água**, v. 15, n. 2, 2020.

CORREA, B. A.; PARREIRA, M. C.; MARTINS, J. S., RIBEIRO, R. C.; SILVA, E. M. Reaproveitamento de resíduos orgânicos regionais agroindustriais da Amazônia Tocantina como substratos alternativos na produção de mudas de alface. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 9, n. 1, p. 97-104, 2019.

COSTA, Elaine. Como fazer compostagem doméstica. **Taboão da Serra: Creative Commons**, 2010, 42p.

COTTA, J. A. D. O.; CARVALHO, N. L. C.; BRUM, T. D. S.; REZENDE, M. O. D. O. Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, p. 65-78, 2015.

COTTA, J. A. O. Humic acids: The dynamics of mineralization during bioremediation by vermicomposting of soils contaminated by diesel. **Research, Society and Development**, v.8, n.8, p.1-20, 2019.

CUNHA, A. H. N.; BRASIL, E. P. F.; FERREIRA, R. B.; VIEIRA, J. A.; ARAÚJO, C. S. T.; SILVA, S. M. C. Vermicompost of tannery sludge and sewage as conditioners soil with grown tomato. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 41, p. 4086-4091, 2015.

DETMANN, E; SILVA, L. F. C; ROCHA, G. C; PALMA, M. N. N; RODRIGUES, J. P. P. **Métodos para análise de Alimentos**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2. ed, 2021. 360p.

DIAS, B.O.; SILVA, C.A.; HIGASHIKAWA, F.S.; ROIG, A.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M.A. Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: Effect on organic matter degradation and humification. **Bioresource technology**, v. 101, n. 4, p. 1239-1246, 2010.

DOMINGUEZ, J. State-of-the-Art and New Perspectives on Vermicomposting Research: 18 Years of Progress. In: **Vermicomposting for Sustainable Food Systems in Africa**. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023. p. 27-44.

DOMINGUEZ, J.; EDWARDS, C. A. Biology and ecology of earthworm species used for vermicomposting. **Taylor & Francis Group**, LLC, Oxford, p. 35–37, 2011.

DORES-SILVA, P. R.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. O. Processo de estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem versus compostagem. **Química nova**, v. 36, p. 640-645, 2013.

ECKHARDT, D. P.; ANTONIOLLI, Z., SCHIEDECK, G., SANTANA, N., REDIN, M., DOMINGUEZ, J.; JACQUES, R. Vermicompostagem como alternativa para o tratamento de resíduos nas propriedades rurais do sul do Brasil. **Manejo e conservação do solo e da água em**

pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. 1ed. Porto Alegre: UFRGS, p. 87-99. v. 1, 2016.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de análise de Solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de análise de Solos**. SNLCS, Rio de Janeiro, RJ: Embrapa, 1979.

ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos de liminologia**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998, 602 p.

FRANZIN, S. M.; MENEZES, N.L.; GARCIA, D. C.; SANTOS, O. S. Efeito da qualidade das sementes sobre a formação de mudas de alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.193-197, 2005.

FURLAN, F. L.; CONSOLIN FILHO, N.; CONSOLIN, M. F. B.; GONÇALVES, M. S.; VALDERRAMA, P.; GENENA, A. K. Use of agricultural and agroindustrial residues as alternative adsorbents of manganese and iron in aqueous solution. **Ambiente & Água**, v. 13, n. 2, p. 1-12, 2018.

FREDERICKSON, J.; HOWELL, G.; HOBSON A. M. Effect of precomposting and vermicomposting on compost characteristics. **European Journal of Soil Biology**, v. 43, p. 320 - 326, 2007.

GASPAR, L. M. R.; INÁCIO, C. T.; QUINTAES, B. R.; CARVALHO, L. S. Q.; PERES, A. A. C. Análise econômica-financeira do gerenciamento dos resíduos sólidos orgânico em uma agroindústria de processamento mínimo de hortaliças. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 3, p. 477-488, 2020.

GOMES, J. J. A.; COSTA, C. V. A.; TEIXEIRA, A. P. R. T.; DIAS, V. S. Comparação química do composto orgânico de esterco bovino e leguminosas: leucena (*Leucaena leucocephalla* (Lam) de Wit) e sombreiro (*Clitoria fairchildiana* Haward). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 3, n. 1, p. 78-84, 2008.

GRUSZYNSKI, C. **Resíduo agro-industrial “casca de tungue” como componente de substrato para plantas**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. 41p.

GRYCOVA, B.; PRYSZCZ, A.; LESTINSK, P.; CHAMRADOVA, K. Influence of potassium hydroxide and method of carbonization treatment in garden and corn waste microwave pyrolysis. **Bioresource Technology**, v. 118, p. 40 – 45, 2018.

GUPTA, A.; THENGANE, S. K.; MAHAJANI, S. CO₂ gasification of char from lignocellulosic garden waste: Experimental and kinetic study. **Bioresource Technology**, v. 187, p. 37 – 45, 2018.

GUSAIN, R; SUTHAR, S. Vermicomposting of invasive weed *Ageratum conyzoids*: Assessment of nutrient mineralization, enzymatic activities, and microbial properties. **Bioresource Technology**, v. 312, p. 123537, 2020.

HERNANDEZ, O. L.; HUELVA, R.; GURIDI, F.; OLIVARES, F.L.; CANELLAS, L. P. Humatos isolados de vermicomposto como promotores de crescimento em cultivo orgânico de alface. **Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias**, v. 22, n., p. 70-75, 2013.

HOLANDA, P. C. **Compostagem e Minhocultura**. Fundação Demócrito Rocha; Instituto Centro de Ensino Tecnológico – CENTEC, 2013.

INÁCIO, C. T. **Compostagem de restos de alimentos com aparas de grama e esterco de animais: monitoramento do processo**. Circular técnica 46, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2010.

INACIO, C. T. e MILLER, P. R. M. **Compostagem: Ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. 1. ed. Embrapa Solos, 2009. 156p.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Normais Climatológicas do Brasil 1991 a 2021**. São Luís. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/>>. Acesso em 13 nov. 2022.

KAWAI, H.; GRIECO, V. M. Utilização do aguapé para tratamentos de esgoto doméstico. Estabelecimento de critérios de dimensionamento de lagoa de aguapé e abordagem de alguns problemas operacionais. **Revista DAE**, v. 135, n. 1, p. 79-90, 1983.

KOPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas en la tierra**. Mexico: **Fundo de Cultura Econômica**, 1948.

KOTSUBO, K. **Avaliação do efeito “priming” na qualidade do vermicomposto de *Eichhornia crassipes***. 2021, 55 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 55 p, 2021.

LAZCANO, CRISTINA; GÓMEZ-BRANDÓN, MARÍA; DOMÍNGUEZ, JORGE. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. **Chemosphere**, v. 72, n. 7, p. 1013-1019, 2008.

LI, H.; FENG, W. T.; HE, X. H.; PING, Z. H. U.; GAO, H. J.; NAN, S. U. N.; XU, M. G. Chemical fertilizers could be completely replaced by manure to maintain high maize yield and soil organic carbon (SOC) when SOC reaches a threshold in the Northeast China Plain. **Journal of integrative agriculture**, v. 16, n. 4, p. 937-946, 2017.

LI, W.; BHAT, S. A.; LI, J.; CUI, G.; WEI, Y.; YAMADA, T.; LI, F. Effect of excess activated sludge on vermicomposting of fruit and vegetable waste by using novel vermireactor. **Bioresource Technology**, v. 302, p. 122816, 2020.

LIM, S. L.; WU, T.Y.; LIM, P.N.; SHAK, K.P.Y. The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. **Journal Science Food Agriculture**, v. 95, p. 1143-1156, 2015.

LIMA, M. V. G.; FILHO, C. A. S.; FERREIRA, J. V. V.; SOUZA, K. G.; SHOCKNESS, L. S. F.; BENTO, G. F. Vermicompostos como substratos no desempenho de mudas de alface e rúcula. **Revista Verde**, v.14, n.3, p.374-381, 2019.

LOPES, F. S. C.; FERREIRA, E.; PORTO, M. O.; PONTUSCHKA, R. B.; VENDAS, M. F. L.; Economic and productive performance of earth worms *Eudrilus eugeniae* on different dietary sources. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 3, p. 1123-1141, 2019.

LOURENÇO, N. M. G.; COELHO, S. I. D. **Vermicompostagem nas escolas**: Manual prático para o professor. 1ª Edição. Lisboa, abril, 2012.

MACCHI, P. de M; CHOTTEN, R; MACEDO, J. B. C. de. Produção de húmus de minhoca gigante africana com esterco de ovino. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, 2013.

MAHALY, M.; SENTHILKUMAR, A. K.; ARUMUGAM, S.; KALIYAPERUMAL, C., KARUPANNAN, N. Vermicomposting of distillery sludge waste with tea leaf residues. **Sustainable Environment Research** v. 28, n. 5, 223- 227, 2018.

MANÁKOVÁ, B., KUTA, J.; SVOBODOVÁ, M.; HOFMAN, J. Effects of combined composting and vermicomposting of waste sludge on arsenic fate and bioavailability. **Journal of Hazardous Materials**, v. 280, p. 544-551, 2014

MARTINEZ, Â. A. A grande e poderosa minhoca: manual prático do minhocultor. 4. ed. ampl. e revista **Jaboticabal**: Ed. Funep, 1998.

MARTINS, D. S. **Avaliação do aproveitamento de resíduos orgânicos gerados em usinas hidrelétricas na produção de adubos orgânicos**. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia da Sustentabilidade), Universidade Federal de São Paulo – Campus Diadema, 2014.

MELO, M. F.; SILVA, E. F.; COSTA, F. C. L.; SANTANA, E. A.; VASCONCELOS, A. A.; FERREIRA, E. A.; FREITAS, D. F.; DIAS, N. S.; MORAIS, F. M.; SILVA, L. F. Vermicompostagem: Conversão de resíduos orgânicos em benefícios para solo e plantas. **Tópicos em Ciências Agrárias**, v. 6, p. 35-46, 2020.

MENEGAÇO, V. M.; BASSAN, C. F. D.; LOSASSO, P. H. L. Características do húmus de minhocas alimentadas com esterco de frango *Gallus gallus domesticus* e sustentabilidade no meio rural. **Unimar Ciências**, v. 26, n. 1, p. 155-162, 2017

MORAES, M. J., FILHO, D. O., MARTINS, J. H., SANTOS, L. C. 2012. Electric signals for separation of earthworms (*Eudrilus eugeniae*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 1137– 1142, 2012.

NADOLNY, H.; SANTOS, A.; DEMETRIO, W. FERREIRA, T.; MAIA, L. S.; CONRADO, A. C.; BARTZ, M.; GARRASTAZU, M.; SILVA, E. LAVELLE, P.; BARETTA, D.; PASINI, A.; VEZZANI, F.; SOUSA, J. P.; CUNHA, L.; MATHIEU, J.; RÖMBKE, J.; BROWN, G. Recommendations for assessing earthworm populations in Brazilianecosystems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, e01006, p. 1-35, 2020.

NAJAR, I. A. Vermicomposting of aquatic weeds: a quick review. **Plant Science Today**, v. 4, n. 3, p. 133-136, 2017.

OLIVEIRA, E. M.; COSTA, F. X.; COSTA, C. C. Reprodução de minhoca (*Eisenia foetida*) em diferentes substratos. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 5, p. 146-150, 2008.

OLIVEIRA FILHO, D. FERRAZ, I. D.; MARTINS, J. H.; SANTOS, L. C. D.; RIBEIRO FILHO, O. P.; COSTA, D. R. D. Avaliação do deslocamento de minhocas (*Eudrilus eugeniae*) submetidas a pulsos elétricos controlados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 433-440, 2005.

OLIVEIRA, Natália Nicolle Furtado Costa. **Efeito de um sistema de cultivo em aleias em diferentes consórcios de leguminosas arbóreas sobre grupos de artrópodes**. 66 p. 2013, Dissertação (Mestrado em Agroecologia), Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2013.

PEREIRA, I. H. A. **Caracterização e estudo comparativo de composto orgânico produzido através da vermicompostagem**. Trabalho de conclusão de curso, Universidade de Brasília. Brasília, 2019.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2019.

RINI, J.; DEEPHI, M. P.; SAMINATHAN, K.; NARENDHIRAKANNAN, R. T.; KARMEGAM, N.; KATHIRESWARI, P. Nutrient recovery and vermicompost production from livestock solid wastes with epigeic earthworms. **Bioresource Technology**, v. 313, p. 123690, 2020.

RODRIGUES, M. **Obtenção de hidrolisados enzimáticos de minhoca e estudo das suas propriedades funcionais**. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia), Centro Universitário UNIVATES, Lajeado. 74 p, 2014.

SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. S. B.; SALCEDO, I. H.; MENEZES, R. S. C. Agricultura sustentável no semi-árido nordestino. Recife, Editora Universitária UFPE, 2009.

SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. 508 p.

SANTOS, L. S.; SOUSA, M. A.; SOUZA, Á. I. A. F.; RODRIGUES, M.; CRUZ, W. P. Reprodução e sobrevivência de *Eisenia andrei* sob diferentes resíduos agroindustriais. **Revista de Ciências Agrárias**, v.62, 2019.

SANTOS, M. C. S.; SANTOS, C. C.; DE SÁ MOTTA, I. Resíduos orgânicos agroindustriais influenciam a produção de húmus e multiplicação de minhocas. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 15, n. 3, p. 401-410, 2021.

SCHIEDECK, G. **Espécies de minhocas para minhocultura**. 2010. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/minhocultura/index.htm>. Acesso em: 07 jul. 2023.

SCHIEDECK, G.; SCHWENGBER, J. E.; CARDOSO, J. H.; GONÇALVES, M. D. M.; SCHIAVON, G. D. A. Aspectos culturais associados às minhocas no Brasil. **Acta zoológica mexicana**, v. 26, n. SPE2, p. 19-33, 2010.

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas. **Diagnóstico de hortaliças: alface**. 2011. Disponível em <www.sebrae.com.br/setor/horticultura> Acesso em: 12 jul. 2023.

SENA, L. M.; ARRUDA, J. F.; COSTA, F. R. S.; ALMEIDA, F. B. B.; BRITO, P. O. B.; GONDIM, F. A. Compostagem e vermicompostagem como alternativa para tratamento e destinação de resíduos orgânicos. **Revista Verde**, v.14, n.2, p.266-272, 2019.

SILVA, P. K. S. **Avaliação das alterações físicas e químicas em diferentes substratos utilizados no cultivo das minhocas *Eisenia andrei* (Bouché 1972) e *Eudrilus eugeniae* (Kinberg 1867)**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité – PB, 2017.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico anual de resíduos sólidos**. 2019. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuossolidos>>. Acesso em: 12 de junho de 2023.

SOOBHANY, N.; MOHEER, R.; GARG, V. K. Experimental process monitoring and potential of *Eudrilus eugeniae* in the vermicomposting of organic solid waste in Mauritius. **Ecological Engineering**, v. 84, p. 149-158, 2015

SOUZA, Maria Ingrid. **Avaliação do desempenho de minhocas da espécie *Eisenia andrei* (Bouché 1972) criadas em diferentes resíduos orgânicos**. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2018.

SOUZA, N.; SOUZA, L. A. Levantamento do potencial de aproveitamento das leguminosas no distrito da Barreira do Andirá, Barreirinha, AM. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, 2011.

SUTHAR, S. Earthworm production in cattle dung vermicomposting system under different stocking density loads. **Environ. Sci. Pollut. Res. Int.** 19: 748-55, 2012

SWATI, A.; HAIT, S. Greenhouse gas emission during composting and vermicomposting of organic wastes -A review. **CLEAN–Soil, Air, Water**, v. 46, n. 6, p. 1700042, 2018.

TEIXEIRA, A. N. C. S.; SILVA, G. F.; GONÇALVES, H. P. C.; NETO, M. R. F. Uso da planta aguapé, para absorção de coliformes e metais pesados presentes na água do Rio Paraíba do Sul. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 27937-27945, 2021.

VILJOEN, S. A.; REINECKE, A. J. Life cycle of the African nightcrawler, *Eudrilus eugeniae* (Oligochaeta). **South African Journal of Zoology**, Pretoria, v. 24, n. 1, p. 27-32, 1989.

VILLEGAS-CORNELIO, V. M.; CANEPA, J. R. L. Vermicompostaje: II avances y estrategias em el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v.8, n. 2, p. 407-421, 2017.

YADAV, A.; GARG, V. K., Biotransformation of bakery industry sludge into valuable product using vermicomposting. **Bioresource technology**, v. 274, p. 512-517, 2019.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil management**. New York: CAB International, 1997. 320p.

ZANDONADI, Daniel B. **Bioestimulantes e produção de hortaliças**. Embrapa Hortaliças. Artigo de divulgação na mídia. INFOTECA-E, 2018. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/78557069.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2023

ZHANG, Y.; M. A, R.; LIANG, Q.; GUAN, B.; LOISELLE, S. Secondary impacts of eutrophication control activities in shallow lakes: Lessons from aquatic macrophyte dynamics in Lake Taihu from 2000 to 2015. **Freshwater Science**, v. 38, n. 4, p. 802-817, 2019.

ZHI-WEI, S.; TAO, S.; WEN-JING, D.; JING, W. Investigation of rice straw and kitchen waste degradation through vermicomposting. **Journal of Environmental Management**, v. 243, p. 269–272, 2019.

ZIBETTI, V. K.; FIGUEIREDO NACHTIGAL, G.; LIMA, D. L.; SCHIEDECK, G. Crescimento e reprodução de minhocas em misturas de resíduos orgânicos e efeitos nas propriedades químicas e microbiológicas do húmus. **Interciência**, v. 40, n. 1, p. 57-62, 2015.