

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS
UNIDADE FRUTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS**

**COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS DE PODAS ARBÓREAS
URBANAS E DE ABATEDOURO VISANDO À OBTENÇÃO DE
CONDICIONADOR DE SOLO PARA O CULTIVO DE SOJA**

**Hebert Martins Ferreira
Médico Veterinário**

**FRUTAL-MG
2024**

Hebert Martins Ferreira

**COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS DE PODAS
ARBÓREAS URBANAS E DE ABATEDOURO VISANDO
À OBTENÇÃO DE CONDICIONADOR DE SOLO PARA
O CULTIVO DE SOJA**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Frutal, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Eduardo da Silva Martins

Co-orientador

Dr. Rodrigo Ney Millan

**FRUTAL-MG
2024**

Ficha catalográfica da Obra

Ferreira, Hebert Martins.

Compostagem de resíduos de podas arbóreas urbanas e de abatedouro visando à obtenção de condicionador de solo para o cultivo de soja / Hebert Martins Ferreira. – Frutal: UEMG, 2024.

56 f. : il., gráf., tab., mapas, fotos, quadros

Orientador: Eduardo da Silva Martins.

Co-orientador: Rodrigo Ney Millan.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG Unidade Frutal, Mestrado em Ciências Ambientais.

1. Resíduo sólido. 2. Biotransformação. 3. Germinação. 4. *Glycine max*. I. Martins, Eduardo da Silva. II. Millan, Rodrigo Ney. III. Universidade do Estado de Minas Gerais, UEMG – Unidade Frutal. IV. Título.



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Ata

Declaração - UEMG/FRUTAL/MESTRADOCA - 2024

Belo Horizonte, 21 de março de 2024.

HEBERT MARTINS FERREIRA

**COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS DE PODAS ARBÓREAS URBANAS E DE ABATEDOURO VISANDO À
OBTENÇÃO DE CONDICIONADOR DE SOLO PARA O CULTIVO DE SOJA**

Dissertação apresentada a Universidade do Estado de Minas Gerais, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, na área de concentração Ciências Ambientais, Linha de Pesquisa Diagnóstico e Ecologia Ambiental, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADO em 21 de março de 2024

Prof. Dr. Rodrigo Simões Ribeiro Leite - U.F. Grande Dourados - Dourados-MS

Prof^ª. Dr^ª. Osania Emerenciano Ferreira - UEMG - Frutal-MG

PROF. DR. EDUARDO DA SILVA MARTINS

ORIENTADOR



Documento assinado eletronicamente por **Eduardo da Silva Martins, Professor de Educação Superior**, em 25/03/2024, às 12:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Osania Emerenciano Ferreira, Professora de Educação Superior**, em 26/03/2024, às 08:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Simões Ribeiro Leite, Usuário Externo**, em 26/03/2024, às 10:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.mg.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **84556850** e o código CRC **EC57D4D6**.

Referência: Processo nº 2350.01.0009326/2023-18

SEI nº 84556850

Dedicatória

À essa energia pujante que nos envolve, que concebeu nosso lar Terra, que em seu sopro divino nos emanou a vida, que nos momentos de aflição nos refugiamos e agradecemos por nossas bênçãos que para mim é Deus, que nos permite a existência e que sem ele nada que amo existiria!

Meus pais que me geraram, alimentaram-me, nutriram com amor e ensinamentos, os quais nunca serei capaz de retribuir por tamanha virtude!

Ao meu amadíssimo Bento, meu filho, que me ensinou mesmo sendo tão jovem, que minha coragem, resiliência e determinação são infinitas quando seu olhar e sorriso me atingem os olhos, não consigo imaginar combustível de vida mais energizante!

Terra, planeta ao qual por muitos passam despercebidos a sua infinita beleza, perfeição e fragilidade... que este pequeno trabalho possa ser parte de minha contribuição por me hospedar em seu paraíso.

“A atração exercida pelo conhecimento seria bastante fraca, se para atingi-lo não fosse preciso
vencer tantos pudores”

Friedrich Nietzsche

AGRADECIMENTOS

Ao criador, senhor meu Deus, que me permitiu estar passageiro nesta jornada chamada de vida, guia de meus caminhos, provedor de minhas missões, agradeço emocionadamente pela oportunidade desta benção.

Agradeço a meu amado pai Cleidimar Neves Ferreira e minha amada mãe Cleusa Martins Ferreira, por terem sempre confiança em minhas decisões e me incentivado para que eu pudesse alcançar meus propósitos.

Meu amigo e companheiro de trabalho Yuri Sandei Infante, o qual nunca mediu esforços para que este trabalho fosse realizado, me auxiliando de todas as maneiras para que eu conseguisse seguir a diante com este sonho.

Aos meus mentores que me orientaram neste projeto, Prof. Dr. Eduardo da Silva Martins, Prof. Dr. Rodrigo Ney Millan, Profa. Dra. Karen Cristine Santos Galvão e Profa. Dra. Osania Emerenciano Ferreira, que em meus vários momentos de incertezas me guiaram de maneira tão cordial e enriquecedora para meu aprendizado e conclusão deste trabalho.

Aos técnicos de laboratório da UEMG, Adriana, Fernanda e Arthur, pelo auxílio nos experimentos.

E não menos importante, as Secretárias Municipais de Meio Ambiente, Sra. Giselly Aparecida da Silva Machado e a Sra. Secretária Municipal do Produtor Rural, Sra. Marina Virgílio de Paula Lima, que me auxiliaram e apoiaram neste projeto.

E agradeço imensamente ao Sr. Cléber José Campos, Presidente as Associação dos Açougueiros de Frutal (ASSAF), que não mediu esforços para me ajudar de todas as maneiras cabíveis além de sempre incentivar este projeto, além é claro de toda a diretoria desta incrível associação.

RESUMO

A pesquisa abordou os desafios da destinação de resíduos sólidos, com foco nos resíduos do abate de bovinos e podas de árvores urbanas. Avaliou-se a compostagem desses resíduos visando produzir um condicionador de solo para aplicação na cultura da soja. Os resíduos de podas urbanas, compostos por ramos e galhos finos (abaixo de 8 cm de diâmetro) foram triturados mecanicamente e posteriormente misturados em tambores de polipropileno de 200 litros, com resíduos do abatedouro, nos seguintes tratamentos: A (100% podas), B (50% podas e 50% conteúdo gástrico), C (33,3% podas, 33,3% conteúdo gástrico e 33,3% efluente do abatedouro) e D (50% podas e 50% efluente de abatedouro). Inicialmente, foram avaliados parâmetros físico-químicos e microbiológicos dos resíduos nos diferentes tratamentos e a variação da temperatura ao longo do processo de compostagem. No tratamento com curva mais típica de compostagem, estes parâmetros foram novamente avaliados, visando determinar as alterações ocorridas no composto. Este posteriormente também foi testado como condicionador de solo no cultivo de soja, nas proporções de 1 Ton./ha, 3 Ton./ha e 5 Ton./ha, em simulação em caixas Gerbox, com avaliação do índice de germinação, comprimento de radículas e peso fresco e seco após 8 dias de plantio. Inicialmente, todos os tratamentos apresentam elevadas contagens de bactérias mesófilas e enterobactérias, além de presença de *Salmonella* spp. e *Escherichia. coli*. O tratamento com maior potencial de aplicação em compostagem dos resíduos foi o tratamento B. Neste, foi observado uma curva de temperatura mais próxima à variação de temperatura em processos de compostagem, atingindo a fase termofílica. O composto obtido do tratamento B apresentou um bom incremento de Nitrogênio, Fósforo e Potássio, o que é interessante do ponto de vista da sua aplicação no solo. Os parâmetros índice de germinação, peso fresco e peso seco das radículas de soja não apresentam diferença estatística dentre as diferentes proporções de condicionador avaliadas. Por outro lado, para o parâmetro crescimento médio relativo da radícula, houve diferença estatística, sendo que o controle e a proporção de 1 Ton./ha apresentaram valores iguais estatisticamente, enquanto para as proporções de 3 e 5 Ton./ha, houve diminuição no crescimento. Diante do exposto, conclui-se que a compostagem utilizando mistura de 50% de resíduos de podas arbóreas e 50% de conteúdo gástrico, a 1 Ton/ha, apresenta potencial para utilização como condicionador de solo, no cultivo de soja, especialmente pela liberação de N, P e K e por não apresentar diminuição significativa de nenhum parâmetro de germinação e crescimento da soja, nas condições avaliadas. Os resultados fornecem informações valiosas para a prática agrícola sustentável, mostrando que a compostagem pode ser uma estratégia eficaz para gerenciar e tratar resíduos e impulsionar a produtividade agrícola.

Palavras-chave: Biotransformação. Germinação. *Glycine max*. Resíduo sólido.

COMPOSTING WASTE FROM URBAN TREE PRUNING AND SLAUGHTERHOUSES TO OBTAIN SOIL CONDITIONER FOR SOYBEAN CULTIVATION

ABSTRACT

The research addressed the challenges of disposing of solid waste, focusing on waste from the slaughter of cattle and pruning of urban trees. The composting of these residues was evaluated in order to produce a soil conditioner for application in the soybean crop. Urban pruning waste, composed of thin branches and branches (below 8 cm in diameter) were mechanically crushed and subsequently mixed in 200-liter polypropylene drums, with waste from the slaughterhouse, in the following treatments: A (100% pruning), B (50% pruning and 50% gastric content), C (33.3% pruning, 33.3% gastric content and 33.3% effluent from the slaughterhouse) and D (50% pruning and 50% slaughterhouse effluent). Initially, physical-chemical and microbiological parameters of the residues in the different treatments and the temperature variation throughout the composting process were evaluated. In the treatment with the most typical composting curve, these parameters were again evaluated, in order to determine the changes that occurred in the compost. This was later also tested as a soil conditioner in soybean cultivation, in the proportions of 1 Ton./ha, 3 Ton./ha and 5 Ton./ha, in simulation in Gerbox boxes, with evaluation of the germination index, radicle length and fresh and dry weight after 8 days of planting. Initially, all treatments have high counts of mesophilic bacteria and enterobacteria, in addition to the presence of *Salmonella* spp. and *Escherichia coli*. The treatment with the greatest potential for application in composting waste was treatment B. In this, a temperature curve closer to the temperature variation in composting processes was observed, reaching the thermophilic phase. The compound obtained from treatment B showed a good increase in Nitrogen, Phosphorus and Potassium, which is interesting from the point of view of its application in the soil. The parameters germination index, fresh weight and dry weight of soybean rootlets show no statistical difference between the different proportions of conditioner evaluated. On the other hand, for the relative average rootstock growth parameter, there was a statistical difference, and the control and proportion of 1 Ton./ha presented statistically equal values, while for the proportions of 3 and 5 Ton./ha, there was a decrease in growth. Given the above, it is concluded that composting using a mixture of 50% of tree pruning residues and 50% of gastric content, at 1 Ton/ha, presents potential for use as a soil conditioner, in soybean cultivation, especially by the release of N, P and K and because it does not present a significant decrease in any parameters of germination and growth of soybeans, under the conditions evaluated. The results provide valuable information for sustainable agricultural practice, showing that composting can be an effective strategy to manage and treat waste and boost agricultural productivity.

Keywords: Biotransformation. Germination. *Glycine max*. Solid residue.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1. Objetivo Geral	15
2.1.1. Objetivos Específicos.....	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1. Resíduos sólidos urbanos e efluentes.....	16
3.1.1. Resíduos de podas urbanas.....	16
3.1.2. Resíduos sólidos de frigoríficos e abatedouros.....	18
3.1.3. Efluentes de frigoríficos e abatedouros.....	20
3.2. Processo de compostagem.....	21
3.2.1. Fases da compostagem.....	22
3.2.2. Parâmetros de controle do processo de compostagem.....	22
3.2.2.1. Microrganismos envolvidos no processo.....	23
3.2.2.2. Temperatura.....	23
3.2.2.3. Aeração.....	24
3.2.2.4. Umidade.....	24
3.2.2.5. Relação Carbono/Nitrogênio (C/N).....	25
3.2.2.6. Potencial hidrogeniônico.....	25
3.3. Condicionador de solo no cultivo de soja	26
4. MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1. Obtenção e caracterização inicial dos resíduos.....	27
4.1.1. Análises físico-químicas dos resíduos.....	27
4.1.2. Análises microbiológicas dos resíduos.....	27
4.2. Compostagem dos resíduos.....	28
4.3 Ensaio de germinação de sementes de soja utilizando o material compostado proveniente do melhor tratamento encontrado.....	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35

5.1. Parâmetros físico-químicos dos resíduos avaliados nos diferentes tratamentos.....	35
5.2. Temperatura e tempo de compostagem.....	36
5.3. Parâmetros físico-químicos do material formado após a compostagem dos resíduos provenientes do tratamento B.....	38
5.4. Parâmetros microbiológicos.....	41
5.5. Testes de germinação, crescimento de radículas e biomassa.....	43
6. CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 – Recipientes onde foram feitos os ensaios de compostagem dos resíduos provenientes de podas urbanas e abatedouro.....	29
Figura 2 – Podas urbanas utilizadas no processo de compostagem (a) e triturador dos resíduos de podas urbanas (b).....	30
Figura 3 – Recipiente de armazenamento de conteúdo gástrico animal utilizado no processo de compostagem, nos tratamentos B e C.....	31
Figura 4 – Caixa de decantação de efluente do abatedouro utilizado no processo de compostagem, nos tratamentos C e D.....	31
Figura 5 – Recipientes alocados com os diferentes tratamentos de compostagem de resíduos provenientes de podas urbanas e abatedouro.....	32
Figura 6 – Equipamento utilizado para revolver o material na compostagem de resíduos provenientes de podas urbanas e abatedouro.....	33
Figura 7 – Temperatura dos resíduos avaliados, ao longo do processo de compostagem. A: 100% PU; B: 50% PU + 50% CGC; C: 33,33% PU + 33,33% CGC + 33,33% EFLU; D: 50% PU + 50% EFLU.....	37
Figura 8 – Visualização dos resultados obtidos em cada tratamento, com o uso de diferentes concentrações do condicionador de solo obtido por compostagem de resíduos de abatedouro e de podas urbanas, no cultivo de sementes de soja. a) Controle; b) 1 Ton./ha; c) 3 Ton./ha; d) 5 Ton./ha.....	45

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 – Tratamentos de compostagem de resíduos provenientes de podas urbanas e abatedouro, com os diferentes materiais avaliados.....	29
Tabela 2 – Caracterização físico-química dos resíduos provenientes de podas urbanas e abatedouro avaliados em cada ensaio, antes do processo de compostagem.....	36
Tabela 3 – Caracterização físico-química do composto formado pelo tratamento B, pré e pós compostagem de 85 dias.....	40
Tabela 4 – Mensuração de bactérias mesófilas nos tratamentos avaliados pré e pós compostagem, dos resíduos provenientes de podas urbanas e abatedouro, no município de Frutal/MG.....	41
Tabela 5 – Mensuração de Enterobactérias nos tratamentos avaliados pré e pós compostagem, dos resíduos provenientes de podas urbanas e abatedouro, no município de Frutal/MG	42
Tabela 6 – Teste presuntivo para <i>Salmonella</i> spp. e <i>Escherichia coli</i> . nos tratamentos avaliados pré e pós compostagem, dos resíduos provenientes de podas urbanas e abatedouro, no município de Frutal/MG.....	42
Tabela 7 – Germinação de sementes de soja em compostagem do Tratamento B com 5 dias; Crescimento Relativo da Radícula Médio, Biomassa Fresca das Radículas e Biomassa Seca das Radículas, com 8 dias, nas concentrações de 1, 3 e 5 Ton/hectare.....	44

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional nas últimas décadas vem acentuando cada vez mais os problemas decorrentes do acúmulo e descarte inadequado de resíduos sólidos orgânicos (RSO) produzidos nos ambientes urbanos (Vasconcelos *et al.*, 2021).

Segundo o Conselho Nacional de Secretários de Estado da Administração (CONSAD), a destinação final dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil é feita, em grande parte, de maneira inadequada, utilizando frequentemente os vazadouros a céu aberto ou lixões. Nesse sentido, o cenário nacional da política de gestão de resíduos sólidos urbanos revela desempenho insatisfatório, impondo a necessidade de melhoria e alterações nas práticas historicamente utilizadas (CONSAD, 2017).

De acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, elaborado em 2020 pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), nota-se que ocorreram importantes mudanças no setor de resíduos ao longo de 10 anos, principalmente em decorrência da implementação dos princípios e diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que completou uma década de vigência em 2020. Nesse período, a geração total de RSU aumentou cerca de 19% no país, com um crescimento de 9% no índice de geração per capita. Uma análise regional permite verificar que o Sudeste segue como a região que mais contribui para a geração de resíduos em âmbito nacional (49,88%) (ABRELPE, 2020).

Partindo para idealização deste projeto, levou-se em consideração que os RSU provenientes de podas urbanas causam grande transtorno para a gestão pública, porém, a urbanização desarborizada não colabora para diminuição de temperaturas (ilhas de calor), integração da fauna com as cidades (aves entre outros). A silvicultura urbana desempenha uma importante função no embelezamento da paisagem, na redução da poluição atmosférica, na moderação do balanço energético do município e no escoamento superficial da água de chuva (Silva Filho, 2006).

No mesmo sentido, a agroindústria também mostra que os abatedouros e frigoríficos possuem um grande potencial poluidor/degradador, uma vez que os resíduos gerados no abate de animais apresentam altas concentrações de carga orgânica, podendo atrair insetos e outros

vetores de doenças, o que contribui para a propagação de patologias para humanos e animais (Pardi *et al.*, 2006).

A compostagem é uma alternativa eficaz e sustentável, sendo um processo biológico e que realiza a estabilização dos resíduos, diminuindo os efeitos da má disposição dos resíduos sólidos e seu volume (Vasconcelos *et al.*, 2021). A prática consiste em reciclar os materiais orgânicos e minerais contidos nos resíduos, permitindo o seu uso em áreas agrícolas, produção de mudas e paisagismo. A decomposição de material orgânico por microrganismos, transforma toda matéria vegetal e animal, realizando um ciclo fechado na natureza. O emprego de adubos orgânicos e condicionadores de solos vem sendo muito utilizado em substituição a adubação química, e tem demonstrado resultados satisfatórios aumentando a fertilidade, a biodiversidade do solo e a produção de diversas culturas (Finatto *et al.*, 2013; García-Orenes *et al.*, 2016; Souza *et al.*, 2016).

A soja (*Glycine max* L.) é uma leguminosa de extrema importância econômica, de grande impacto no cenário financeiro mundial. Detentora de uma altíssima diversidade de exploração, tanto *in natura* ou processada, contribui na composição nutricional de seres humanos e animais, principalmente como fonte de proteína, e é hoje indispensável para a segurança alimentar global (Matsuo *et al.*, 2016). Segundo Peixoto *et al.* (2000), a produtividade da soja depende de fatores ambientais onde é cultivada, como: fotoperíodo, disponibilidade hídrica, temperatura, acompanhados do manejo de solo, o que contribui diretamente nas características edáficas do solo, refletindo diretamente ao potencial produtivo das plantas.

Com a busca incessante pela sustentabilidade na produção agropecuária, empresas e instituições no mundo todo, vem buscando tecnologias que possam incrementar a produtividade com menor impacto ao meio ambiente. Seguindo por esse espectro, o uso de condicionadores de solo e bioestimulantes mostram-se promissores para o indicador produtivo de grãos, estimulando as plantas a terem melhor resposta a desafios contra doenças e estresses abióticos, além de elevar o desempenho fisiológico, bioquímico e genético das plantas. Também vem sendo observado melhores índices de germinação, crescimento vegetativo e de raízes, incremento de massa seca e conseqüentemente o aumento na produtividade final no cultivo de soja que receberam adição de condicionadores de solo (Alcântara; Porto, 2019).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar o potencial de utilização de resíduos de podas urbana e de resíduos sólidos e efluentes de abatedouro em processo de compostagem, visando a obtenção de composto orgânico que possa ser utilizado como condicionador de solo no cultivo de soja.

2.1.1. Objetivos Específicos

- Determinar características, físicas, químicas e microbiológicas dos resíduos utilizados;
- Determinar a temperatura em cada ensaio durante a evolução do processo de compostagem;
- Avaliar se o processo de compostagem propiciou a formação de material estável;
- Avaliar o potencial de utilização do composto formado na melhor condição do processo, para a produção de um condicionador de solo no cultivo de soja.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Resíduos sólidos urbanos e efluentes

A gestão de resíduos sólidos urbanos é um problema enfrentado por todos os países em desenvolvimento. O ritmo acelerado de crescimento da população, da atividade econômica, da urbanização e da industrialização está associado à geração acelerada de resíduos (Srivastava *et al.*, 2015; Kumar *et al.*, 2017; Butu; Mshelia, 2014). Portanto, o manejo inadequado de resíduos é um sério problema ambiental, que é ainda mais acentuado quando se trata de resíduos sólidos urbanos biodegradáveis não aproveitados.

Resíduos sólidos biodegradáveis são geralmente incinerados (Agarwal *et al.*, 2005; Taylan *et al.*, 2008) ou despejados em áreas abertas, o que pode causar problemas de saúde e ambientais. A queima de resíduos biodegradáveis com umidade, resulta em liberação de dioxinas (Katami *et al.*, 2004), poluentes de alta toxicidade e persistentes no ambiente, que representam uma ameaça para os seres humanos e o meio ambiente (Paritosh *et al.*, 2017).

O Decreto nº 7.404/2010, que regulamenta a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), determina uma escala de prioridades para as ações que envolvem o gerenciamento dos resíduos sólidos (Dal Bosco *et al.*, 2017). Primeiramente, deve-se evitar a geração de resíduos de qualquer natureza (não geração), ou pelo menos gerá-los em menor quantidade (redução); em seguida, o reaproveitamento dos resíduos para outras utilidades deve ser otimizado (reutilização), mesmo que para isso necessitem ser reprocessados (reciclagem); para aqueles resíduos que não são passíveis de reciclagem, tratamentos adequados devem ser aplicados visando reduzir seu impacto ao meio ambiente; por fim, somente os resíduos que se configuram como rejeitos devem ser adequadamente dispostos em aterros sanitários (Brasil, 2010).

3.1.1. Resíduos de Podas Urbanas

Existem várias contribuições ambientais causadas pela arborização urbana, auxiliando na qualidade de quem vive nas cidades, bem como na saúde mental e física da população (Cecchetto; Christmann; Oliveira, 2014). A principal colaboração da arborização urbana é o embelezamento proporcionado, com isso, há uma agregação de valores ecológicos, psíquicos, sociais e econômicos.

Segundo a Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (2012) cita que a arborização urbana age diretamente sobre o microclima, qualidade do ar, ruídos sonoros, a paisagem, além abrigar e fornecer condições de vida a fauna remanescente nas cidades.

De acordo com a Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente de São Paulo (2015) podem ser listados pelas seguintes características: elevar a permeabilidade do solo e controlar a temperatura e a umidade do ar; interceptar a água da chuva; proporcionar sombra; funcionar como corredor ecológico; agir como barreira contra vento, ruídos e alta luminosidade; diminuir a poluição do ar; sequestrar e armazenar carbono; bem-estar psicológico.

Vários fatores impedem o desenvolvimento normal de uma árvore na área urbana, por exemplo: Compactação do solo, necessária para a pavimentação ou fundação de prédios, porém, prejudicial ao desenvolvimento das plantas; Depósitos de resíduos de construção e entulhos no subsolo; Pavimentação do leito carroçável e das calçadas impedindo a penetração do ar e das águas de chuvas; Poluição do ar, com suspensão de resíduos industriais, fumaça dos escapamentos de veículos automotores e de chaminés industriais, impedindo a folha de exercer livremente suas funções, uma vez que a poeira e as gotículas de óleo existentes no ar se acumulam sobre a superfície das folhas, obstruindo total ou parcialmente os estômatos, dificultando a respiração e as fotossíntese; podas drásticas, muitas vezes obrigatórias e abertura de valas junto à árvore, mutilando o seu sistema radicular. (Pivetta; Silva Filho, 2002, p.8).

A orientação de um profissional competente é de extrema importância para uma condução arbórea correta, devendo este ser devidamente habilitado. Órgãos públicos e privados como de fornecimento de energia elétrica não possuem estes tipos de profissionais, assim, resolvendo apenas seus problemas mais imediatos, cometendo verdadeiras mutilações nas árvores, gerando um grande volume de resíduos (Barnewitz, 2006).

Historicamente, a poda foi trazida para o Brasil pelos imigrantes europeus, exclusivamente para as árvores frutíferas (pereiras, macieiras, pessegueiros etc.) visando a uma maior e melhor produção de frutos. A poda é uma prática antiga, utilizada em jardins clássicos europeus, visando estimular a produção de flores. Por causa dessa cultura, no meio urbano, a poda foi adotada com fins estéticos ou fitossanitários (Pivetta; Silva Filho, 2002; Ministério Público de Santa Catarina, 2007).

Na arborização, a poda é realizada basicamente com quatro finalidades:

- a) de formação: ramos laterais são retirados a altura recomendada de 1,80m, visando não prejudicar o futuro trânsito de pedestres e veículos sob a copa. Esta poda, normalmente, é feita no viveiro ou local definitivo, quando a muda plantada é menor do que a recomendada;
- b) de limpeza: eliminam-se os ramos velhos, em excesso, mortos, lascados, doentes ou praguejados;
- c) de contenção: é realizada com o objetivo de adequar a copa da árvore ao espaço físico disponível, em função de um plantio inadequado. A recomendação geral é manter um mínimo de 30% da copa, conservando-se, sempre que possível, o formato original;
- d) emergencial: é feita para remover partes da árvore que ameacem a segurança da população, das edificações e outras instalações, como as redes aéreas, elétrica e telefônica. É uma poda realizada para resolver uma emergência em curto tempo e, normalmente, o efeito estético é desagradável.

Resíduo verde é aquele proveniente de poda ou corte de árvores e plantas. Este tipo de resíduo é composto por galhos e cascas de árvores, troncos, gramas, folhas verdes ou secas, flores, sementes, raízes, e outros materiais orgânicos de origem vegetal (Lima, 2004).

Segundo os critérios de riscos estabelecidos pela ABNT, os resíduos de poda de urbana, mesmo com o alto teor de lignina, são biodegradáveis e classificados como Classe II não inertes. Pelo PNRS, os resíduos de poda urbana quanto à periculosidade não são perigosos e do tipo resíduo de limpeza urbana. Quando agregados à resíduos domiciliares, tornam-se do tipo resíduo sólido urbano (Brasil, 2010).

3.1.2. Resíduos sólidos de frigoríficos e abatedouros

As indústrias frigoríficas geram vários tipos de resíduos e em quantidades consideráveis, tendo como destaque o Conteúdo Gastrointestinal das Carcaças (CGC), que se refere ao alimento consumido pelo animal, em seus diversos estágios de fermentação, o qual permaneceu no rúmen, mesmo após o jejum *ante-mortem*. Esse resíduo é gerado em larga escala devido a grande quantidade de frigoríficos e abatedouros instalados no país (Morales; Lucas Junior, 2006).

O Brasil representa o segundo lugar no ranking mundial como produtor de carne bovina, resultado de muitas décadas de inovações em tecnologias e dedicação, o que elevou

a produtividade e a qualidade dos produtos comercializados. Em primeiro se encontra os Estados Unidos, com produção de 12,62 milhões de toneladas. Vale lembrar que nos anos de 2019 e 2020 a produção brasileira atingiu acima de 10,0 milhões de toneladas. A pecuária bovina de corte, tem um papel importantíssimo para a economia nacional, gerando milhares de empregos e consequentemente elevando o PIB do país (Malafaia *et al.* 2021). Segundo Morales *et al.* (2006) cada animal gera em média 25 kg de CGC no momento do abate.

O pré-estômago dos ruminantes, denominado rúmen, é colonizado por milhares de espécies de microrganismo. De acordo com Woese *et al.* (1990) a classificação da colonização do rúmen é definida por três domínios, sendo: bactéria (bactérias), archaea (arqueias) e eucarya (fungos e protozoários). Foi avaliado que 60 a 90% da proteína microbiana do rúmen é composta por bactérias, 10 a 40% por protozoários ciliados e o restante 5 a 10% por fungos (Van Soest, 1994).

Sobre o enquadramento dos resíduos, a NBR 10004/2004 (ABNT, 2004) classifica-os conforme a periculosidade apresentada. Assim, estes podem ser classificados como: classe I, classe II, classe II A e classe II B. Os resíduos enquadrados na classe I são considerados perigosos, tendo em vista que podem ser inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos ou patogênicos. Os materiais que se enquadram na classe II, estes não são perigosos e se subdividem em dois grupos: não inertes (classe II A) e inertes (classe II B). Os materiais inertes são insolúveis e os não inertes podem apresentar biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade.

As características dos dejetos oriundos dos abatedouros, expressam uma fração dos resíduos que podem ser classificados como Classe I, de acordo com a NBR 10004/2004 (ABNT, 2004), possibilitando doenças ao homem e aos animais em devido alto material biológico com procedência desconhecida. Ware e Power (2016) classificam os dejetos orgânicos dos abatedouros em três categorias: material de alto risco, caracterizado por conter doenças animais; subprodutos animais de alto risco, correspondente aos dejetos do abate de animais não destinados ao consumo humano; e, materiais de baixo risco, resíduos de abates de animais para o consumo humano.

Com as práticas de compostagem, Lemos *et al.* (2015) e Dias e Aguiar (2016) mostram-se muito viáveis para minimizar os danos ambientais resultantes do funcionamento dos abatedouros, uma vez que propiciam o aproveitamento integral ou muito próximo do

integral de todos os resíduos gerados. Assim, a matéria orgânica pode ser convertida em rações e adubos e os materiais inorgânicos são direcionados às empresas especializadas em reciclagem.

3.1.3. Efluentes de frigoríficos e abatedouros

O abate de animais em abatedouros ou frigoríficos, sejam eles de pequeno, médio ou grande porte, acarreta um grande potencial poluidor, com alta produção de efluentes líquidos, isso devido à grande necessidade de uso de água, desde o recebimento do animal, processo de abate e sanitização da prediação interna e currais. A composição destes efluentes líquidos de abatedouros em sua maioria são flotáveis, nutrientes, gorduras, frações de: carne, sangue, entranhas, vísceras, conteúdo estomacal e intestinal. Este efluente sem o tratamento adequado e a remoção dos poluentes, quando despejados, induzem a uma grande alteração nos corpos receptores e consequentemente a sua poluição ou degradação (Dornelles, 2009).

Segundo Espinosa (1998), o abate de bovinos gera 1,5 a 2,5 m³ de efluente líquido por animal abatido, nos mostrando que a ASSAF está utilizando de forma eficiente o seu consumo de água e consequentemente gerando menos efluente líquido. Ainda assim, esse volume de efluente é considerável e deve ser destinado a tratamento e possível reutilização, principalmente para modulação de umidade de compostagens, elevando níveis de macro e micronutrientes, matéria orgânica e fontes energéticas para auxiliar a metabolização da microbiota participativa da compostagem (Foresti *et al.*, 1999).

As etapas do abate na ASSAF, ocorre desde recepção dos animais, período de jejum, observação e inspeção *ante-mortem*, processo de abate, separação dos resíduos, tratamento do efluente, até a destinação final por meio de empresas especializadas terceirizadas. O conhecimento das características das águas residuárias industriais constitui o primeiro passo para o estudo preliminar de projetos de tratamento de efluentes (Braga, 2010).

Os efluentes líquidos da ASSAF passam por um pré-tratamento que se inicia em vários filtros tipo tela que ficam dispostos por toda a rede hidráulica dos efluentes restando os materiais mais grosseiros e posteriormente por mais 9 caixas de decantação separadas por paredes de alvenaria interligadas por encanamento sifonado, impedindo com que partículas sólidas flutuantes passem de uma caixa para outra. Após essa retenção mais grosseira, o efluente é conduzido para um sistema chamado “BIOETE” (Estação de Tratamento de

Efluente Biológico), ao final o efluente líquido é conduzido a rede pública de esgoto obedecendo as normas estabelecidas pela concessionária. As caixas recebem manutenção de limpeza a cada 3 dias, sendo removido todo o conteúdo sólido e feita a higienização por meio de água pressurizada e posteriormente encaminhado para mesma empresa qual recolhe os resíduos não comestíveis como vísceras.

Estes efluentes provenientes de abatedouros possuem grande carga de sólidos em suspensão e sólidos sedimentáveis e uma DBO que fica entre 800 e 32.000 mgL⁻¹, podendo variar em função dos cuidados na operação e com o seu reaproveitamento (Braile; Cavalcanti, 1993). A DBO média dos efluentes líquidos da ASSAF gira em torno de 2.067 mgL⁻¹, sendo realizadas análises anuais.

3.2. Processo de Compostagem

A compostagem é um processo biológico aeróbio, exotérmico e controlado onde substratos orgânicos são decompostos por meio da ação de microrganismos, com liberação de gás carbônico (CO₂) e vapor de água, produzindo, ao final, um produto estável, rico em matéria orgânica e mais humificado, com propriedades e características diferentes do material que lhe deu origem (Kiehl, 1985; Kiehl, 2010; Reis, 2005).

Os mais antigos registros de uso de material orgânico animal e vegetal para melhorar a produção vegetal e agrícola, remonta a mais de 1.000 anos antes de Moisés no Vale da Mesopotâmia que foram observadas em placas de argila. Romanos e gregos também conheciam os processos e benefícios da compostagem, como também os chineses se utilizavam da técnica de compostagem para beneficiar sua agricultura (Pires, 2011).

A representatividade de 51,4% dos Resíduos Sólidos produzidos no Brasil é de natureza orgânica. Neste montante grande parte é passível de ser submetida a processos de compostagem, a qual é uma técnica relativamente simples e que demanda de pouco investimento financeiro considerando o grande benefício que este processo proporciona, obtendo adubos orgânicos com alto teor de nutrientes e substrato para crescimento e metabolismo de microrganismos benéficos ao solo, conseqüentemente aumentando a vida útil dos aterros sanitários com o desvio destes para a compostagem (ABRELPE, 2020).

A compostagem tem várias vantagens em relação à incineração e ao aterro, e é uma forma eficaz de solução para reciclar esses resíduos. Isso porque tem menor custo

operacional, reduz impactos ambientais e, mais importante, o produto final pode ser usado como adubo ou condicionador do solo (Li *et al.*, 2013). Esta técnica não só reduz a quantidade de resíduos enviados para aterros, como também contribui para a melhoria social, ecológica e econômica, sendo a melhor alternativa para o gestão e transformação de resíduos orgânicos.

Outro benefício que essa técnica apresenta, principalmente quando aplicada em escalas maiores, é a redução do potencial poluidor dos gases de efeito estufa, uma vez que o gás carbônico evoluído do processo aeróbio de compostagem é cerca de 20 vezes menos poluente que o metano emitido no processo anaeróbio convencional (O Eco, 2014).

Diante deste contexto, o PNRS (Lei 12.305/2010), no art. 36, inciso V, prevê a implantação de sistemas de compostagens de resíduos sólidos orgânicos (BRASIL, 2010), ficando evidente que os resíduos orgânicos não podem ser considerados simplesmente um rejeito.

3.2.1. Fases da compostagem

A primeira fase da compostagem (fase mesofílica) caracteriza o início da decomposição da matéria orgânica, liberando calor e vapor d'água, e formando ácidos. As temperaturas podem atingir 40°C e ter duração média de 2 a 5 dias. Durante a fase mesófila de aquecimento há predomínio de bactérias e fungos mesófilos produtores de ácidos (Oliveira *et al.*, 2008).

Na fase termofílica, ocorre a degradação ativa, quando o material atinge a temperatura superior a 40°C (podendo chegar a próximo de 70 °C) e as reações bioquímicas são muito intensas. A duração depende de fatores ambientais, natureza e quantidade dos resíduos, população microbiana e balanço de nutrientes. Bactérias, fungos e actinomicetos termofílicos predominam nessa fase.

Já a fase de maturação ou humificação caracteriza-se pelo período de estabilização, que produz um composto maturado, estabilizado e humificado, livre de toxicidade (o húmus). Essa fase pode durar entre 30 a 60 dias (Dores-Silva *et al.*, 2013; Carvalho, 2015).

3.2.2. Parâmetros de controle do processo de compostagem

A decomposição da matéria orgânica depende do tempo e de diversos fatores físico-químicos e biológicos. À medida que o controle da compostagem aumenta, aumentará

também a rapidez do processo. Porém, essa influência não ocorre apenas no tempo de decomposição, mas também na maturação e qualidade do composto. Os principais fatores estão relacionados à inibição e/ou desenvolvimento da atividade microbiana, tais como umidade, temperatura, o pH, relação C/N e aeração (Pedrosa *et al.*, 2013).

3.2.2.1. Microrganismos envolvidos no processo

Na compostagem, bactérias e fungos atuam ativamente nas diferentes etapas do processo. As bactérias decompõem compostos mais facilmente digeríveis, como açúcares e proteínas, atuando principalmente na fase termofílica do processo. Os fungos são menos numerosos, mas superiores em biomassa, sendo fundamentais por decomporem a celulose, facilitando a ação das bactérias. Os actinomicetos, são importantes na decomposição da celulose, hemicelulose e quitina, podendo degradar madeira, cascas e papel (Massukado, 2008).

3.2.2.2. Temperatura

A compostagem é um processo exotérmico de degradação de resíduos orgânicos, gerando calor em consequência da atividade microbiana (Kiehl, 1985). Assim, a temperatura é importante principalmente no que diz respeito à velocidade do processo de biodegradação do material e à eliminação dos possíveis patógenos presentes (Costa *et al.*, 2009). A manutenção da temperatura elevada (acima de 50 °C) no início do processo, bem como com um tempo de exposição suficiente, é fundamental para a eliminação de algumas espécies indesejáveis ao processo (Valente *et al.*, 2009).

A temperatura varia durante o processo de compostagem. A primeira fase, conhecida como mesofílica (de aquecimento), tem duração 15 dias e fornece condições necessárias para que o processo se inicie. Durante sua manutenção predominam temperaturas moderadas, entre 30 e 45°C. Por conta do metabolismo microbiano e consequente elevação da temperatura, os microrganismos mesofílicos tornam-se menos competitivos, permitindo assim uma maior proliferação dos microrganismos termofílicos. Dessa forma, atinge-se a fase termofílica, na qual o material atinge a temperatura máxima, geralmente maior que 55 °C (Valente *et al.*, 2009). É nessa fase que ocorre a máxima decomposição dos compostos orgânicos, sendo essa a fase mais longa da compostagem, podendo durar poucos dias a vários

meses, de acordo com as características químicas do material sendo compostado, sendo considerada uma fase de degradação ativa. Há formação de água metabólica e manutenção da geração de calor e vapor d'água (Pereira Neto, 2007).

Quando o substrato orgânico é em sua maior parte degradado, a temperatura volta a decair (fase mesofílica de resfriamento) e a população termofílica tende a ser desativada, fazendo com que a atividade biológica reduza significativamente e os microrganismos mesofílicos voltem a se instalar (Andreoli *et al.*, 2001). Esta é a fase de degradação das substâncias orgânicas mais resistentes e perdas mais intensas de umidade. Neste momento também se inicia o processo de humificação e maturação da matéria orgânica. Na última fase (maturação) a temperatura apresenta valor já próximo à temperatura ambiente e há a mineralização da matéria orgânica. Por consequência, o composto já apresenta propriedades físico-químicas e biológicas desejáveis à aplicação no solo (Kiehl, 2004; Inácio *et al.*, 2009).

O tempo que leva cada uma das fases varia de acordo com as características do material e das condições ambientais no processo (Barreira, 2005; Massukado, 2008).

3.2.2.3. Aeração

A aeração é um parâmetro fundamental no processo de compostagem, uma vez que os microrganismos precisam do oxigênio para as reações metabólicas, propiciando uma degradação mais rápida da matéria orgânica. Além disso, controla a temperatura e odores. Pode ser realizada de forma natural, por revolvimento, ou mecânica, por injeção de ar (Massukado, 2008).

3.2.2.4. Umidade

A umidade é um fator importante a ser controlado, uma vez que a água promove o transporte de nutrientes dissolvidos, imprescindíveis para as atividades metabólicas e fisiológicas dos microrganismos (Kiehl, 1985). A porcentagem ideal de umidade varia bastante conforme as condições do material compostado, o tamanho das partículas e o estágio de decomposição no qual a leira se encontra. Mesmo assim, sugere-se que o valor esteja entre 40-70% (Kiehl, 2004).

Valores de umidade inferiores a 40% reduzem a velocidade de degradação, pois não é suprida a quantidade de água necessária para as atividades microbianas. Valores superiores

a 60% proporcionam o desenvolvimento de condições anaeróbias, formação de lixiviados e odores e perda de nutrientes (Reis *et al.*, 2004; Vieira, 2016).

3.2.2.5. Relação Carbono/Nitrogênio (C/N)

Os microrganismos necessitam da presença de macro e micronutrientes para suas atividades metabólicas. Dentre os nutrientes utilizados, C e N são de extrema importância. O C é fonte de energia e unidade estrutural básica das moléculas orgânicas, promovendo o crescimento microbiano. O N é fundamental para a produção de proteínas, ácidos nucleicos, aminoácidos, enzimas e coenzimas (Batista; Batista, 2007).

A relação entre carbono e nitrogênio (C/N) é um índice utilizado para avaliar os níveis de maturação de materiais orgânicos (Valente *et al.*, 2009). Kiehl (2004) relata que valores entre 26/1 e 35/1 são considerados como favoráveis. Por outro lado, ainda de acordo com este autor, estudos realizados com diferentes fontes de resíduos da produção animal e vegetal apresentam uma variação grande na relação C/N inicial, de 5/1 até 513/1, indicando ser possível a ocorrência da compostagem mesmo em valores fora da faixa de relação ótima.

Durante o processo, é observada a redução da relação C/N em decorrência da oxidação da matéria orgânica pelos microrganismos (liberação de CO₂ pela respiração, diminuindo assim a concentração de C (Zhanga *et al.*, 2007).

3.2.2.6. Potencial hidrogeniônico (pH)

A degradação do material durante a compostagem é dependente da atividade microbiana presente em cada fase do processo. Neste sentido, o pH é fator interferente, uma vez que propicia a predominância de colonizações de microrganismos diferentes ao longo destas fases. Enquanto as bactérias envolvidas no processo preferem valores de pH neutros, os fungos se desenvolvem melhor em ambientes mais ácidos (Diaz *et al.*, 2007). O pH considerado ótimo para o desenvolvimento do processo está entre 5,5 e 8, uma vez que a maioria das enzimas se encontram ativas nesta faixa. Ao final do processo espera-se que o composto apresente pH entre 6 e 7, intervalo este em que os macronutrientes e micronutrientes estão mais disponíveis para a aplicação do composto no solo (Kiehl, 1985).

3.3. Condicionador de solo no cultivo de soja

Um condicionador de solo se trata de qualquer produto adicionado ao meio poroso (solo ou substrato orgânico) otimizando suas propriedades. A constante produção de resíduos urbanos trouxe a utilização destes resíduos de forma alternativa, eficaz e despoluidora como fonte de matéria orgânica para a obtenção de condicionadores. A produção constante e inesgotável desses materiais, aliada ao seu baixo custo de obtenção, tornam-nos atrativos para uso na agricultura, florestas e recuperação de áreas degradadas (Kämpf, 1999).

Obter uma boa relação entre o manejo agrícola, biodiversidade, clima e estrutura do solo é essencial para a produtividade da cultura da soja (*Glycine max*), cuja exigência em macronutrientes e água é alta, requerendo um ambiente cuidadosamente equilibrado para o seu desenvolvimento (Meyer *et al.*, 2019). A matéria orgânica do solo e seus agregados são indicadores da qualidade, contribuindo com o sinergismo entre minerais e vegetais, particularmente as argilas, componentes orgânicos e agentes biológicos. Estas interações favorecem a retenção de água e nutrientes, estimulando a microbiota e a cobertura vegetal, contribuindo para a consolidação física, química e biológica das áreas cultivadas (Lima, 2019).

Para uma melhor eficiência no aproveitamento dos nutrientes pelas plantas, em solos com baixa capacidade de retenção de nutrientes e baixos níveis de matéria orgânica, o uso de condicionadores de solo é fundamental para o incremento de matéria orgânica, o que induzirá a retenção de nutrientes e água no solo (Centeno *et al.*, 2017).

Conforme Souza (2020), o uso de condicionadores de solo compostos por matéria orgânica permite que microrganismos se adaptem e proliferem no solo, aumentando a biodiversidade que beneficia a produção na cultura da soja, tracionando vários indicativos vegetativos como melhor desenvolvimento de plântulas, aumento na arquitetura vegetal elevando o número de vagens e grãos por vagem, obtendo uma maior produtividade.

Pela importância econômica que a soja apresenta, esta foi a cultura escolhida para os experimentos com o condicionador de solo obtido no presente trabalho.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Obtenção e caracterização inicial dos resíduos

A primeira etapa do desenvolvimento do estudo foi a obtenção e caracterização físico-química e microbiológica dos resíduos de podas de árvores urbanas e de resíduo sólido e efluente do abatedouro, no município de Frutal/MG. O município localiza-se nas coordenadas geográficas 20° 1'29.00"S (Latitude) e 48°56'25.00"O (Longitude), fazendo divisa com o estado de São Paulo.

Os resíduos de podas urbanas (**PU**) foram fornecidos por uma empresa terceirizada pela prefeitura de Frutal, e não possuem dados de volume de podas por período para fornecimento neste trabalho, mas se indica que o período chuvoso (verão) há um maior volume de produção de massa vegetal e conseqüentemente maior volume de podas. Os resíduos do abatedouro municipal foram obtidos do próprio estabelecimento, denominado Associação dos Açougueiros de Frutal (ASSAF). Os resíduos sólidos provenientes do abatedouro foram: o resíduo formado por Conteúdo Gástrico das Carcaças (**CGC**) e o efluente do local (**EFLU**), proveniente da limpeza da área de matança e dos currais.

4.1.1. Análises físico-químicas dos resíduos

Logo após o início do tratamento, foram coletadas três amostras de cada ensaio e enviadas para o Laboratório LabiTech LTDA, localizado no município de Frutal/MG, para as análises físico-químicas. Foram determinados: pH, umidade, condutividade, sólidos, Carbono orgânico, Nitrogênio, relação C/N, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Molibdênio, Boro, Sódio, Ferro total, e os metais tóxicos: Crômio total, Chumbo, Zinco, Cádmio, Cobre e Níquel.

4.1.2. Análises microbiológicas dos resíduos

As análises microbiológicas dos resíduos foram realizadas no Laboratório de Microbiologia da UEMG unidade Frutal, sendo avaliadas presença e/ou quantificação de bactérias totais e enterobactérias (com determinação presuntiva de *E. coli* e *Salmonella*).

Foram coletados aproximadamente 100g de material de cada ensaio, levados em caixa de isopor com gelo até o laboratório. Foram pesados 10g de cada amostra, a qual foi diluída

em 90g de água peptonada a 0,1%, obtendo assim a diluição 10^{-1} . A partir desta, foram feitas as demais, por diluição seriada em tubos de ensaio, transferindo 1mL de cada diluição em 9mL de água peptonada, até a diluição 10^{-6} .

A contagem de bactérias aeróbias mesófilas foi feita por semeadura em profundidade em ágar padrão para contagem (PCA) e incubação a 35°C por 24 a 48 horas, sendo usado o método de contagem padrão em placa.

A contagem de enterobactérias foi feita por espalhamento em superfície de ágar MacConkey e incubação a 37°C por 24 a 48 horas. Os experimentos foram feitos em triplicata, sendo expressos como a média de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) por grama de resíduo.

Para a determinação presuntiva de *Salmonella* spp., inicialmente foi feito o enriquecimento seletivo. A solução da diluição inicial foi incubada a 42 °C por 24h. Após esse período, de acordo com Apha (2001), 1mL de cada amostra foi transferido para um tubo de ensaio contendo 10mL de tetracionato, que foi incubado a 42°C, durante 24 horas. A partir do caldo de enriquecimento seletivo, uma alçada foi utilizada para semeadura em superfície em duas placas, uma contendo Agar Salmonella Shigella (SS) e outra contendo Agar MacConkey, incubados novamente à 37° C por 24 horas (Brasil, 1993). Posteriormente, foram selecionadas colônias sugestivas de *Salmonella* ssp., sendo no Agar SS colônias incolores com centros pretos e no Agar MacConkey as colônias incolores com meio básico de cor palha.

4.2. Compostagem dos resíduos

O experimento de compostagem foi feito na Associação dos Açougueiros de Frutal (ASSAF). A ASSAF se trata de uma associação sem fins lucrativos onde sua atividade principal é o abate de animais de grande e médio porte (bovinos, bubalinos, suínos, caprinos e ovinos), com um abate médio mensal de 700 bovinos/mês, 200 suínos/mês e 50 ovinos/mês.

Os experimentos foram feitos em tambores de polipropileno (inerte) com capacidade de 200 litros, que foram dispostos em quatro fileiras com quatro colunas cada, totalizando 16 unidades (Figura 1). Ressalta-se que as tampas foram retiradas após o início dos ensaios.



Figura 1 – Recipientes onde foram feitos os ensaios de compostagem dos resíduos provenientes de podas urbanas e abatedouro

O **tratamento A**, ficou disposto de 120 litros de PU; o **tratamento B** conteve 60 litros de CGC e 60 litros de PU; o **tratamento C** apresenta-se com 40 litros de CGC, 40 litros de PU e 40 de EFLU; O **tratamento D** foi constituído de 60 litros de PU e 60 litros de EFLU. Todos dispostos de forma casualizadas entre linhas e colunas evitando que algum fator externo interfira no experimento (Tabela 1).

Tabela 1 – Tratamentos de compostagem de resíduos provenientes de podas urbanas e abatedouro, com os diferentes materiais avaliados

Tratamentos	PU	CGC	EFLU
A	100%	---	---
B	50%	50%	---
C	33,3%	33,3%	33,3%
D	50%	---	50%

PU: podas urbanas; CGC: conteúdo gástrico de carcaças; EFLU: efluente da lavagem do abatedouro

As PU's (Figura 2a) foram trituradas por meio de uma triturador motorizado a diesel de um cilindro da marca Búfalo (Figura 2b). Para o processo de trituração foram selecionados galhos com diâmetro inferior a 8 cm. O local de origem desta matéria prima foi a Praça Getúlio Vargas localizada no município de Frutal-MG nas coordenadas Lat. -20.023972° e

Lon. -48.931703°. O conteúdo coletado foi proveniente de várias espécies de plantas, deste gramíneas, arbustos, árvores e palmeiras.

a)



b)



Figura 2 – Podas urbanas utilizadas no processo de compostagem (a) e triturador dos resíduos de podas urbanas (b)

O CGC foi coletado diretamente após o abate dos animais, sendo importante relatar que ainda com temperatura pertinente a homeostasia ruminal, dando todas as condições da biota presente a se permanecer ativa e continuando o processo fermentativo da matéria orgânica existente. Este composto é alocado em um recipiente de metal (Figura 3), a partir do qual diariamente é encaminhado para uma propriedade rural e espalhada nas pastagens.



Figura 3 – Recipiente de armazenamento de conteúdo gástrico animal utilizado no processo de compostagem, nos tratamentos B e C

O EFLU foi coletado diretamente da primeira caixa de decantação, logo após a peneira de sólidos (Figura 4). Esta se apresentava com coloração turva e com presença de pequenos grumos, porém em grande quantidade. Este efluente foi coletado após o período de abate e no primeiro momento após a limpeza dos currais, tendo que estes grumos eram provenientes tanto da sanitização da sala de matança e adjacências como também da limpeza dos currais.



Figura 4 – Caixa de decantação de efluente do abatedouro utilizado no processo de compostagem, nos tratamentos C e D

O parâmetro utilizado para mensuração de cada componente dos ensaios foi um recipiente calibrado de 200 litros (Figura 5). Como os componentes apresentam densidades muito variáveis entre si, não foi possível utilizar o parâmetro de massa, ou seja, quilograma de cada componente. Para que houvesse homogeneização dos ensaios, procedemos equalização volumétrica, onde um ensaio inteiro, ou 100%, foi integrado de 6 vezes o volume de 20 litros, tendo um total de 120 litros de conteúdo para cada ensaio.



Figura 5 – Recipientes alocados com os diferentes tratamentos de compostagem de resíduos provenientes de podas urbanas e abatedouro

Após o acondicionamento dos componentes nos reatores, de acordo com as proporções citadas acima, o composto foi misturado com a utilização de uma broca mecanizada da marca Nagano modelo NP500S, potência 1.3 KW alça dupla de 52,7 cilindradas (Figura 6) a qual promovia a mistura de todo o composto, movendo o material inferior para a superfície com movimento de rotação e translação, ocasionando uma mistura bem homogênea do composto, sendo revolvido a cada 3 dias.



Figura 6 – Equipamento utilizado para revolver o material na compostagem de resíduos provenientes de podas urbanas e abatedouro

Durante todo o processo de compostagem, foi avaliada a temperatura individual de cada ensaio por meio de um termômetro digital com 15 cm de comprimento. Para aferir a temperatura, foi introduzido a haste até o final de seu comprimento e esperado por cerca de 2 minutos até a temperatura no visor se estabilizar e assim realizando o registro da temperatura.

Após a finalização do processo de compostagem (85 dias), os materiais compostados foram avaliados novamente quanto às suas características físico-químicas e microbiológicas, conforme metodologia exposta nos itens 3.1.1 e 3.1.2, respectivamente, visando estabelecer as suas propriedades após o processo de compostagem.

4.3. Ensaio de germinação de sementes de soja utilizando o material compostado proveniente do melhor tratamento encontrado

O condicionador que apresentou as melhores características foi selecionado para os ensaios com sementes de soja, seguindo a metodologia proposta por Olszyk *et al.* (2018), com algumas adaptações. Para tanto, as sementes de soja foram germinadas em caixas de acrílico transparente (11 x 11 x 3,5 cm) contendo papel mata-borrão, solo e tampas plásticas de acrílico. Um total de 25 sementes, em triplicata, foram distribuídas sobre o papel mata-borrão, obedecendo um padrão uniforme de 5 x 5 (Emino; Warman 2013; Gascó *et al.* 2016).

As sementes foram cobertas com 15 g de areia umedecida com água destilada, suficiente para manter a umidade em 60% da máxima capacidade de retenção de água. Esses

procedimentos foram repetidos, adicionando-se à areia o equivalente a 1, 3 e 5 Ton./ha do composto condicionador de solo. As caixas foram mantidas em câmara de crescimento a 25 °C em regime alternado de 12 h de luz. Aos 5 dias após o início do experimento, determinou-se o número de sementes germinadas e aos 8 dias o comprimento médio da radícula por caixa.

A biomassa fresca das plântulas foi determinada em balança semi-analítica. Para biomassa seca, as plântulas obtidas foram secas em estufa com ventilação forçada a 40° C e posteriormente pesadas.

Os resultados de índice de germinação, crescimento médio das radículas, massa fresca e massa seca dos ensaios de germinação, foram submetidos à análise de variância, sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Parâmetros físico-químicos dos resíduos avaliados nos diferentes tratamentos

Inicialmente, os resíduos e o efluente avaliados nos diferentes tratamentos foram avaliados em relação à sua composição química e à parâmetros físico-químicos. Os resultados estão dispostos na Tabela 2 previamente ao tratamento, quais estão citados abaixo e pós-tratamento na Tabela 3, onde serão discutidas as transformações dos resultados obtidos.

Pode ser observado que o pH inicial dos tratamentos variaram entre 6,22 e 6,77 que se mostra como bons resultados para pH, mediante à sua futura intenção de uso como condicionador de solo, não acidificando solos quais necessitam de um pH entre 6 e 7 para uma boa resposta aos vegetais (Embrapa, 2010).

A umidade variou de 22,04% a 66,89%, o baixo valor de umidade determinado inicialmente no material formado apenas por podas urbanas, pode ser devido ao fato de que as podas não retem muito líquido e, dessa forma, a água tende a ir para o fundo. Essa foi uma dificuldade para esse material, uma vez que, mesmo homogeneizando, é difícil manter uma umidade homogênea em todo o material.

A condutividade variou de 1,64 a 2,26 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e o teor de sólidos variou de cerca de 33% nos tratamentos B e C, 77,3% e 74,53% nos tratamentos A e D, respectivamente. A condutividade elétrica do solo é influenciada pelo tipo e o teor de argila, além de pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , matéria orgânica (MO), P, K, capacidade de troca de cátions (CTC) e sais solúveis (Aimrun *et al.*, 2009).

A relação C/N verificada nos tratamentos variou de 9,64 (D) a 16,9 (B). Com relação aos elementos químicos avaliados, verificou-se que o tratamento A continha maior quantidade de Potássio, Ferro e Cobre que os demais. O tratamento B apresentou valores mais elevados de Carbono Orgânico, Fósforo, Ferro Total e Zinco. O tratamento C apresentou maiores quantidades de Nitrogênio e Molibdênio, enquanto o tratamento D mostrou maiores valores de Cálcio e Magnésio. Não foi detectada presença de Sódio, Crômio, Chumbo, Cádmio e Níquel em nenhum dos tratamentos avaliados.

Tabela 2 – Caracterização físico-química dos resíduos provenientes de podas urbanas e abatedouro avaliados em cada ensaio, antes do processo de compostagem

Parâmetros	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D
pH	6,22	6,78	6,68	6,24
Umidade (%)	22,05	66,89	66,42	25,43
Condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	1,64	2,08	2,26	1,86
Sólidos (%)	77,93	33,10	33,64	74,53
Carbono orgânico (%)	4,37	6,22	5,53	5,48
Nitrogênio (%)	0,34	0,41	0,55	0,39
Relação C/N	12,72	16,90	10,20	9,65
Fósforo (mol/dm^3)	0,29	0,34	0,33	0,19
Potássio (mol/dm^3)	0,808	0,70	0,63	0,75
Cálcio (mol/dm^3)	0,77	0,71	0,76	0,87
Magnésio (mol/dm^3)	0,08	0,08	0,11	0,33
Molibdênio (mg/kg)	0,001	0,002	0,037	ND
Boro (mg/kg)	1,58	1,72	1,36	0,96
Sódio (mol/dm^3)	ND	ND	ND	ND
Ferro total mg/kg)	22,32	21,72	14,51	14,02
Crômio total (mg/kg)	ND	ND	ND	ND
Chumbo (mg/kg)	ND	ND	ND	ND
Zinco (mg/kg)	2,17	5,58	3,92	1,89
Cádmio (mg/kg)	ND	ND	ND	ND
Cobre (mg/kg)	0,854	0	0,00033	0,35
Níquel (mg/kg)	ND	ND	ND	ND

ND: não detectado

5.2. Temperatura e tempo de compostagem

Conforme pode ser observado na Figura 7, a temperatura no tratamento A aumentou já na primeira semana, porém o máximo valor obtido foi de 44 °C. Após esse período, a temperatura decaiu, ficando em torno de 30 °C por todo o período restante até a última verificação. Já no tratamento B, verifica-se que a temperatura se manteve praticamente constante a 30 °C na primeira semana, mas rapidamente subiu, atingindo o valor máximo de 53 °C após 8 dias. A partir desse período, a temperatura manteve-se acima de 35 °C por cerca de 12 dias, período a partir do qual caiu, variando entre 25 °C e 34 °C, até o final do processo (85 dias).

Miyatake e Iwabuchi (2006) correlacionaram a temperatura e a atividade microbiana na compostagem de esterco de bovinos leiteiros. Observou-se elevação da temperatura de 20° C para 70° C, atribuído ao aumento do número de microrganismos mesófilos quando a temperatura atingiu 40 °C e a elevação da população de microrganismos termófilos a 60 °C.

Resultados distintos foram obtidos com os tratamentos C e D, nos quais as temperaturas máximas obtidas foram de 32 °C (tratamento C) e 34,7 °C (tratamento D), indicando assim pouca atividade microbiana, o que sugere que o processo de compostagem não ocorreu de maneira efetiva, já que não alcançaram temperatura de fase termofílica.

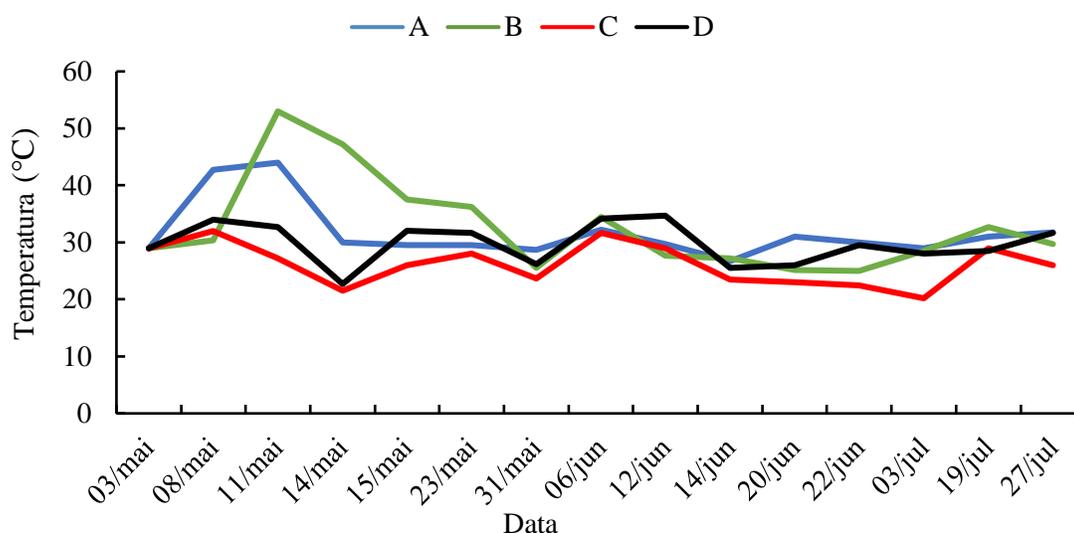


Figura 7 – Temperatura dos resíduos avaliados, ao longo do processo de compostagem. A: 100% PU; B: 50% PU + 50% CGC; C: 33,33% PU + 33,33% CGC + 33,33% EFLU; D: 50% PU + 50% EFLU

O tempo de compostagem no presente trabalho foi avaliado especialmente por conta da observação de coloração escura do composto formado no tratamento B, sendo que isto foi atingido após 85 dias de compostagem dos resíduos. Esse resultado é muito similar ao encontrado por Rodrigues *et al.* (2015), em um trabalho com compostagem de resíduos orgânicos no município de Frederico Westphalen/RS. De acordo com os autores, o tempo de compostagem, avaliado com base na coloração escura foi de 84 dias no composto de resíduo orgânico de restaurante universitário, 90 dias nos compostos com resíduo de cama de frango, lodo de processo de flotação e dejetos sólidos bovinos. Ainda de acordo com os autores, este

tempo do processo ficou próximo ou igual ao tempo ideal recomendado por Oliveira, Aquino e Castro Neto (2005), que é entre 60 e 110 dias.

5.3. Parâmetros físico-químicos do material formado após a compostagem dos resíduos provenientes do tratamento B

Após o período de compostagem, as mesmas variáveis foram avaliadas, porém agora apenas no tratamento que apresentou o melhor resultado em relação à compostagem (Tratamento B). Neste, obteve-se resultados mais típicos do processo de compostagem, especialmente os relacionados à obtenção de uma fase termofílica.

Foi observado que houve algumas alterações nos resultados físico-químicos em diversos parâmetros avaliados no tratamento que apresentou os melhores resultados em relação a características de compostagem (tratamento B). Houve elevação do pH de 6,78 para 6,93 (Tabela 3), corroborando com resultados relatados por Sharma *et al.* (1997), Jahnel *et al.* (1999) e Dai Prá (2006), que citam que os ácidos orgânicos e os traços de ácidos minerais que se formam durante a compostagem, reagem com bases liberadas da matéria orgânica, gerando compostos de reação alcalina.

Com relação à umidade, o Tratamento B teve uma redução de 13,72% saindo de 66,89% para 57,71%. (Tabela 3). Margesin *et al.* (2006) estudaram a atividade biológica durante a compostagem de lodo de esgoto e verificaram que a redução do teor de umidade prejudicou a atividade metabólica dos microrganismos, afetando assim diretamente a temperatura, justificando o curto período da fase termofílica da compostagem deste tratamento.

Os sólidos aumentaram em 27,73%, alterando de 33,01% para 42,28% (Tabela 3), esta característica é inversamente proporcional ao que acontece com a umidade, pois nota-se quase que simetricamente suas interações somam uma unidade inteira. Verificando a umidade obtida pós compostagem de 57,71% e com a soma dos sólidos chegou-se a 99,99%.

Observando a relação C/N do Tratamento B, nota-se a redução de 25,73%, alternando de 16,9/1 para 12,55/1 (Tabela 3). Verificou-se que a relação C/N estava baixa no início e, dessa forma, esse é um parâmetro que necessitará de ajustes para possíveis estudos posteriores. De acordo com Kiehl (2001), a relação C/N inicial deve estar entre 25:1 a 35:1. De acordo com o autor, a relação C/N influencia o tempo de maturação do composto, uma

vez que quando a relação for muito elevada, o tempo de compostagem será maior pois faltará N para os microrganismos, e quando for muito baixa, o excesso de N será eliminado pelos microrganismos na forma de amônia.

Já com relação ao valor da relação C/N encontrada ao final do processo, o resultado obtido corrobora resultados de muitos trabalhos. Imbar, Che e Hadar (1990) verificaram nos primeiros 60 dias de compostagem de resíduos das indústrias alimentícias que a relação C/N reduziu de 27/1 para 10/1. Lima (2006), ao avaliar a compostagem de diversos materiais como o bagaço de cana, cinza de bagaço de cana e o esterco de galinhas poedeiras em tubos perfurados, com capacidade de 60 litros, com e sem adição de minerais, verificou aos 120 dias de compostagem que seus tratamentos atingiram uma relação C/N variando entre 11/1 e 14/1. De acordo com Cooper *et al.* (2010), ao final do processo de compostagem, na fase de maturação do composto, quando a temperatura diminui e se estabiliza, a relação C/N desta fase apresenta valores em torno de 10 a 12/1.

Já em relação às alterações químicas, foram observadas as seguintes alterações: no Carbono orgânico houve um aumento de 5,78% saindo de 6,22% para 6,58%.

Em relação ao Nitrogênio, houve aumento de 29,26% chegando ao final do tratamento com 0,53%, contribuindo com a hipótese de fixação do nitrogênio durante o processo de compostagem, conforme descrito por Berton *et al.* (2021).

Quanto ao Fósforo, houve um expressivo aumento do seu teor após a compostagem, aumentando seus níveis em 50%, saindo de 0,34 para 0,51 (mol/dm³). Em se tratando de um elemento tão importante para a nutrição vegetal, esse resultado é interessante sob o ponto de vista de sua aplicação. De acordo com Iniu (2009), bactérias solubilizadoras de Fósforo o disponibiliza, não sendo mais imobilizado nas partículas do composto, fazendo com que a planta absorva este fósforo e aumente sua produtividade.

Potássio também se mostrou com um aumento de 92,85% atingindo 1,35 (mol/dm³). Resultados similares foram encontrados por Fiori *et al.* (2008) e Da Silva (2016), que relataram que os teores de potássio aumentaram no final da compostagem de resíduos agroindustriais. De acordo com os autores, o potássio que se encontrava na forma orgânica foi mineralizado com o tempo, deixando o elemento mais disponível no composto.

Cálcio apresentou um acréscimo de 32,39% saindo dos iniciais 0,71 para 0,94 (mol/dm³); Magnésio também teve um aumento de 50% de sua concentração atingindo 0,12

(mol/dm³) ao final da compostagem; O Molibdênio atingiu acréscimos de 350% comparado ao início da compostagem saindo de 0,002 para 0,07 (mg/kg); Boro teve um aumento de 10,46%; Ferro houve uma diminuição de 5,06 % chegando a 20,62 (mg/kg) ao final da compostagem; O Zinco obteve uma redução de 44,26% ao final da compostagem com 3,11 (mg/kg) (Tabela 3).

Os demais elementos como Sódio e metais pesados (Crômio, Chumbo, Cádmiu, Cobre e Níquel) não foram detectados em nenhuma das análises realizadas, tanto no pré-compostagem como no pós-compostagem (Tabela 3).

Tabela 3 – Caracterização físico-química do composto formado pelo tratamento B, pré e pós compostagem de 85 dias

Parâmetros	Pré-compostagem	Pós-compostagem
pH	6,78	6,93
Umidade (%)	66,89	57,71
Condutividade (μS.cm ⁻¹)	2,08	2,08
Sólidos (%)	33,10	42,28
Carbono orgânico (%)	6,22	6,58
Nitrogênio (%)	0,41	0,53
Relação C/N	16,90	12,55
Fósforo (mol/dm ³)	0,34	0,51
Potássio (mol/dm ³)	0,70	1,35
Cálcio (mol/dm ³)	0,71	0,94
Magnésio (mol/dm ³)	0,08	0,12
Molibdênio (mg/kg)	0,002	0,07
Boro (mg/kg)	1,72	1,90
Sódio (mol/dm ³)	ND	ND
Ferro total mg/kg)	21,72	20,62
Crômio total (mg/kg)	ND	ND
Chumbo (mg/kg)	ND	ND
Zinco (mg/kg)	5,58	3,11
Cádmiu (mg/kg)	ND	ND
Cobre (mg/kg)	ND	ND
Níquel (mg/kg)	ND	ND

ND: não detectado.

5.4. Parâmetros microbiológicos

Conforme pode ser observado na Tabela 4, nos tratamentos C e D não foi possível enumerar a quantidade exata de UFC/g de bactérias mesófilas na pré compostagem, uma vez que as contagens foram superiores a 300 colônias mesmo na maior diluição utilizada (10^{-6}). Verifica-se que isso ocorreu nos tratamentos em que há presença do efluente do abatedouro (Tabela 4), indicando elevada presença de bactérias mesófilas neste material. Os tratamentos A e B apresentaram quantidades menores, porém elevadas (acima de 10^6 UFC/g), desse grupo de microrganismos (Tabela 4). A contagem pós-tratamento mostrou que o composto B teve um grande aumento de UFC.g⁻¹ tendo que não foi possível determinar sua contagem, mostrando que o processo elevou sua população.

Segundo trabalho de Symanski (2005), após o final da fase termofílica, que se caracterizam por altas temperaturas, é evidenciado uma recolonização de microrganismos mesofílicos em meio ao composto, o que explica a baixa variação populacional ou até mesmo como está demonstrado na Tabela 4, um aumento de população destas bactérias.

Tabela 4 – Mensuração de bactérias mesófilas nos tratamentos avaliados pré e pós compostagem, dos resíduos provenientes de podas urbanas e abatedouro, no município de Frutal/MG

Tratamentos	Pré compostagem - Bactérias mesófilas (valores das médias em UFC.g ⁻¹)	Pós compostagem - Bactérias mesófilas (valores das médias em UFC.g ⁻¹)
A	1,77.10 ⁷	Não realizado
B	5,57.10 ⁶	Incontáveis
C	Incontáveis	Não realizado
D	Incontáveis	Não realizado

* Os valores observados foram >3,0.10⁸ UFC/g.

Na determinação de enterobactérias, verificou-se que a quantidade de bactérias desse grupo foi elevada em todos os tratamentos (valores acima de 10^7 UFC.g⁻¹) (Tabela 5). Esta análise foi feita com o objetivo de verificar a quantidade inicial e ao final do processo de compostagem, observando que o composto B, único que apresentou temperaturas em fase termofílica, reduziu em 23% o número de sua população.

Como Araújo (2011) também verificou em suas análises que mesmo com utilização de substâncias que reduziriam a população destas bactérias, como a cal, ficou evidenciado

que ainda havia grande quantidade de colônias de enterobactérias em suas compostagens avaliadas, sugerindo mais estudos para se obter melhores eficiência nestes tratamentos.

Tabela 5 – Mensuração de Enterobactérias nos tratamentos avaliados pré e pós compostagem, dos resíduos provenientes de podas urbanas e abatedouro, no município de Frutal/MG

Tratamentos	Pré compostagem - Enterobactérias (valores das médias em UFC.g ⁻¹)	Pós compostagem - Enterobactérias (valores das médias em UFC.g ⁻¹)
A	3,32.10 ⁷	Não realizado
B	1,49.10 ⁷	1,14.10 ⁷
C	3,17.10 ⁷	Não realizado
D	3,31.10 ⁷	Não realizado

Visando especificar se nos materiais avaliados com presença de enterobactérias poderia haver a presença de *Salmonella* spp. e *Escherichia coli*, foi feito um teste presuntivo em relação a estas duas bactérias. Verificou-se que, em todos os tratamentos avaliados ocorreu a presença presuntiva destas bactérias. Esse resultado já era esperado para os tratamentos com resíduos e efluente do abatedouro. Por outro lado, em certo ponto surpreende em relação ao tratamento A, que contém somente resíduos de podas urbanas foi observado a maior presença de enterobactérias. Uma hipótese para essa presença é que fezes de aves estariam juntas ao material vegetal triturado (Tabela 6).

Tabela 6 – Teste presuntivo para *Salmonella* spp. e *Escherichia coli*. nos tratamentos avaliados pré e pós compostagem, dos resíduos provenientes de podas urbanas e abatedouro, no município de Frutal/MG

Tratamentos	Teste presuntivo pré-compostagem		Teste presuntivo Pós-compostagem	
	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i> ssp.	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i> ssp.
A	Presença	Presença	Não realizado	Não realizado
B	Presença	Presença	Presença	Presença
C	Presença	Presença	Não realizado	Não realizado
D	Presença	Presença	Não realizado	Não realizado

Referente ao Tratamento B, que foi escolhido para utilização como condicionador de solo, foi confirmado a presença de enterobactérias pós-compostagem, porém com uma

redução de 23,48% em UFC.g⁻¹, demonstrando certa eficiência positiva em relação ao processo de compostagem por tal tratamento (Tabela 6).

O processo de compostagem não foi eficiente para eliminar a presença de bactérias patogênicas como *Escherichia coli* e *Salmonella* ssp. por não ter atingido uma temperatura muito elevada na fase termofílica do processo. Para tal feito, a temperatura na fase termofílica teria que se manter entre 65 a 70 °C por um período de 10 a 15 dias (Melo, 2014). A Resolução CONAMA 481 de 2017 estabelece que a temperatura para redução de agentes patogênicos seja superior a 60°C por um período mínimo de 3 dias (BRASIL, 2017), o que não ocorreu no presente trabalho. Este resultado é similar ao relatado por Bersan, Kelmer e Almeida (2022), em um trabalho de compostagem de resíduos orgânicos em composteiras domésticas.

Mesmo com a utilização de resíduos animais na agricultura como uma alternativa sustentável, ela precisa ser ambientalmente segura. É fundamental o uso de tratamentos que garantam sua sanitização. Que possa fornecer uma qualidade e segurança na utilização desses resíduos, evitando a disseminação de bactérias patogênicas e conseqüentemente, prevalecendo a saúde pública. Vários estudos mostram que ainda é necessário que técnicas adicionais garantam a redução dos coliformes termotolerantes até o limite máximo estabelecido para agricultura orgânica, como a solarização (Ozdemir *et al.*, 2020).

Souza *et al.* (2019) relataram que a manutenção da temperatura elevada (superior a 50°C) por mais de 45 dias permitiu a destruição dos patógenos em processo de compostagem de resíduos animais).

5.5. Testes de germinação, crescimento de radículas e biomassa de soja

Os testes realizados em laboratório utilizando caixa Gerbox com o uso de Condicionador de Solo do “Tratamento B” pós-compostagem em sementes de soja demonstraram que o Índice de Germinação, Biomassa Fresca das Radículas e Biomassa Seca das Radículas não apresentaram diferença estatísticas em nenhum dos tratamentos realizados (Tabela 7).

Tabela 7 – Germinação de sementes de soja na presença de condicionador de solo obtido do Tratamento B, com 5 dias; Crescimento Médio da Radícula, Biomassa Fresca das Radículas e Biomassa Seca das Radículas, com 8 dias, nas concentrações de 1, 3 e 5 Ton/hectare

Tratamentos	(a) Índice de Germinação (%)	(b) Crescimento Médio da Radícula (cm)	(c) Biomassa Fresca das Radículas (g)	(d) Biomassa Seca das Radículas (g)
Controle	86,66a	9,21a	12,36a	3,01a
1 Ton./ha	92,00a	9,03a	12,92a	3,33a
3 Ton./ha	92,00a	7,60b	11,88a	3,29a
5 Ton./ha	94,66a	4,61c	10,59a	3,35a
DMS(5%)	12,4485	1,24	2,41	0,51

(a) Índice de Germinação (%) de sementes cultivadas por 5 dias, (b) Crescimento Médio da Radícula (cm) após 8 dias, (c) Biomassa fresca (g) após 8 dias, (d) Biomassa seca das radículas (g) de plântulas de soja cultivadas por 8 dias, em areia com diferentes doses do composto, obtido do Condicionador de Solo oriundo do Tratamento B no processo de compostagens. Letras minúsculas iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Apenas o teste de Crescimento Médio Relativo da Radícula apresentou diferença estatística, com os tratamentos utilizando 3 Ton./ha e 5 Ton./ha de condicionador de solo causando diminuição no crescimento. No controle (sem condicionador) e no tratamento com 1 Ton./ha de condicionador, não houve diferença estatística (Tabela 7).

Assim, os resultados indicam que o composto pode ser utilizado na proporção de 1 Ton./ha, uma vez que não provocou diminuição de nenhum dos parâmetros avaliados e, conforme descrito anteriormente, o composto apresentou consideráveis níveis de Nitrogênio, Fósforo e Potássio.

A figura 8 ilustra visualmente os resultados obtidos, com fotos obtidas de uma repetição de cada tratamento avaliado.

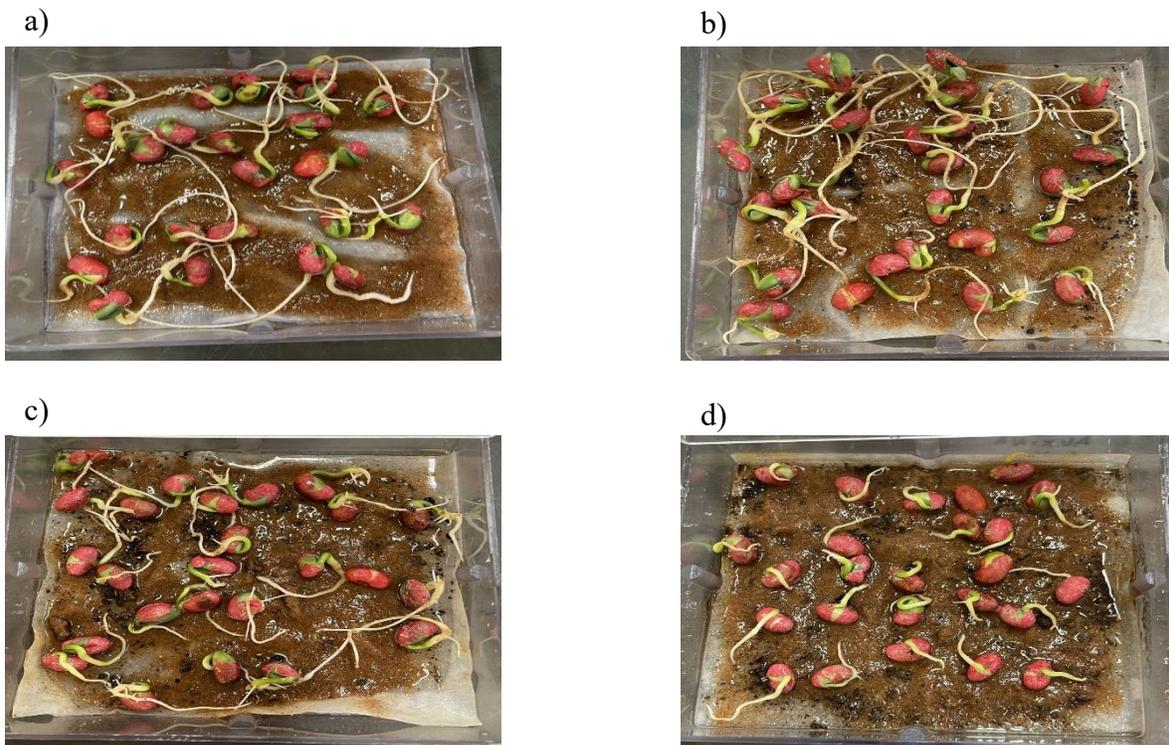


Figura 8 – Visualização dos resultados obtidos em cada tratamento, com o uso de diferentes concentrações do condicionador de solo obtido por compostagem de resíduos de abatedouro e de podas urbanas, no cultivo de sementes de soja. a) Controle; b) 1 Ton./ha; c) 3 Ton./ha; d) 5 Ton./ha

Em um estudo realizado por Magalhães (2017), o autor mostra que a produtividade em sistemas orgânicos de cultivo de soja tende a atingir máxima eficiência a partir do quarto ano de cultivo, sendo favorecido pela presença de detritos orgânicos, maior umidade e o processo de absorção dos nutrientes pelas plantas se dá a partir da decomposição e mineralização da matéria orgânica, a qual ocorre de forma lenta e tem efeito duradouro, melhorando o carbono no solo e condições físicas. Dessa forma, demonstra que os efeitos benéficos do uso de condicionadores de solo necessitam ser avaliados por um período de tempo de maior escala.

6. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que o tratamento com maior potencial de aplicação em compostagem dos resíduos é o tratamento B (composto por 50% de podas urbanas e 50% de conteúdo gástrico), pois foi o único que apresentou temperatura de fase termofílica.

O composto também apresentou condições físico-químicas compatíveis com um condicionador de solo formado via compostagem. Por outro lado, ainda apresenta a presença de bactérias potencialmente patogênicas. Assim, em outros possíveis experimentos futuros, torna-se necessário adequar as condições iniciais do processo, visando maximizar a atividade microbiana e conseqüentemente obter temperaturas mais elevadas e por um período maior, visando a eliminação destas bactérias.

Fica evidenciado que o composto obtido do Tratamento B na dosagem de 1 Ton/ha se mostra o mais promissor em testes de laboratório, abrindo possibilidade para testes em campo, no cultivo de soja, uma vez que apresentou a propriedade de enriquecimento do solo com nutrientes como Nitrogênio, Fósforo e Potássio, sem apresentar fitotoxicidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2012**. São Paulo. 2013.
Disponível em: <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2012>. Acesso em: 12 ago. 2022.
- ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. São Paulo. 2020.
Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE.
Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2020>. Acesso em: 17 out. 2022.
- AGARWAL, A.; SINGHMAR, A.; KULSHESTHA, M.; MITTAL, A. K. Municipal solid waste recycling and associated markets in Delhi, India. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 44, n. 1, p. 73-90, 2005.
- ALCÂNTARA, H. P.; PORTO F. G. M. **Uso de extrato de algas e aminoácidos na agricultura brasileira**. Circular técnica, Instituto de Ciências da Saúde, Agrárias e Humanas (ISAH). Araxá –MG: ISAH, 2019.
- ANDREOLI, C. V.; FERREIRA, A. C.; CHERUBINI, C. TELES, C. R.; CARNEIRO, C.; FERNANDO, F. **Higienização do Lodo de Esgoto**. In: ANDREOLLI, C. V. Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final. Rio de Janeiro: ABES, 2001.
- ARAÚJO, M. G. C. **Controle microbiológico e atividade enzimática em compostagem de resíduos de poda de árvores e lodo de esgoto**. 2011. 79p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10004/04: Resíduos Sólidos – Classificação**. São Paulo, ABNT, 2004.
- BARNEWITZ, A. **Poda da arborização urbana: ultraje ao ambiente e à sustentabilidade da cidade**. 2006. (Entrevista ao Ministério Público do Rio Grande do Sul). Disponível em: <http://www.mp.rs.gov.br/ambiente/doutrina/id16.html>. Acesso em: 13 nov. 2022.
- BARREIRA, L. P. **Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção**. 2005. 204p. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- BATISTA, J. G. F.; BATISTA, E. R. B. **Compostagem: Utilização de compostos em horticultura**. Universidade dos Açores, Centro de Investigação e Tecnologias Agrárias dos Açores, 2007.

BELO, S. R. S. **Avaliação de fitotoxicidade através de *Lepidium sativum* no âmbito de processos de compostagem**. 2011. 79 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Ciências e Tecnologias, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.

BERSAN, J. L. M.; KELMER, G. A. R.; ALMEIDA, J. R. Avaliação da qualidade nutricional de composto orgânico produzido com resíduos provenientes de composteiras domésticas. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 10, n. 2, p. 240-258, 2022.

BERTON, R. S.; CHIBA, M. K.; COSCIONE, A. R.; ABREU, M. F.; NASCIMENTO, A. L. **Compostagem para fins agrícolas**. Campinas/SP: Instituto Agronômico de Campinas, 2021. 116 p

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J.; EDUARDO, W. A. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais**. São Paulo, CETESB, 1993.

BRANCO, S. M. **Água e o homem**. In: Hidrologia Ambiental. v. 3, São Paulo: Edusp. 1999.

BRAGA, F. F. V. **Tratamento de efluentes líquidos em frigorífico**. 2010. 54 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Gestão Ambiental) – Universidade Cândido Mendes, Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL. Ministério Do Meio Ambiente. **Gestão de resíduos orgânicos**. 2010. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuossolidos/gest%C3%A3o-de-res%C3%ADduosorg%C3%A2nicos>. Acesso em 16 Maio 2023.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 15 mar. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 481, de 3 de outubro de 2017**. Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2017b. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=728>. Acesso em: 12 de dez. 2023.

BUTU, A. W.; MSHELIA, S. S. Municipal solid waste disposal and environmental issues in Kano metropolis, Nigéria. **British Journal of Environmental Sciences**, v. 2, n. 2, p. 10-26, 2014.

CAMPOS, A. L. O.; BLUNDI, C. E. **Avaliação de matéria orgânica em compostagem: metodologia e correlações**. In: Gestión ambiental en el siglo XXI. Lima. Anais eletrônicos APIS, 1998. p 1-17.

CARVALHO, C.R.B. **Compostagem de resíduos verdes e orgânicos alimentares**. 2015. 90p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de pós-graduação e pesquisa de engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

CECCHETTO, C. T.; CHRISTMANN, S. S.; OLIVEIRA, T. D. **Arborização Urbana: Importância e Benefícios no Planejamento Ambiental das Cidades**. XVI Seminário Internacional de Educação no Mercosul. 2013. p. 6-8.

CENTENO, L. N; GUEVARA, M. D. F; CECCONELLO, S. T; SOUSA, R. O. D.; TIMM, L. C. Textura do solo: conceitos e aplicações em solos arenosos. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 4, n. 1, p. 31-37, 2017.

CONGRESSO CONSAD DE GESTÃO PÚBLICA: **ARRANJOS INTERFEDERATIVOS: NOVA INSTITUCIONALIDADE**. 2017. Brasília. Arranjo Colaborativo Entre Estado e Município em Políticas de Saneamento Básico: O Caso da Parceria Público-Privada Para Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos de Minas Gerais. Brasília: SRTVS, 2017. 2 p.

COOPER, M.; ZANON, A.R.; REIA, M.Y.; MORATO, R.W. **Compostagem e reaproveitamento de resíduos orgânicos agroindustriais: teórico e prático**. Piracicaba: ESALQ – Divisão de biblioteca, 2010. 35p: il. (Série Produtor Rural, Edição Especial).

COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; DECARLI, L. D.; PELÁ, A.; SILVA, C. J.; MATTER, U. F.; OLIBONE, D. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p.100-107, 2009.

DAI PRÁ, M. A. **Desenvolvimento de um sistema de compostagem para o tratamento de dejetos de suínos**. 2006. 127p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2006.

DAL BOSCO, T. C.; GONÇALVES, F.; ANDRADE, F. C.; JUNIOR, I. T.; SILVA, J. S.; SBIZARRO, M. **Compostagem e Vermicompostagem de Resíduos Sólidos**. Resultados de Pesquisas Acadêmicas, 2017. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, p. 20-40, 2017.

DA SILVA, A. S. F. **Avaliação do processo de compostagem com diferentes proporções de resíduos de limpeza urbana e restos de alimentos**. 2016. 48p. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Energéticas e Nucleares) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE. 2016.

DORNELLES, F. **Análise da gestão dos tratamentos dos efluentes gerados nos abatedouros de bovinos de São Luiz Gonzaga**. 2009. 103f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

DIAS, O. A.; AGUIAR, F. S. Identificação e Avaliação dos Impactos Ambientais e suas Medidas Mitigadoras de um Abatedouro de Bovinos. **Revista Intercâmbio**, v. 7, p.36-53, 2016.

DIAZ, L.F.; SAVEGE, G.M. **Factors that affect the process**. In: DIAZ, L.F.; DE BERTOLDI, M.; BIDLINGMAIER, W. *Compost Science and Technology*. 1ed. Stentiford, p.49-56, 2007.

DORES-SILVA, P. R.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. O. Processo de estabilização de resíduos orgânicos. Vermicompostagem versus compostagem. **Química Nova**, São Paulo, v.36, n.5, p.640-645, 2013.

EMBRAPA. Conceitos de Fertilidade do Solo e Manejo Adequado para as Regiões Tropicais. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Campinas-SP, v. 8, p. 10, 2010.

EMINO, E. R.; WARMAN, P. R. Biological assay for compost quality. **Compost Science & Utilization**, v. 12, p. 342-348, 2013.

ESPINOZA, M. W.; PAZ, A. M. A. S; RIBAS, M. L. O.; SANGOI, R. F.; BURSZTEJN, S. **Índices para o Cálculo Simplificado de Cargas Orgânicas e Inorgânicas Presentes em Efluentes Industriais**. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre-RS, AIDIS/ABES: 1998.

FINATTO, J.; ALTMAYER, T.; MARTINI, M. C.; RODRIGUES, M.; BASSO, V.; HOEHNE, L. A importância da utilização da adubação orgânica na agricultura. **Revista Destaques Acadêmicos**, v.5, n.4, p.85-93, 2013.

FIORI, S. G. M; SHOENHALS, M.F; FALLADOR, C. A. F. Análise da evolução tempo-eficiência de duas composições de resíduos agroindustriais no processo de compostagem aeróbia. **Revista Engenharia Ambiental**, v. 5, n. 3 p. 172-190, 2008.

FORESTI, E.; FLORÊNCIO, L.; VAN HAANDEL, A.; ZAIAT, M.; CAVALCANTI, P. F. F. **Fundamentos do tratamento anaeróbio**. In: CAMPOS, J. R. (Coord.). *Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo*. Rio de Janeiro: ABES, Cap. 2, p. 29-52. 1999.

FROSSARD, E.; MOREL, J. L. **Assessment of phosphate fertilizing value of urban sewage sludges**. In: *Soil management in sustainable agriculture*. Wye College, University of London, UK, Wye College Press. p.226-230:590. 1995.

GARCÍA-ORENES, F.; ROLDÁN, A.; CORONADO, A.; LINARES, C.; CERDÀ, A.; CARAVACA, F. A fertilização orgânica em pomares de videira mediterrâneos tradicionais medeia mudanças na estrutura da comunidade microbiana do solo e aumenta a fertilidade do solo. **Land Degradation & Development**, v. 27, p. 1622-1628, 2016.

GASCO, L; HENRY, M; PICCOLO, G; MARONO, S; GAI, F; RENNA, M; LUSSIANA, C; ANTONOPOULOU, E; MOLA, P; CHATZIFOTIS, S. Tenebrio molitor meal in diets for European sea bass 19 (*Dicentrarchus labrax*) juveniles: growth performance, whole body composition and in vivo apparent digestibility. **Animal Feed Science and Technology**. v. 220, p. 34-45, 2016.

GOUVEIA, J. G. **Diretrizes para uso de composto orgânico na agricultura: proposta para municípios com até 100.000 habitantes**. 2012. 94 p. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d’Oeste, 2012.

IMBAR, Y.; CHEN, Y.; HADAR, Y. Humic substances formed during the composting of organic matter. **Soil Science Society of America Journal**, v. 54, p. 1316-1323, 1990.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: Ciência e prática para gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156p.

INIU, R. N. **Isolamento e identificação de bactérias solubilizadoras de fosforo e produtoras de auxinas em solo com cana-de-açúcar**. 2009. 78p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. 2009.

JAHNEL, M. C.; MELLONI, R; CARDOSO, E. J. B. N. Maturidade do composto de lixo. **Scientia Agricola**., v. 56, p. 301-304, 1999.

KÄMPF, A. N. **Seleção de materiais para uso como substrato**. In: KÄMPF, A.N.; FERMINO, M.H. Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes. Porto Alegre: Genesis, p.139-145, 1999.

KATAMI, T.; YASUHARA, A.; SHIBAMOTO, T. Formation of dioxins from incineration of foods found in domestic garbage. **Environmental Science and Technology**, v. 38, n. 4, p. 1062-1065, 2004.

KIEHL, C. J. Produção de composto orgânico e vermicomposto. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 212, p. 40-52, Belo Horizonte, 2001.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492p.
KIEHL, J. E. **Novos Fertilizantes Orgânicos**. 1 ed. Piracicaba: Editora Degaspari, 2010. 248p.

KVARNSTROM, E.; NILSSON, M. Reusing phosphorus: engineering possibilities and economic realities. **Journal of Economic Issues**, v. 33, n. 2, p. 393-341. 1999.

KUMAR, S.; SITH, S. R.; FOWLER, G.; VELIS, C.; KUMAR, J.; ARYA, S.; KUMAR, R.; CHEESEMAN, C. Challenges and opportunities associated with waste management in India. **Royal Society Open Science**, v. 4, n. 3, p. 1-11, 2017.

IMBAR, Y.; CHE, Y.; HADAR, Y. Humic substances formed during the composting of organic matter. **Soil Science Society of America Journal**, v. 54, p. 1316-1323, 1990.

LEMOS, J. **Estudo do Gerenciamento de Resíduos Sólidos de um Frigorífico no Município de Patos de Minas/MG**. In: *Congresso Mineiro de Engenharias e Arquitetura-CENAR*. 2016.

LIMA, L. M. Q. **Lixo: Tratamento e Biorremediação**. 3. ed. São Paulo-SP: Editora Hemus, 2004, p. 265.

LIMA, C. C. **Caracterização química de resíduos da produção de biodiesel compostados com adição mineral**. 2002. 167p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2006.

LIMA, A. Y. V. **Condicionadores orgânicos e inorgânicos nas propriedades químicas de um solo arenoso**. 2019. 42p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) -Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2019.

MAGALHÃES, L. **Carbono orgânico e atributos físicos do solo após a aplicação de esterco bovino**. 2017. 23 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2017.

MALAFAIA, G. C.; BISCOLA, P. H. N.; DIAS, F. R. T. **Projeções para o mercado de carne bovina do Brasil - 2029/2030**. Boletim CiCarne, 2021.

MARGESIN, R.; CIMADOM, J; SCHINNER, F. Biological activity during composting of sewage sludge at low temperatures. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 57 p. 88-92, 2006.

MASSUKADO, L. M. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares**. 2008. 182p. Tese (Doutorado em Ciências da engenharia ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2008.

MATSUO, N.; FUKAMI, K.; TSUCHIYA, S. Effects of early planting and cultivars on the yield and agronomic traits of soybeans grown in southwestern Japan. **Plant Production Science**, v. 19, n. 3, p. 370-380, 2016.

MELO, S. L. **Análise do uso de compostagem doméstica em conjuntos habitacionais de interesse social na cidade de São Domingos** – Salvador, 2014. 99p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento) – Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2014.

MESQUITA, J. M. **Gestão integrada de resíduos sólidos: Mecanismo de desenvolvimento limpo aplicado a resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro

de Administração Municipal - IBAM, 2007. Disponível em: abrelpe.org.br/panorama-2020/. Acesso em: 17 out. 2023.

MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; OLIVEIRA, M. C. N.; FILHO, D. S. J.; VENANCIO, W. S.; MEDEIROS, F. H. V.; JULIATTI, F. C.; CARNEIRO, L. C.; JUNIOR, J. N.; MARTIS, M. C. 2019. **Experimentos cooperativos de controle biológico de *Sclerotinia sclerotiorum* na cultura da soja: resultados sumarizados da safra 2021/2022**. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/227009/1/CT-177-OL.pdf> Acesso em: 29 jan. 2024.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE SANTA CATARINA. **Poda da Arborização Urbana: ultrage ao ambiente e à sustentabilidade da cidade**. 2007. Disponível em: <https://diariomunicipal.sc.gov.br/site/?r=site/acervoView&id=261076>. Acesso em: 18 out. 2022.

MIYATAKE, F.; IWABUCHI, K. Effect of compost temperature on oxygen uptake rate, specific growth rate and enzymatic activity of microorganisms in dairy cattle manure. **Bioresource Technology**, v. 97, p. 961-965, 2006.

MORALES, M. M.; XAVIER, C. A. M.; SILVA, A. A.; LUCAS JR., L. Uso da compostagem para tratamento de resíduo sólido de abatedouro de bovinos. **Revista UNIVAP**, v. 13, p. 136-137, 2006.

NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, L. F.; SANTOS, P. D.; SILVA, S. A.; VIEIRA, M. S.; OLIVEIRA, A. P. Efeito da utilização de biofertilizante bovino na produção de mudas de pimentão irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 2, p. 258-264, 2011.

O ECO. **Gases do efeito estufa: Dióxido de Carbono (CO₂) e Metano (CH₄)**. Oeco, 2014. Disponível em: <http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28261-gases-do-efeito-estufa-dioxido-de-carbono-co2-e-metano-ch4/>. Acesso em: 14 jun. 2023.

OLIVEIRA, A. M. G.; AQUINO, A. M. de; CASTRO NETO, M. T. **Compostagem caseira de lixo orgânico doméstico**. Cruz das Almas: EMBRAPA, 2005.

OLIVEIRA, E.C.A.; SARTORI, R.H., GARCEZ, T.B. **Compostagem**. Programa de Pós-Graduação em solos e nutrição de plantas. Piracicaba – SP: Embrapa, n. 343, 2008. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Compostagem_000fhc8nfqz02wyiv80efhb2adn37yaw.pdf. Acesso em: 08 jun. 2023.

OLSZYK, D. M.; SHIROYAMA, T.; NOVAK, J. M.; JOHNSON, M. G. A rapid-test for screening biochar effects on seed germination. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 49, p. 2025–2041, 2018.

OZDEMIR, S.; YETILMEZSOY, K.; DEDE, G.; SAZAK, M. Application of solarization for sanitization of sewage sludge compost. **Journal of King Saud University-Science**, v. 32, n. 1, p. 443-449, 2020.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. Goiânia, ed: 2 UFG; v.1 p. 624, 2006.

PARITOSH, K.; KUSHWAHA, S K.; YADAV, M.; PAREEK, N.; CHAWADE, A.; VIVEKANAND, V. Food Waste to Energy: An Overview of Sustainable Approaches for Food Waste Management and Nutrient Recycling. **BioMed Research International**, v. 2017, p. 1-19, 2017.

PEDROSA, T. D; FARIAS, C. A. S.; PEREIRA, R. A.; FARIAS, E. T. R. Monitoramento dos parâmetros físico-químicos na compostagem de resíduos agroindustriais. **Nativa**, v. 1, n. 1, p. 44-48, 2013.

PEIXOTO, C. P.; CÂMARA, G. M. D. S.; MARTINS, M. C.; MARCHIORI, L. F. S.; GUERZONI, R. A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia Agricola**, v. 57, p. 89-96, 2000.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. Viçosa: UFV, 2007. 81p.

PIRACICABA, SECRETARIA DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE. **Plano de Saneamento Prefeitura Municipal de Piracicaba**. 2007. 185p.

PIRES, A. B. **Análise de Viabilidade Econômica de um Sistema de Compostagem Acelerada para Resíduos Sólidos Urbanos**. 2011. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo. 2011.

PIVETTA, K.F.L.; SILVA FILHO, D.F. Boletim Acadêmico; **Arborização Urbana**. UNESP/FCAV/FUNEP. Jaboticabal, SP. 2002. p.74.

PIVETTA, K. F.; SILVA FILHO, D.F. **Arborização Urbana**. Boletim Acadêmico. Jaboticabal, SP: UNESP/FCAV/FUNEP. 2002. 75p.

REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; AMARAL, R. **Teores de compostos nitrogenados do capim Marandu (*Brachiaria brizantha*, cv. Marandu) ensilado com polpa cítrica peletizada**. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 2004, Campo Grande. Anais. Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia. 2004.

RODRIGUES, A. C.; FRANÇA, J. R.; SILVEIRA, R. B.; SILVA, R. F.; ROS, C. O.; KEMERICH, P. D. C. Compostagem de resíduos orgânicos: eficiência do processo e qualidade do composto. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 760-770, 2015.

SHARMA, V. K.; CANDITELLI, M.; FORTUNA, F.; CORNACCHIA, G. Processing of urban and agroindustrial residues by anaerobic composting: review. **Energy Conversion and Management**., v. 38, p. 453-478, 1997.

SILVA FILHO, D. F. **Videografia Aérea Multiespectral em Silvicultura Urbana.** Ambiência Guarapuava, PR. Edição Especial, v2 p. 55-68, abr. 2006.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA. **Encontro Paulista de Arborização Urbana.** 2012. Disponível em: <http://www.sbau.org.br/img-sbau/EPAU1.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2023.

SOUZA, H. A.; MELO, M. D.; PRIMO, A. A.; VIEIRA, L. V.; POMPEU, R. C. F. F.; GUEDES, F. L.; NATALE, W. Use of organic compost containing waste from small ruminants in corn production. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.40, p.1-16, 2016.

SOUZA, H. A.; OLIVEIRA, E. L.; FACCIOLI-MARTINS, P. Y.; SANTIAGO, L.; PRIMO, A. A.; MELO, M. D.; PEREIRA, G. A. C. Características físicas e microbiológicas de compostagem de resíduos animais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n. 1, p. 291-302, 2019.

SRIVASTAVA, V.; ISMAIL, S. A.; SINGH, P.; SINGH, R. P. Urban solid waste management in the developing world with emphasis on India: challenges and opportunities. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v. 14, n. 2, p. 317-337, 2015.

SYMANSKI, C. S. **Caracterização de bactérias presentes em processos de compostagem.** 2005. 113p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2005.

TAYLAN, V.; DAYIHA, R. P.; SREEKRISHNAN, T. R. State of municipal solid waste management in Delhi, the capital of India. **Waste Management**, v. 28, n. 7, p. 1276- 1287, 2008.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E.G.; MORSELLI, T. B. G. A.; JAHNKE, D. S.; BRUM, B. de S. Jr.; CABRERA, B. R.; MORAES, P de O.; LOPES, D. C. N. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, p. 60-76, 2009.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminants.** 2. ed., Ithaca: Cornell University. 476p. 1994.

VASCONCELOS, O. L. S.; MARQUES, G. E. C.; LORENA, R. B.; NOJOSA, E. C. N. Métodos de compostagem doméstica de materiais orgânicos produzidos em ambiente urbano. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 40351-40453, 2021.

VIEIRA, L.A. **Compostagem de biossólido de estação de tratamento de efluentes de frigorífico com serragem e cama de aves.** 2016. 65p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2016.

WARE, A.; POWER, N. What is the effect of mandatory pasteurisation on the biogas transformation of solid slaughterhouse wastes? **Waste Management**, v. 48, p. 503-512, 2016.

WAYAOKY, A.; AMIM, M. S. M.; RUSNAM, R.; AHMAD, D. Bulk soil electrical conductivity as an estimator of nutrients in the maize cultivated land. **European Journal of Scientific Research, Victoria**, v. 31, p. 37-51, 2009.

WOESE C. R.; KANDLER, O.; WHEELIS, M. L. Towards a natural system of organisms: proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eukarya. **Proceeding National Academy of Sciences, New York**, v. 87, n. 12, p. 4576 -4579, 1990.

ZHANGA, W.; RICKETTS, T. H.; KREMEN, C.; CARNEY, K.; SWINTON, S. Ecosystem services and dis-services to agriculture. **Ecological Economics**, v. 64, p.253-260, 2007.