



Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS

Campus Erechim

Curso de Engenharia Ambiental

Felipe Paiva Muscope

**COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS ATRAVÉS DA
INOCULAÇÃO DE MICRORGANISMOS EFICIENTES:
UMA ALTERNATIVA PARA A COMPOSTAGEM EM PEQUENA ESCALA**

Erechim - RS

2017

Felipe Paiva Muscope

**COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS ATRAVÉS DA
INOCULAÇÃO DE MICRORGANISMOS EFICIENTES:
UMA ALTERNATIVA PARA A COMPOSTAGEM EM PEQUENA ESCALA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS – Campus de Erechim, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Ambiental, com concentração na área de compostagem de resíduos sólidos.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Pavan Korf

Coorientadora: Profa. Dra. Helen Treichel

Erechim - RS

2017

PROGRAD/DBIB - Divisão de Bibliotecas

Muscope, Felipe Paiva
COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS ATRAVÉS DA
INOCULAÇÃO DE MICRORGANISMOS EFICIENTES: UMA
ALTERNATIVA PARA A COMPOSTAGEM EM PEQUENA ESCALA/ Felipe
Paiva Muscope. -- 2017.
45 f.:il.

Orientador: Dr. Eduardo Pavan Korf.
Co-orientador: Dr^a. Helen Treichel.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Engenharia Ambiental , Erechim, RS , 2017.

1. Compostagem. 2. Pequena escala. 3. Temperatura. 4.
Microrganismos patogênicos. 5. Macronutrientes. I. Korf,
Dr. Eduardo Pavan, orient. II. Treichel, Dr^a. Helen,
co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul.
IV. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Felipe Paiva Muscope

**COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS ATRAVÉS DA
INOCULAÇÃO DE MICRORGANISMOS EFICIENTES:
UMA ALTERNATIVA PARA A COMPOSTAGEM EM PEQUENA ESCALA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS – Campus de Erechim, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Aprovada em ____/____/____

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Paulo Afonso Hartmann
UFFS – Erechim

Prof^a. Dr^a. Gean Delise L. P. Vargas
UFFS – Erechim

Prof^a. Dr^a. Helen Treichel (coorientadora)
UFFS – Erechim

Prof. Dr. Eduardo Pavan Korf (orientador)
UFFS – Erechim

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mudança na temperatura até a estabilização do composto com suas devidas fases.....	16
Figura 2 – Composteiras de pequena escala. Propriedade da família Panisson.....	21
Figura 3 – Perfurador de solo a gasolina.....	23
Figura 4 – Evolução da temperatura das leiras durante a compostagem.	26
Figura 5 – Evolução da temperatura da leira 1 em comparação com a temperatura ambiente durante a compostagem.....	27
Figura 6 - Evolução da temperatura da leira 2 em comparação com a temperatura ambiente durante a compostagem.....	28
Figura 7 - Evolução da temperatura da leira 3 em comparação com a temperatura ambiente durante a compostagem.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Limites máximos de contaminantes patogênicos admitidos em fertilizantes orgânicos.	19
Tabela 2 – Quantidades de N e C que foram utilizadas como referência para realizar a mistura do composto.	22
Tabela 3 – Concentração de ME utilizada no início do processo de compostagem. .	23
Tabela 4 – Média e desvio padrão dos valores de temperatura interna das leiras. ...	31
Tabela 5 – Disponibilidade inicial dos nutrientes N, P, K, C (orgânico) e relação C/N.	31
Tabela 6 - Disponibilidade final dos nutrientes N, P, K, C (orgânico) e relação C/N, referente a cada leira.	32
Tabela 7 - Valores iniciais e finais dos contaminantes Coliformes termotolerantes, Coliformes totais e <i>Salmonella</i> spp.	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ME Microrganismos Eficientes
C/N Relação carbono e nitrogênio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	13
2.1. OBJETIVO GERAL.....	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1. FATORES QUE INFLUENCIAM NA COMPOSTAGEM	14
3.1.1. AERAÇÃO.....	14
3.1.2. UMIDADE	14
3.1.3. TEMPERATURA	15
3.1.4. GRANULOMETRIA	16
3.1.5. pH.....	17
3.1.6. Relação C/N	17
3.2. COMPOSTAGEM EM PEQUENA ESCALA E PRESENÇA DE PATÓGENOS .	18
3.3. QUALIDADE DO COMPOSTO	19
3.4. MICRORGANISMOS EFICIENTES.....	20
4. MATERIAIS E MÉTODOS	20
4.1. OBTENÇÃO E ATIVAÇÃO DOS ME	20
4.2. DESCRIÇÃO DA COMPOSTAGEM.....	21
4.2.1. LOCAL DE ESTUDO.....	21
4.2.2. COMPOSTEIRAS.....	21
4.2.3. CARACTERIZAÇÃO E MISTURA DO COMPOSTO.....	22
4.3. AVALIAÇÃO DOS PRINCIPAIS FATORES QUE INFLUENCIAM NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM	23
4.3.1. PARÂMETROS FÍSICOS	23
4.3.2. DETERMINAÇÃO DE MACRONUTRIENTES.....	24
4.3.2.1. DETERMINAÇÃO DE CARBONO E NITROGÊNIO TOTAL	24
4.3.2.2. DETERMINAÇÃO DE FÓSFORO E POTÁSSIO	24
4.4. CONTROLE DE PATÓGENOS.....	24
4.4.1. COLIFORMES TERMOTOLERANTES	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1. ANÁLISE DA VARIAÇÃO DE TEMPERATURA.....	25
5.2. ANÁLISE DOS NUTRIENTES PRESENTES NO COMPOSTO.....	31
5.3. ANÁLISE DOS CONTAMINANTES PATOGÊNICOS	34

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
REFERÊNCIAS.....	38

RESUMO

A compostagem de resíduos vem crescendo como uma alternativa para a diminuição dos impactos ambientais causados pela má gestão dos resíduos gerados em propriedades rurais. Entre os resíduos, o principal é o esterco animal. Pequenas propriedades têm dificuldade em utilizar a compostagem como alternativa para essa problemática, devido ao pequeno volume de esterco gerado. A compostagem em pequena escala é um problema, em virtude da sua dificuldade em manter as temperaturas altas e a consequente não eliminação dos patógenos, comuns no esterco animal. Devido a isso, este trabalho teve como objetivo utilizar a inoculação de microrganismos eficientes (ME) na compostagem em pequena escala, a fim de eliminar as bactérias patogênicas e gerar um composto rico em nutrientes ao final do processo. A temperatura interna foi medida diariamente e a análise de macronutrientes, coliformes e *Salmonella* spp foram realizados no início e fim do processo. O experimento foi realizado em campo, utilizando três leiras iguais, com 0,7 m³ de volume cada. As concentrações de ME foram colocadas apenas no início da compostagem, 4, 2 e 0 mL/L de água para as leiras 3, 2 e 1 respectivamente, sendo que a leira sem adição de ME serviu como controle do experimento. As temperaturas máximas alcançadas foram de 49 °C para a leira 1 aos 28 dias, de 50 °C para a leira 2 aos 25 dias e de 51 °C para a leira 3 aos 25 dias de compostagem. A quantidade de macronutrientes aumentou com o processo de compostagem para as três leiras estudadas, as relações C/N ao final do processo ficaram 11,62:1, 12,33:1 e 11,51:1 para as leiras 1, 2 e 3 respectivamente. Não foi detectado *Salmonella* spp inicial e as quantidades de coliformes diminuíram para as três leiras, ficaram em 14000, 17000 e 400 NMP/g. A utilização de ME em concentração de 4 mL/L acabou sendo benéfica para a compostagem de esterco bovino e ovino em pequena escala, o que fez com que o composto alcançasse maiores temperaturas, mantendo-as altas por um maior período de tempo e resultando em uma eficiência na remoção de patógenos e na acumulação de N, P e K.

Palavras-chave: Pequena escala; temperatura; microrganismos patogênicos; macronutrientes.

ABSTRACT

Waste composting has been growing as an alternative to reduce environmental impacts caused by poor management of waste generated on rural properties. Among the residues, the main one is animal manure. Small properties have difficulty using compost as an alternative to this problem due to the small volume of manure generated. Small-scale composting is a problem, due to its difficulty in maintaining high temperatures and the consequent non-elimination of pathogens, common in animal manure. Due to this, this work had as objective to use the inoculation of effective microorganisms (EM) in small scale composting, in order to eliminate the pathogenic bacteria and to generate a compound rich in nutrients at the end of the process. The internal temperature was measured daily and the analysis of macronutrients, coliforms and *Salmonella* spp were performed at the beginning and end of the process. The experiment was carried out in the field, using three equal piles, with 0.7 m³ of volume each. Concentrations of EM were placed at the beginning of the composting, 4, 2 and 0 mL/L of water for the 3, 2 and 1 piles respectively, and the no EM addition layer served as control of the experiment. The maximum temperatures reached were 49 °C for pile 1 to 28 days, 50 °C for pile 2 to 25 days and 51 °C for pile 3 to 25 days of composting. The amount of macronutrients increased with the composting process for the three piles studied, the C / N ratios at the end of the process were 11.62:1, 12.33:1 and 11.51:1 for piles 1, 2 and 3 respectively. No initial *Salmonella* spp was detected and the amounts of coliforms decreased for the three piles, remaining at 14000, 17000 and 400 NMP/g. The use of EM at a concentration of 4 mL/L turned out to be beneficial for small-scale composting of cattle and sheep manure, which caused the compound to reach higher temperatures, keeping them high for a longer period of time and resulting in efficiency in the removal of pathogens and accumulation of N, P and K.

Key-words: Small scale; temperature; pathogenic microorganisms; macronutrients.

1. INTRODUÇÃO

A produção de alimentos cresceu significativamente nas últimas décadas, devido ao aumento na densidade populacional nos grandes centros urbanos. Esse crescimento populacional e econômico gerou uma forte demanda por alimentos, o que fez com que os diferentes sistemas agropecuários e agroindustriais aumentassem a sua produção, a fim de suprir o grande consumo por parte da população (VALENTE et al. 2009).

O Brasil é o segundo maior exportador agrícola mundial e o maior fornecedor de açúcar, suco de laranja e café. Em 2013, ultrapassou os Estados Unidos como o maior fornecedor de soja e é um importante exportador de tabaco e aves (PERSPECTIVAS AGRÍCOLAS 2015-2024, 2015). As atividades agropecuárias e agroindústrias produzem no Brasil cerca de 5,5 bilhões de cabeças de frangos de corte, 37 milhões de suínos, além de 190 milhões de cabeças de bovinos de corte (IBGE-SIDRA, 2010, FAO, 2009).

Associado a esse aumento na produção de alimentos existe a produção de resíduos provenientes da agricultura. A geração de resíduos provenientes da agropecuária acaba sendo um dos principais problemas ambientais atualmente, pois quando disposto de maneira incorreta no ambiente causam poluição do solo, água subterrânea e ar atmosférico.

Segundo Steinfeld et al. (2006), a agropecuária passou a ser frequentemente associada à poluição dos mananciais de água e do solo, em decorrência do aporte expressivo de nutrientes, matéria orgânica, patógenos, resíduos de medicamentos, além da emissão de gases contribuintes de efeito estufa e maus odores.

O tratamento de resíduos consiste em estabilizar a matéria orgânica, eliminar os microrganismos patogênicos e realizar a mineralização dos nutrientes presentes nos dejetos. Segundo Ricardo (2014), o tratamento de resíduos consiste em um conjunto de ações cujos objetivos principais são neutralizar seus efeitos nocivos e promover a reciclagem de alguns componentes.

Os benefícios do tratamento são inúmeros, dentre eles destaca-se a redução de impactos ambientais, a valorização do resíduo, a geração de emprego e renda e o aumento da vida útil dos sistemas de disposição final (JUNIOR et al., 2003; GONÇALVES et al., 2013; SCHALCH et al., 2002; RICARDO, 2014).

Dentre as diversas formas de tratamento de resíduos orgânicos agroindustriais, destaca-se o método de compostagem de resíduos. A compostagem é uma boa escolha para solucionar este problema por diferentes razões: a biotransformação de resíduos através deste processo leva à eliminação de resíduos potencialmente tóxicos (VINNERÅS et al., 2003). Para Navia-Cuetia et al. (2013) a compostagem renova ciclos ecológicos, evitando que os resíduos orgânicos ricos em nutrientes acabem em aterros.

Do ponto de vista econômico, a compostagem pode trazer reduções no custo de descarte de resíduos orgânicos, além de proporcionar um rendimento, em virtude do uso do composto como substituto de fertilizantes químicos que podem ser bastante caros (PROIETTI et al., 2016).

A compostagem é considerada a decomposição biológica aeróbia em que parte da matéria orgânica é transformada em substâncias estáveis e ácido húmico (FARRELL Y JONES, 2009). Para Herbets et al. (2005), a compostagem trata-se de um processo bio-oxidativo de decomposição biológica que envolve a participação de diversos seres vivos, particularmente alguns tipos de microrganismos.

A compostagem em pequena escala se tornou uma alternativa importante, principalmente para pequenas propriedades agrícolas ou agroindústrias que muitas vezes não dispõem da quantidade de resíduos necessária para a realização do processo em grande escala (FUREDY, 2001). Além disso, pode também ser realizada nas pequenas propriedades, utilizando os resíduos orgânicos domésticos (BRITO, 2008).

Porém, a compostagem em pequena escala tem alguns aspectos negativos em sua utilização, um dos principais é a dificuldade de eliminação de microrganismos como *Salmonella sp* e coliformes termotolerantes, por exemplo. Furedy (2001), afirma que a compostagem em pequena escala pode não alcançar as temperaturas necessárias para eliminar os agentes patogênicos.

Isso ocorre principalmente pela dificuldade das leiras em pequenas escala alcançarem temperaturas suficientes para eliminar esses microrganismos. Sá (2009) relata da dificuldade em composteiras domésticas com resíduo orgânico de ser atingir temperaturas acima de 38°C, impossibilitando a eliminação de patógenos.

Uma alternativa viável para otimizar o processo da compostagem de resíduos em pequena escala é a utilização de microrganismos eficientes. A utilização de microrganismos eficientes no preparo da compostagem pode gerar uma maior

concentração de nutrientes e fazer com que o processo seja mais rápido e eficaz (VICENTINI; CARVALHO; RICHTER, 2009).

Os microrganismos eficientes decompõem a matéria orgânica de modo equilibrado acelerando a atividade microbiana, com pouco gasto de energia e tempo, mantêm as estabilidades do ciclo de nutrientes sustentam a vida e colaboram na construção de um solo vivo e saudável (BONFIM et al. 2011).

Desta maneira, este trabalho propõe utilizar microrganismos eficientes na compostagem de resíduos agrícolas em pequena escala, com o intuito de acelerar a atividade microbiana, conseqüentemente aumentar a temperatura da leira e eliminar os patógenos presentes no composto.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Estudar o processo de compostagem em pequena escala de esterco bovino e ovino, através da utilização de microrganismos eficientes em diferentes concentrações, de forma a garantir a eliminação de patógenos.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar um experimento de compostagem de pequena escala em campo e testar a inoculação de diferentes concentrações de microrganismos eficientes;
- Monitorar a temperatura, quantidade de macronutrientes, umidade e aeração.
- Avaliar a eliminação de patógenos, comparando com a qualidade mínima requerida, pela legislação vigente.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. FATORES QUE INFLUENCIAM NA COMPOSTAGEM

Para a realização de uma boa compostagem, alguns fatores são necessários para a formação do fertilizante orgânico, tais como a aeração, umidade, temperatura, granulometria, pH e proporção C/N (PAIVA et al., 2010).

3.1.1. AERAÇÃO

A aeração das leiras de compostagem é bem discutida e utilizada por vários autores (KIEHL, 1985; PEREIRA NETO, 1994; VITORINO & PEREIRA NETO, 1994; PEREIRA NETO, 1996; SILVA et al., 2001). A aeração da mistura durante o processo de compostagem é importante para estimular os microrganismos aeróbios a realizarem seus processos e consequentemente inibir os microrganismos anaeróbios. Segundo Oliveira, Lima e Cajazeira (2004) a compostagem trata-se de um processo de fermentação onde a presença do ar na massa em decomposição é indispensável.

Isso mostra que a aeração é um eficiente método de resfriamento da leira de compostagem. Ela se mostra um meio de seleção entre as bactérias termofílicas e mesofílicas aeróbicas e as bactérias anaeróbicas, indesejáveis no decorrer do processo de decomposição, já que uma leira oxigenada dá meios de sobrevivência e perpetuação de organismos que, no trabalho de degradação, não produzem odores indesejáveis (DIAS; VAZ, 1996).

O revolvimento é um dos principais meios de aeração. Com o revolvimento aumenta o teor de oxigênio dentro da pilha e ocorre respiração aeróbia, contribuindo para que o processo de sanitização seja eficiente, (TEIXEIRA et al., 2002; SILVA et al., 2003; CEMPIRKOVÁ et al. 2007). Um controle eficaz na aeração da leira é importantíssimo para o desenvolvimento de uma boa compostagem, pois estimula a ação microbiana viabilizando a quebra das cadeias carbônicas orgânicas longas, liberando CO₂ e diminuindo o volume do resíduo.

3.1.2. UMIDADE

A umidade do composto é um importante fator para a realização de uma boa compostagem. Costa et al. (2006) afirmam que o teor de umidade é um dos principais fatores físicos para o controle da compostagem, pois age como meio de

transporte e dissolução de nutrientes, facilitando a atividade metabólica e fisiológica dos microrganismos no composto.

Como no processo de compostagem, a água tende a evaporar devido ao calor produzido, o ideal é que o valor de umidade inicial seja de 50 a 60% (BARRINGTON et al., 2003) sendo que valores muito altos levam a anaerobiose do sistema. Teores de umidade inferiores a 40% podem reduzir a atividade biológica, retardando o desenvolvimento do processo (BIDONE; POVINELLI, 1999; KIEHL, 2004; BARREIRA, 2005; PESSIN et al., 2006). Um controle eficaz deste parâmetro é importante, isso demanda atenção diária e cuidados especiais com eventos de chuvas intensas e de seca.

Um dos métodos utilizados é o descrito por Lanarv (1988) chamado método da Umidade a 65°C, que consiste em realizar a pesagem do composto úmido e após ser seco em estufa a 65 °C, depois se desconta o peso seco sobre o peso úmido e divide-se pelo peso úmido, isso gera um valor de teor de umidade em porcentagem. Porém majoritariamente o controle da umidade em compostagem é feito a partir de uma análise tátil visual, que consiste em apertar o composto nas mãos e retirar a água presente em seus vazios, porém não é um método analítico, apenas uma forma de controle fácil de realizar em campo.

3.1.3. TEMPERATURA

Um dos principais problemas na compostagem é a eliminação dos patógenos, segundo Pandey et al. (2016), um desafio importante no processo de compostagem é a incerteza na inativação dos patógenos. Pereira, Wilsen Neto e Nóbrega (2013) afirmam que os fatores como a temperatura auxiliam na eliminação de patógenos e sementes de plantas invasoras.

Os principais fatores que contribuem para a eliminação desses organismos são: a manutenção da temperatura entre 65 °C e 70 °C; o tempo de exposição a essa temperatura; a competição entre espécies e; a extinção do substrato e dos nutrientes (REIS, 2005).

No início da compostagem acontece a fase lag, que consiste na adaptação dos microrganismos ao meio. A mudança na temperatura durante o processo de compostagem é dividido em três fases: mesófila, termófila e criófila (Figura 1). No início da compostagem acontece o aumento da atividade microbiana e conseqüente aumento de temperatura e inicia-se a fase mesófila, com atuação de microrganismos

mesófilos que utilizam os componentes solúveis e rapidamente degradáveis da matéria orgânica (BARREIRA, 2005). Com esse aumento, a temperatura se eleva e os organismos mesófilos tornam-se menos competitivos, sendo substituídos pelos termófilos, atingindo assim, a fase termófila (RODRIGUES, 2004). A fase criófila, é quando a temperatura se iguala a ambiente, e é finalizada a degradação microbiana.

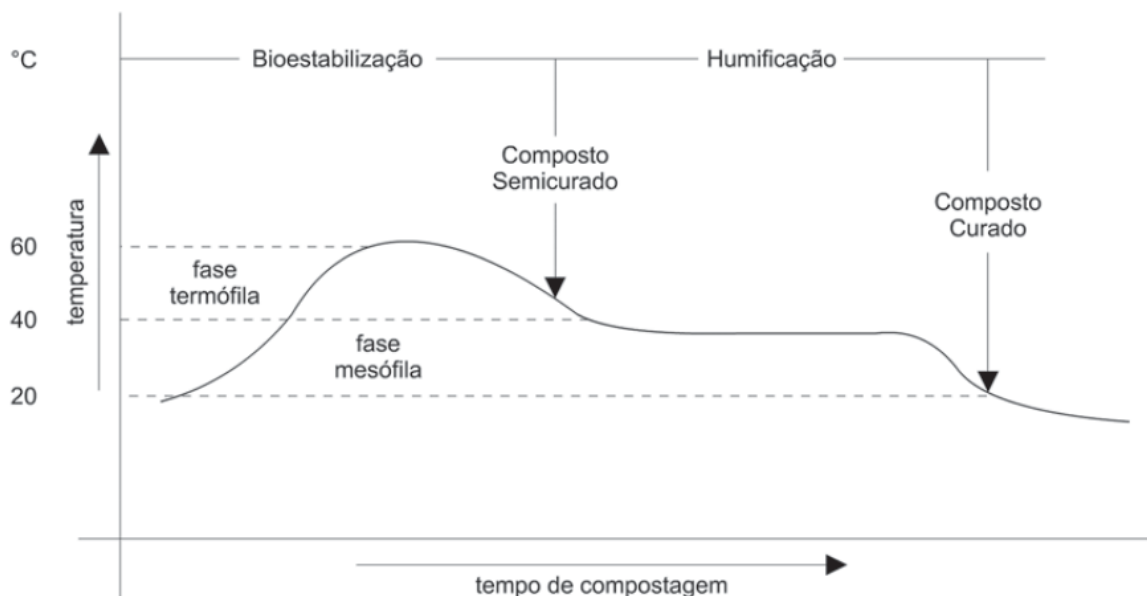


Figura 1 – Mudança na temperatura até a estabilização do composto com suas devidas fases.

Fonte: D´Almeida e Vilhena (2000).

Dentre as fases citadas a cima, a fase termófila é a mais importante no processo, pois além de contribuir para a eliminação dos patógenos, nesta fase é onde ocorre a maior degradação da matéria orgânica. A manutenção da temperatura termófila por um determinado período garante a quase completa erradicação de ervas daninhas e microrganismos patogênicos, contribuindo assim, para uma melhor qualidade sanitária do composto (BIDONE E POVINELLI, 1999; ANDREOLI, 2001; KIEHL, 2004). O controle diário deste parâmetro é imprescindível para a obtenção de um composto de boa qualidade ao final do processo.

3.1.4. GRANULOMETRIA

A granulometria não é o mais importante dos parâmetros, porém, esse fator pode além de influenciar na qualidade final do resíduo, ser importante no controle dos demais parâmetros.

Por exemplo, umidade e temperatura, que são controlados principalmente pelo revolvimento, são dependentes da granulometria, pois quanto menor a granulometria das partículas mais frequente deve ser o revolvimento da leira.

Segundo Kiehl (2002), quanto menor for o tamanho das partículas, maior é a sua superfície específica e, portanto, mais fácil é o ataque microbiano ou disponibilidade biológica das partículas, mas em contrapartida, aumentam os riscos de compactação e de falta de oxigênio.

3.1.5. pH

O pH, assim como a granulometria, não é um fator crítico na compostagem, ele serve como um indicativo de qual estágio estão os microrganismos na decomposição da matéria orgânica. Para a maioria das bactérias a faixa ótima de pH é entre 6 e 7,5.

No início do processo o pH do composto varia entre 4,0 e 5,0 devido a formação de ácidos orgânicos ou acúmulo de ácidos intermediários formados a partir da grande quantidade de material carbonáceo presente (KIEHL, 1998; YENGAR et al., 2005). Com o desenvolvimento do processo, os ácidos minerais dão lugar aos ácidos orgânicos, que reagem com as bases liberadas da matéria orgânica, neutralizando e transformando o meio em alcalino (BIDONE E POVINELLI, 1999).

Pereira Neto (2007) afirma que a compostagem pode ser desenvolvida em uma faixa de pH entre 4,5 e 9,5, sendo que os valores extremos são automaticamente regulados pelos microrganismos, por meio da degradação dos compostos, que produzem subprodutos ácidos ou básicos, conforme a necessidade do meio.

3.1.6. Relação C/N

A relação C/N é fundamental para se obter um bom tempo de compostagem e a total degradação da matéria orgânica. Para Massukado (2008) o carbono e o nitrogênio são elementos essenciais para o crescimento e divisão das células dos microrganismos, o primeiro por ser considerada a fonte de energia para os microrganismos e o segundo por ser um elemento essencial para a síntese de proteínas.

Valores mais elevados de C/N reduzirão a velocidade de decomposição, por outro lado, baixo C/N induz perdas de nitrogênio na forma de amônia, em particular a altas temperaturas e condições de aeração forçada (GRAY et al. 1971; DE BERTOLDI et al. 1983; ZUCCONI e DE BERTOLDI 1986; LOPEZ-REAL 1990).

O tempo de compostagem será condicionado, entre outros fatores citados anteriormente, à relação C/N, sendo que, quanto mais elevada essa relação, maior o tempo necessário para se atingir a humificação da matéria orgânica (KIEHL 1998).

No início a relação C/N fica em torno de 30:1 e conforme vai estabilizando a decomposição orgânica a proporção vai chegando a 10:1, porém alguns autores divergem da relação inicial de C/N. Kiehl (2004) afirma que a faixa de 25:1 á 35:1 permite uma rápida e eficiente degradação da matéria orgânica, Barreira (2005) considera um intervalo maior, entre 25:1 e 50:1, já Rodrigues (2004) considera entre 25:1 e 40:1.

Materiais que são ricos em carbono, tais como, resíduos de poda e capina e serragem, degradam mais lentamente do que a fração orgânica, como resíduos sólidos domiciliares ou dejetos animais, que são ricos em nitrogênio (MASSUKADO 2008). Devido a isso, uma análise detalhada de todos resíduos que irão formar o composto, conforme sua quantidade de carbono e nitrogênio é indispensável para obter compostos de boa qualidade ao final do processo.

3.2. COMPOSTAGEM EM PEQUENA ESCALA E PRESENÇA DE PATÓGENOS

A compostagem em pequena escala constitui-se como uma ótima alternativa para pequenos produtores que têm interesse em realizar cultivo de hortaliças e árvores frutíferas de forma orgânica e sustentável. Segundo Marques e Hogland (2002), a compostagem em pequena escala, realizada de forma descentralizada, proporciona uma economia significativa de energia e custos de transporte de resíduos sólidos, assim como uma redução substancial da emissão de poluentes.

Porém alguns cuidados devem ser tomados quando se trabalha com compostagem em pequena escala. No trabalho de Demetrio et al. (2016), utilizando compostagem em pequena escala, a temperatura máxima não ultrapassou a temperatura de 45°C, e foi justificado pelo autor que isso ocorreu devido a maior perda de calor para o ambiente em comparação com um sistema de grande escala. Baixas temperaturas além de inibir o desenvolvimento microbiológico, que é fundamental para o processo de compostagem impossibilitam a sanitização do composto, permitindo que haja a proliferação de microrganismos patogênicos indesejáveis na utilização do composto como fertilizante.

As dimensões das pilhas nas composteiras em pequena escala também influenciam no aumento da temperatura. Ismael et al. (2013) compararam três tipos

de composteiras em pequena escala com uma pilha de compostagem com maiores dimensões do que as outras duas, enquanto a pilha maior atingiu uma temperatura de 75°C, as pilhas menores não passaram de 40°C.

3.3. QUALIDADE DO COMPOSTO

A qualidade do composto deve tanto satisfazer as agências regulatórias quanto as especificações de mercado. Algumas das exigências que acabam atendendo as duas especificações citadas acima é a quantidade de nutrientes, granulometria, umidade, matéria orgânica e aparência. A concentração de NPK e de matéria orgânica é extremamente importante para o valor do composto, representando também uma forma de se avaliar sua qualidade e calcular seu valor de mercado comparando-se aos adubos químicos (KIEHL 1998, 2004).

Pela Legislação Brasileira, o composto produzido de resíduo urbano é denominado fertilizante orgânico e até 1982 não tinha nenhuma regulamentação quanto à sua produção, comércio e fiscalização (KIEHL, 1985). Com o intuito de regulamentar a Lei nº 6.894, de 1980, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, atribuiu o Decreto nº 4.954 de 14 de janeiro de 2004, com instruções normativas estabelecendo limites no que se refere aos agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas (DIÁRIO OFICIAL, 2004).

Em 2006, foi publicada a Instrução Normativa nº 27 (SAD MAPA, 2006), que dispõe sobre os fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes (Tabela 1).

Tabela 1 – Limites máximos de contaminantes patogênicos admitidos em fertilizantes orgânicos.

Contaminante	Valor máximo admitido
Coliformes termotolerantes – número mais provável por grama de matéria seca (NMP/g de MS)	1000,00
Ovos viáveis de helmintos – número por quatro gramas de sólidos totais (nº em 4g de ST)	1,00
<i>Salmonella SSP</i>	Ausência em 10 g de matéria seca

Fonte: IN nº 27 (MAPA, 2006).

É importante observar o parâmetro que indica o valor máximo admitido para a *Salmonella spp*, que deve ser de ausência da mesma em 10 g de matéria seca, pois

a presença de salmonela em hortaliças pode causar sérios problemas de saúde. WELKER et al. (2010) analisaram 186 surtos de doenças veiculadas por alimentos, a *Salmonella sp.* foi o principal microrganismo identificado (37%), ao avaliar os alimentos relacionados. Através desta discussão é possível observar o quanto é importante eliminar estes patógenos a fim de diminuir o surto de doenças causado por eles.

3.4. MICRORGANISMOS EFICIENTES

Os microrganismos eficientes (ME) são encontrados em todas as classes de solo, mas a grande concentração está em áreas de matas onde ainda não houve a intervenção humana (GERVAZIO et al., 2014). São capazes de trazer de volta para o "solo fraco" em matéria orgânica através da decomposição de diversos tipos de nutrientes (ANDRADE et al., 2011). Segundo Bonfim et al. (2011), o processo de compostagem pode ser acelerado e melhorado com o uso de ME.

Os ME agem sobre a matéria orgânica fermentando-a, produzindo, em consequência, ácidos orgânicos, vitaminas, enzimas, aminoácidos e polissacarídeos (MAGRINI; CAMATTI-SARTORI; VENTURIN, 2009). Os ME são minúsculos seres vivos que retiram da matéria orgânica (restos vegetais e animais) os seus alimentos, produzindo substâncias orgânicas (hormônios e vitaminas) que alimentam a própria comunidade microbiana e melhoram as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (HAMERSCHMIDT; OLIVEIRA, 2014). Por isso sua utilização do ME na compostagem deve ser difundida a fim de encontrar formas de utilizar esses microrganismos de uma forma correta e benéfica para o desenvolvimento de fertilizante orgânico livre de patógenos e ricos em nutrientes.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. OBTENÇÃO E ATIVAÇÃO DOS ME

Os MEs foram obtidos conforme a metodologia descrita no Caderno dos Microrganismos Eficientes (BONFIM et al., 2011). O método consistiu em cozinhar uma panela de arroz (sem sal), que após cozido, foi colocado em um recipiente coberto com uma tela visando à proteção de animais que pudessem se alimentar do arroz. Após, o mesmo foi levado à beira de uma mata, onde a palhada de cima do solo foi retirada, um buraco foi aberto, e o recipiente foi coberto com a palhada permanecendo por um período de 20 dias.

Para realizar a ativação dos microrganismos o arroz foi distribuído em cinco garrafas de plástico de 2 L, adicionando-se 200 mL de melão de cana em cada garrafa, e após as mesmas foram completadas com água. As garrafas foram fechadas e deixadas ao abrigo do sol. O gás produzido pela fermentação foi retirado a cada 2 dias, até o fim da geração de gás.

4.2. DESCRIÇÃO DA COMPOSTAGEM

4.2.1. LOCAL DE ESTUDO

A compostagem foi realizada na propriedade rural da família Panisson no município de Vila Langaro – RS, distante 327 km da capital Porto Alegre, próxima da cidade de Passo Fundo na região do Planalto Médio.

4.2.2. COMPOSTEIRAS

Este trabalho foi realizado com a utilização de três composteiras feitas de madeira, cobertas com telhas, com o fundo exposto no solo. Suas dimensões internas foram de 1 m de largura, 1 m de comprimento e 0,7 m de altura (volume de $0,7 \text{ m}^3$), conforme apresenta a Figura 2.



Figura 2 – Composteiras de pequena escala. Propriedade da família Panisson.

4.2.3. CARACTERIZAÇÃO E MISTURA DO COMPOSTO

Para a realização deste trabalho foi utilizado esterco bovino e ovino com a adição de serragem como fonte de carbono. A mistura do composto foi realizada em campo com o auxílio de uma Betoneira 400 Litros com Motor Monofásico de 2CV de potência.

Para encontrar a relação C/N ideal para a mistura destes compostos, foram utilizados os valores correspondentes de carbono e nitrogênio encontrados na literatura (tabela 2).

Tabela 2 – Quantidades de N e C que foram utilizadas como referência para realizar a mistura do composto.

Componentes do composto	Teor de Nitrogênio (g.kg ⁻¹)	Teor de carbono (g.kg ⁻¹)	Autor
Bovino	444,4	20,4	LOUREIRO et al. (2007)
Ovino	288,9	10,7	PEDROSA et al. (2013)
Serragem	23,20	1,83 x 10 ⁵	COSTA et al. (2009)

Ao realizar as medidas de quantidade de massa necessária de cada componente do composto, foi realizada uma medida com os dados de referência da tabela 2, utilizando uma relação C/N de 30:1. Os resultados obtidos foram: 50% de esterco bovino, 25% de esterco ovino e 25% de serragem em massa.

Ao iniciar o experimento foi realizada uma análise do composto já misturado e a relação C/N encontrada foi de 19,26:1, a diferença entre o valor teórico e o valor encontrado experimentalmente é normal, pois as características do esterco animal podem variar conforme a alimentação e qualidade da hidratação do animal. As condições iniciais do experimento foram iguais para as três leiras estudadas, e devido a isso, apenas uma análise inicial de macronutrientes e patogênicos foram realizados para representar os três casos.

4.2.4. INOCULAÇÃO DO ME

As três leiras foram inoculadas com diferentes concentrações de ME solubilizado em água (tabela 3). Uma leira não recebeu a adição de ME, para servir

como controle do experimento, e com a finalidade de comparar ao final do processo a diferença entre a compostagem com e sem adição de ME. O ME foi diluído em água e aplicado entre as camadas de composto já misturado, foram adicionados 30L iniciais de água para cada leira, a decisão de utilizar essa quantidade foi devido à análise tátil visual feita *in loco*. O umedecimento das leiras foi realizado por mais quatro vezes durante o processo de compostagem, aos 10, 51, 60 e 67 dias de compostagem, os dias também foram escolhidos conforme análise tátil visual.

Tabela 3 – Concentração de ME utilizada no início do processo de compostagem.

Leira	Concentração de ME (mL/L de água)
1	0
2	2
3	4

4.3. AVALIAÇÃO DOS PRINCIPAIS FATORES QUE INFLUENCIAM NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM

4.3.1. PARÂMETROS FÍSICOS

Os parâmetros físicos como aeração e temperatura foram avaliados periodicamente durante o processo de compostagem. A aeração foi controlada através de revolvimentos mecânicos, com a utilização de um perfurador de solo a gasolina de 50 cc de potência (figura 3), que foram realizados a cada dois dias até os 59 dias de compostagem. Após esse período, o revolvimento passou a ser feito uma vez por semana até a cura do composto.



Figura 3 – Perfurador de solo a gasolina.

A temperatura no interior da leira foi avaliada com a utilização de um termômetro espeto digital. A medida foi feita na parte central das leiras no período do meio dia. As temperaturas foram registradas em planilhas que continham anotações das datas de revolvimento e umedecimento das leiras, para posterior avaliação dos dados.

4.3.2. DETERMINAÇÃO DE MACRONUTRIENTES

As análises foram realizadas pelo laboratório Labfertil (laboratório de solos, fertilizantes, plantas e corretivos S/S Ltda), abaixo estão expostas as metodologias utilizadas.

4.3.2.1. DETERMINAÇÃO DE CARBONO E NITROGÊNIO TOTAL

A determinação de carbono antes e após o período de compostagem, e a quantificação de carbono total e nitrogênio total, são determinadas conforme as seguintes metodologias, respectivamente: método utilizado por Walkley-Black, com calor externo (TEDESCO et al., 1995) e método KJEDHAL descrito por Tedesco et al. (1985).

4.3.2.2. DETERMINAÇÃO DE FÓSFORO E POTÁSSIO

O método utilizado para a determinação de fósforo solúvel em citrato neutro de amônio foi o espectrofotométrico, cujo complexo formado é o ácido molibdovanadofosfórico (VOGEL, A. I 2002; PRESSINOTI e CARTER 1987; ALCARDE, J. C. 1982). Neste método, a determinação do fósforo é feita na forma de íon ortofosfato reagindo com vanadato de amônio o molibdato de amônio com formação do complexo ácido molibdovanadofosfórico que tem cor amarela brilhante e sua absorvância é medida em 400 nm.

Para a determinação de K_2O foi feita a partir do método se que reportará ao capítulo I, método 7.2 – Método por fotometria de chama Catani e Paiva Neto (1949).

4.4. CONTROLE DE PATÓGENOS

Todas as metodologias empregadas nas análises microbiológicas foram realizadas de acordo com os métodos descritos por Silva, Junqueira e Silveira (2001).

4.4.1. COLIFORMES TERMOTOLERANTES

As amostras coletadas foram processadas misturando-se 10 g da amostra de resíduo em 90 mL de água peptonada (0,1%), obtendo-se a diluição 10^{-1} . Após, foram feitas seguidas diluições até obter-se uma diluição 10^{-3} . Partindo das diluições 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} , 1 mL das respectivas diluições foi pipetado para uma série de três tubos contendo 10 mL do Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST) e um tubo de Durham invertido e incubado em estufa a 37°C por 48 horas.

Para a contagem de coliformes termotolerantes, uma alçada de cada tubo considerado positivo no Caldo VB foi transferida para tubos contendo 10 mL do Caldo *Escherichia Coli* (Caldo EC). Após, os tubos foram incubados em banho-maria a 44,5 °C por 24 horas. Consideraram-se como positivos para coliformes termotolerantes todos os tubos que continham formação de gás no interior do tubo de Durham.

4.4.2. DETECÇÃO DE *Salmonella* sp.

Para a detecção de *Salmonella* sp., 25 g da amostra anteriormente preparada foi pesada para detecção de coliforme, onde foram adicionados 225 mL de caldo lactosado, e após incubada em uma estufa a 37°C por 20 horas (mistura pré-enriquecida). Da mistura pré-enriquecida, 0,1 mL foi transferido para um tubo contendo 10 mL do caldo Rappaport-Vassiliadis (RV), sendo este mantido em banho-maria a 42°C por 24 horas. A partir do caldo RV, foi realizado o plaqueamento seletivo diferencial pela técnica de esgotamento em ágar Xilose Lisina Desoxicolato (XLD), incubando em estufa bacteriológica por 24 horas a 37°C.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos durante o experimento referentes à avaliação da temperatura, eliminação de patógenos e disponibilidade de nutrientes estão apresentados a seguir.

5.1. ANÁLISE DA VARIAÇÃO DE TEMPERATURA

O controle da temperatura durante o processo de compostagem é fundamental para controlar o desenvolvimento bacteriano e a eliminação de patógenos. As temperaturas alcançadas neste trabalho são um indicativo do desenvolvimento microbiológico e da ocorrência da compostagem dos resíduos. As temperaturas máximas alcançadas foram de 49 °C para a leira 1 aos 28 dias, de 50

°C para a leira 2 aos 25 dias e de 51 °C para a leira 3 aos 25 dias de compostagem. As flechas apresentadas na figura indicam o momento em que foi realizado o umedecimento das leiras (figura 4).

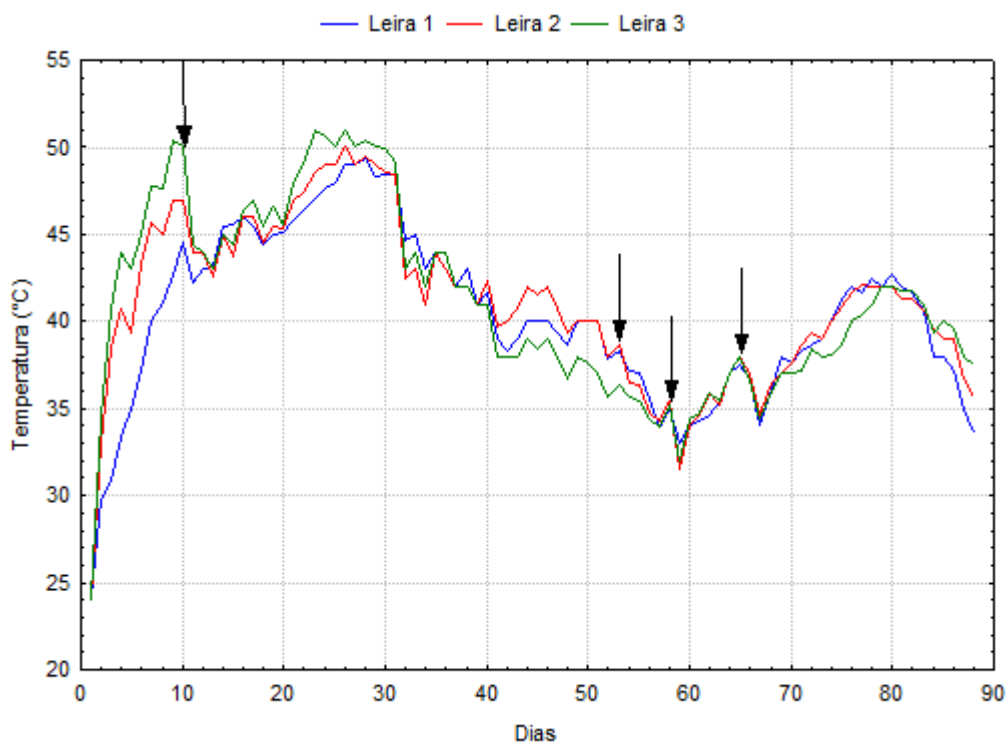


Figura 4 – Evolução da temperatura das leiras durante a compostagem.

A fase lag que acontece no início da compostagem corresponde ao período em que ocorre a adaptação dos microrganismos no composto. Esta fase teve seu tempo diminuído conforme aumentou a concentração de ME nas leiras, sua duração foi de 7 dias para a leira 1, 3 dias para a leira 2, e 2 dias para a leira 3.

A fase termofílica ocorreu dos 2 até os 41 dias para a leira 3 e dos 7 e 3 dias até os 51 dias para as leiras 1 e 2 respectivamente, onde iniciou o segundo estágio chamado fase de maturação, que se prorrogou até os 88 dias para as três leiras, quando o composto finalizou o processo de maturação e alcançou a cura. No trabalho de Maragno et al. (2007), foram montadas 4 minicomposteiras com resíduo orgânico doméstico e de restaurante com adição de serragem, em seu estudo foi possível verificar que a fase termofílica iniciou por volta do quarto dia, permanecendo até o décimo dia, e contabilizando seis dias nesta fase.

Entre as três leiras compostadas, a de número 3 foi a que apresentou os resultados mais satisfatórios com o que indica a literatura em termos de temperatura,

tanto na fase termofílica quanto na fase de maturação. Na fase termofílica, a leira 3 alcançou as maiores temperaturas no período, ficando na faixa de 50 a 51 °C durante 8 dias (entre os 23 e 30 dias de compostagem). A leira 2 ficou na faixa de 49 a 50 °C no período de 6 dias (entre os 24 e 29 dias de compostagem), enquanto a leira 1 se manteve na faixa de 48 a 49 °C durante 7 dias (entre os 25 e 31 dias de compostagem). Segundo Herbets et al. (2005) esse aumento da temperatura na fase termofílica acontece devido a um maior consumo de celulose e lignina pelo substrato no período, o que causa um aumento na temperatura interna da leira.

Na fase de maturação a leira 3 apresentou temperaturas mais baixas do que nas demais leiras, isso ocorre devido ao esgotamento de celulose e lignina pelo substrato durante a fase anterior, e conseqüentemente uma maior carga de nutrientes, beneficiando e facilitando o processo de humificação do composto.

As figuras 5, 6 e 7 apresentam a variação da temperatura das leiras em comparação com a temperatura ambiente registrada durante o processo de compostagem.

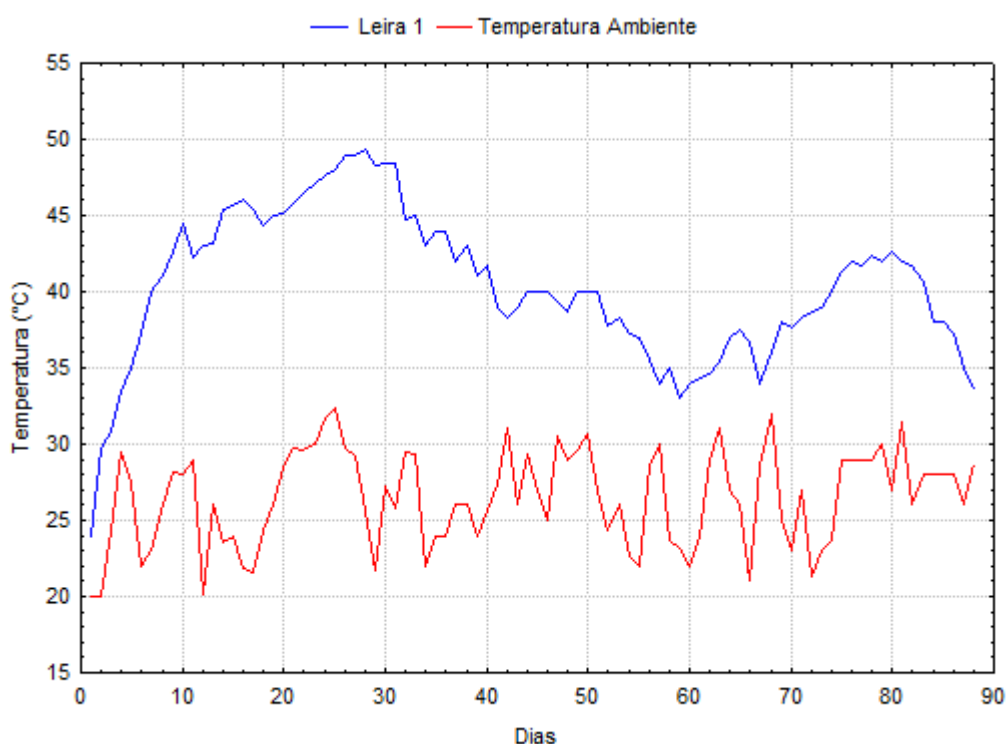


Figura 5 – Evolução da temperatura da leira 1 em comparação com a temperatura ambiente durante a compostagem.

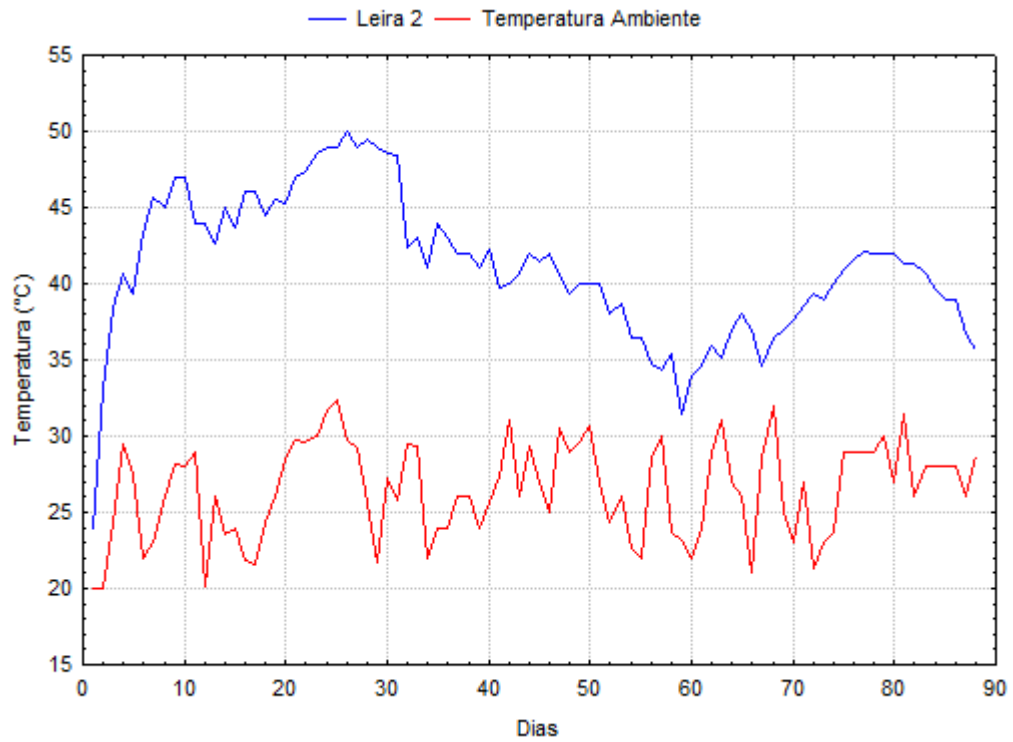


Figura 6 - Evolução da temperatura da leira 2 em comparação com a temperatura ambiente durante a compostagem.

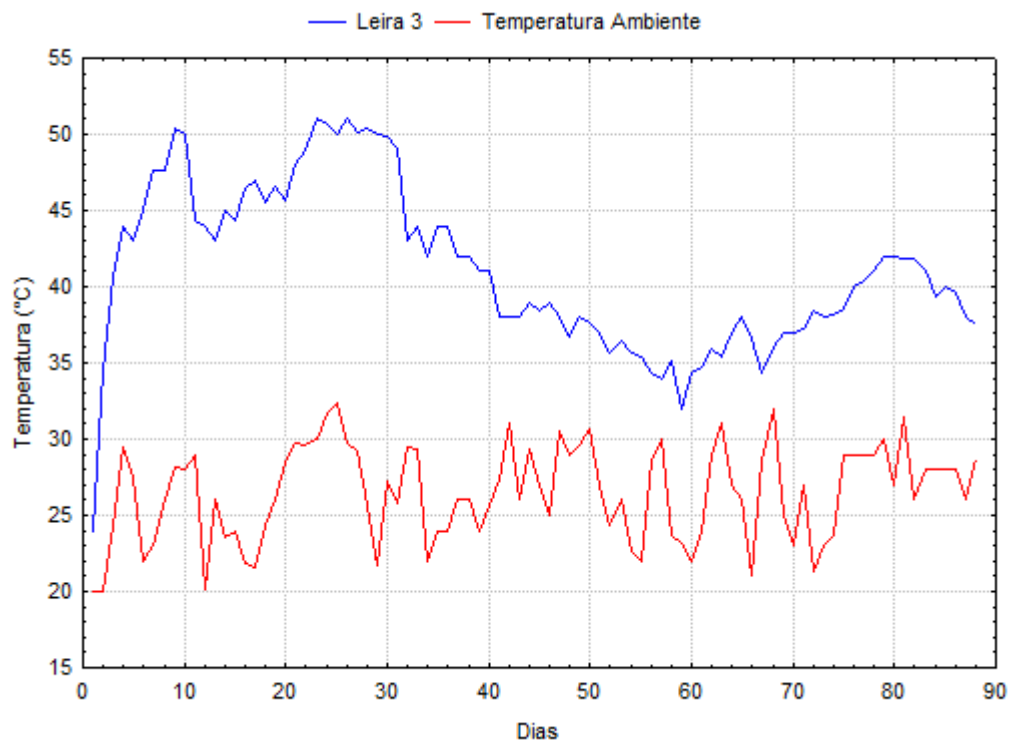


Figura 7 - Evolução da temperatura da leira 3 em comparação com a temperatura ambiente durante a compostagem.

Nos 88 dias de compostagem a temperatura ambiente apresentou máxima de 32,4 °C e mínima de 20°C, a temperatura média ficou em 26,5 °C. Em apenas dois

momentos foi possível observar uma influência da temperatura ambiente no processo de compostagem.

No início da fase de bioestabilização ocorreu uma queda brusca nas temperaturas das leiras devido a dois fatores combinados, o processo de umedecer as leiras, realizado 11 dias após o início da compostagem, e uma queda na temperatura ambiente no período de 6 dias (entre os 12 e 17 dias de compostagem). As três leiras sofreram queda na sua temperatura interna no período (figura 4). Durante esta desestabilização, a leira 3 foi a que apresentou uma variação maior na queda de temperatura (figura 7), a leira 2 foi muito semelhante, porém com uma amplitude térmica menor (figura 6), e a leira 1 foi a que menos sofreu queda de temperatura no período (figura 5). Caetano (2014) não alcançou a fase termofílica em seu trabalho, pois segundo o autor, o alto teor de umidade dos compostos, que permaneceu na faixa de 70% durante todo processo de compostagem, dificultou o alcance de temperaturas mais altas nas leiras.

A retomada do crescimento da temperatura ocorreu na mesma fase para as três leiras estudadas, seguido de um aumento brusco de temperatura ambiente que ficou acima dos 30 °C durante 8 dias seguidos, criando um cenário ideal para o desenvolvimento microbiano. Neste período as três leiras alcançaram as maiores temperaturas internas registradas, porém, não é possível aferir que foram apenas as condições ambientais que fizeram com que as temperaturas aumentassem. Brito (2008) afirma que a combinação de fatores como a presença de substâncias químicas, matéria prima, teor de umidade, disponibilidade de oxigênio, temperatura, relação C/N e pH proporcionam o crescimento de determinado microrganismo fazendo com que a temperatura da leira aumente no momento em que as condições são favoráveis para isso.

Na fase de maturação não ocorreram mudanças significativas nas temperaturas internas em comparação com a temperatura ambiente devido à estabilização no consumo de nutrientes pelos microrganismos. As leiras sofreram um aumento da temperatura após serem umedecidas nos dias 61 e 67, após alguns dias, as temperaturas ultrapassaram os 40 °C novamente. A leira 2 foi a que apresentou um maior aumento na temperatura neste período, indicando uma sobra de substrato da fase termofílica sem ser degradado, o que fez com que houvesse um leve crescimento da temperatura na fase de maturação. Segundo Herbets et al. (2005) é comum a temperatura oscilar entre 30 e 45 °C na fase de maturação. Silva

et al. (2003) afirmam que a população microbiana é baixa nesta etapa, sendo encontrados principalmente fungos e um grupo específico de bactérias, os actinomicetos.

A escala da compostagem é um importante fator para o aumento da temperatura. Millner et al. (2014) testaram a compostagem de esterco bovino e serragem como fonte de carbono, sendo que a compostagem ocorreu em pequena escala (pilha de 3 m³) com a adição de ME, e as temperaturas ambientes no período ficaram na faixa entre 11 e 24 °C e o composto chegou a temperatura máxima de 70 °C. Van Fan et al. (2017) realizaram a compostagem em escala caseira (leira de 0,013 m³), o material compostado foi uma mistura de resíduo caseiro com adição de ME, e a temperatura interna máxima foi de 50 °C, temperatura próxima a encontrada neste trabalho, mesmo utilizando leiras maiores (0,7 m³ de volume). A diferença principal é que restos de comida são substâncias mais prontas para a degradação em comparação com o esterco. Jusoh et al. (2013) afirmam que o aumento rápido na temperatura da leira sugere uma proporção maior de substâncias prontas e facilmente degradáveis na matéria-prima.

De uma forma geral, o fator que mais influenciou no aumento de temperatura, durante a fase termofílica, foi o desenvolvimento microbiano em decorrência da concentração de ME adicionado inicialmente no processo de compostagem. A leira 3 que recebeu a maior quantidade de ME, alcançou temperaturas mais altas que a leira 2 e a leira 1, e reagiu melhor às quedas de temperatura interna devido ao umedecimento (que foi comum para as três leiras). A leira 2 que recebeu uma quantidade menor de ME obteve um desempenho muito semelhante à leira 1 que não recebeu ME, mostrando que a adição de ME em baixas concentrações não é eficaz para compostagem em pequena escala, sendo menos eficiente do que a leira de controle.

A tabela 4 apresenta a média e o desvio padrão calculados sobre os valores de temperatura de cada uma das leiras. O desvio padrão indica uma medida de dispersão dos dados em torno da média das temperaturas. Através do desvio padrão podemos ter uma ideia de como se distribuem os valores durante a compostagem. Quanto mais distantes as temperatura se encontrarem do valor médio, maior será o tempo de temperaturas altas na fase termofílica e de temperaturas baixas na fase de maturação. Sendo esse um possível indicativo da eficiência da compostagem. Portanto, é possível observar na tabela 4, que o desvio

padrão da leira 1 é maior do que o da leira 2, indicando que a eficiência para a leira 1 foi melhor do que para a leira 2 durante o desenvolvimento do experimento. A leira 3 novamente mostrou-se mais eficiente que as demais, pois seu valor de desvio padrão é o mais alto entre as três leiras estudadas.

Tabela 4 – Média e desvio padrão dos valores de temperatura interna das leiras.

	Leira 1	Leira 2	Leira 3
Média	40,27	41,02	41,07
Desvio Padrão	4,88	4,70	5,33

5.2. ANÁLISE DOS NUTRIENTES PRESENTES NO COMPOSTO

As tabelas 5 e 6 apresentam os resultados obtidos através da caracterização química do composto após a mistura, sendo os macronutrientes primários: Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), expressos nas formas de Nitrogênio (N), Pentóxido de Fósforo (P_2O_5) e Óxido de Potássio (K_2O). As quantidades de C são expressas em forma de carbono orgânico.

Tabela 5 – Disponibilidade inicial dos nutrientes N, P, K, C (orgânico) e relação C/N.

Nitrogênio total (N)	Fósforo (P_2O_5)	Potássio (K_2O)	Carbono orgânico total (C)	Relação C/N
0,52 %	0,50 %	0,31 %	35,50 %	19,26

A disponibilidade inicial de N, P e K (tabela 5) foi bastante elevada no início do processo. Essa característica varia conforme o material a ser compostado. Por se tratar de esterco animal, este pode se modificar conforme o tipo de dieta do animal e local de criação, por exemplo. A serragem utilizada na compostagem foi a principal fonte de carbono orgânico para o composto, porém, o alto teor de nitrogênio inicial proveniente da mistura de esterco ovino e bovino influenciou para que a relação C/N inicial ficasse baixa. Herbets et al. (2005) afirmam que para o processo ocorrer de forma otimizada, é recomendado uma relação C/N de 20 a 35, para uma conversão rápida de resíduos orgânicos no composto. A relação C/N encontrada neste estudo foi de 19,26, porém, não existe um consenso estabelecido sobre o valor correto a ser utilizado.

Tabela 6 - Disponibilidade final dos nutrientes N, P, K, C (orgânico) e relação C/N, referente a cada leira.

Leira	Nitrogênio total (N)	Fósforo (P_2O_5)	Potássio (K_2O)	Carbono orgânico total (C)	Relação C/N
1	0,87 %	0,83 %	0,43 %	20,30 %	11,62
2	0,85 %	0,90 %	0,56 %	23,26 %	12,33
3	0,99 %	0,96 %	0,61 %	22,78 %	11,51

Segundo Kiehl (1985), uma relação C/N em torno de 12 ao final do processo de compostagem indica a maturidade do composto e as condições ideais para a adubação. As relações C/N expostas na tabela 6 indicam que nas três leiras estudadas o composto alcançou sua cura e está pronto. As quantidades de P e K disponíveis após o tratamento ficaram em ordem crescente da leira 1 até a leira 3, isso revela que a utilização do ME (que também tem sua concentração em ordem crescente da leira 1 até a leira 3) no processo de compostagem gerou resultado no aumento da disponibilidade desses macronutrientes no composto final. Battirola, Torres e Scherer (1998), analisaram a compostagem de esterco bovino com a adição de agentes biológicos, semelhante ao ME. As amostras que utilizaram os agentes biológicos obtiveram as maiores quantidades de N, P e K ao final do processo de compostagem em comparação com as amostras que não utilizaram agentes biológicos. Gervazio et al. (2014) utilizou ME na recuperação de solos degradados, as análises químicas depois da recuperação do solo mostraram um aumento na mineralização de N, P e K.

A disponibilidade de N, C e a relação C/N final não seguiram esta lógica, os dois elementos importantes para o controle do processo de compostagem, a relação C/N e o teor de N corresponderam aos resultados decorrentes da análise sobre a temperatura interna das leiras (tabela 4). Esses dois parâmetros estão intimamente ligados ao aumento da temperatura. Esta constatação ajuda a confirmar que a leira 2 não apresentou eficiência superior a leira 1, o que refletiu na disponibilidade de N ao final do processo. A leira 1 obteve 2% em massa de N a mais do que a leira 2 no composto curado.

O ponto negativo da utilização de ME na compostagem foi a quantidade final de C orgânico degradado durante o processo. A leira 1 que não recebeu nenhuma concentração no início do processo foi a que mais degradou o C orgânico presente

no composto. Hamoda, Qdais e Newham (1998) trabalharam na otimização da temperatura inicial em relação à degradação do C orgânico no processo da compostagem e os autores observaram que com uma maior extensão temporal da fase lag (fase de adaptação) no início da compostagem, maior era a degradação do carbono orgânico, sendo que este comportamento se estendia durante todo o processo de compostagem. A utilização de ME no início da compostagem acabou diminuindo a fase lag para as leiras 2 e 3. A leira 1 por sua vez, não recebeu nenhuma concentração de ME, e acabou gerando uma fase lag mais demorada, essa característica se refletiu numa maior degradação do carbono orgânico.

A relação C/N final encontrada é um reflexo da quantidade de N gerada e a quantidade de C degradada durante a compostagem. A leira 3 foi a que apresentou a relação C/N mais baixa ao final do processo, seguido da leira 1, e por último da leira 2, que possuiu a maior relação C/N dentre as três estudadas. Este comportamento foi reflexo da variação de temperatura de cada leira durante a compostagem, pois mesmo que a leira 1 tenha sido mais eficiente na degradação do C orgânico, a alta geração de N realizado pela leira 3 faz com que esta tenha a melhor eficiência tanto na geração de macronutrientes como no aumento da temperatura. Isso prova que a utilização do ME foi benéfica também para a geração de nutrientes no composto curado, proporcionando ao final um fertilizante bastante nutritivo rico em N, P e K em forma mineral.

Tratando-se das condições mínimas exigidas pela Instrução Normativa nº 25 (SAD MAPA, 2009) as três leiras apenas se aproximaram do valor estabelecido, que são: no mínimo 1% de N, 20% de C orgânico e relação C/N máxima de 18:1 (BRASIL, 2009). Entretanto, a leira 3 destaca-se devido a sua proximidade com a quantidade mínima de N, e a leira 1 devido ao seu valor de C orgânico que também ficou muito próximo do estabelecido. Para a relação C/N final, todas as leiras ficaram dentro do estabelecido. Em um contexto geral, nenhuma das leiras se enquadrou no que é exigido por esta lei. É importante salientar que a Instrução Normativa nº 25 (SAD MAPA, 2009) é utilizada para parametrizar a comercialização de fertilizantes, porém nada impede a utilização deste composto nas próprias propriedades rurais (BRASIL, 2009).

5.3. ANÁLISE DOS CONTAMINANTES PATOGÊNICOS

A análise da presença de microrganismos patogênicos no processo de compostagem é importante para garantir a qualidade ambiental do composto curado. O presente trabalho analisou a quantidade inicial e final das bactérias coliformes totais e termotolerantes, e o gênero específico *Salmonella* spp. O grupo denominado coliformes totais, é utilizado para avaliar as condições higiênicas, limpeza e sanificação, e os coliformes termotolerantes são indicadores de contaminação fecal (SIQUEIRA, 1995).

A tabela 7 apresenta os valores iniciais e finais de coliformes termotolerantes, coliformes totais e *Salmonella* spp. Como a presença da *Salmonella* spp não foi encontrada no início da compostagem, não foi necessário seu monitoramento ao final do processo. Dessa forma, não é possível afirmar que se caso fosse encontrado *Salmonella* spp no início do processo, com o desempenho das leiras neste trabalho seria possível eliminá-la do composto. Como os coliformes termotolerantes são mais resistentes ao aumento da temperatura em comparação com os coliformes totais, ao final do processo de compostagem foi utilizada apenas a avaliação da quantidade dos coliformes termotolerantes, pois são representativos no quesito resistência a altas temperaturas.

Tabela 7 - Valores iniciais e finais dos contaminantes Coliformes termotolerantes, Coliformes totais e *Salmonella* spp.

Contaminante	Resultado Inicial	Resultado Final		
		Leira 1	Leira 2	Leira 3
Coliformes termotolerantes (NMP/g)	>160000	14000	17000	400
Coliformes totais (NMP/g)	>160000	-	-	-
<i>Salmonella</i> spp (10g)	Ausência	-	-	-

A presença de *Salmonella* spp, assim como a quantidade de coliformes termotolerantes e coliformes totais no esterco animal é bastante relativa, ela varia

conforme a alimentação do animal, forma de criação, dentre outros fatores. A *Salmonella* spp apresentou ausência em 10 g de material seco, enquadrando o composto desde o início da compostagem nos padrões expressos na Instrução Normativa nº 27 (SAD MAPA, 2006) (BRASIL, 2006).

A Instrução Normativa nº 27 (SAD MAPA, 2006) determina como limite máximo aceitável de coliformes termotolerantes 1000 NMP.g⁻¹ (BRASIL, 2006). Entre as três leiras estudadas, a leira 3 foi a única que ficou abaixo do limite permitido, enquanto as leiras 1 e 2 por sua vez não alcançaram os valores mínimos exigidos na normativa.

A eliminação de microrganismos patógenos durante a compostagem está intimamente ligada ao aumento de temperatura das leiras e a capacidade de manter as altas temperaturas por um determinado tempo. Sahlström et al. (2008) estudaram a presença de coliformes patogênicos inoculados em substrato em temperaturas na faixa de 55 a 70 °C, variando o tempo de exposição das bactérias de 30 a 60 min. A temperatura de 55 °C e o tempo de 30 min não eliminou completamente os coliformes do substrato, porém, com um tempo de 60 min de exposição nenhuma das amostras apresentou presença de coliformes. O tempo de exposição das bactérias a temperaturas acima de 50 °C é um importante fator para a eliminação de patógenos.

Como exposto anteriormente, a leira 3 foi a mais eficiente na eliminação de coliformes em comparação com as demais leiras. A mesma manteve-se com temperaturas acima de 50 °C no período de 8 dias (entre os dias 23 e 30), promovendo uma higienização adequada ao composto, resultando em um valor final de coliformes termotolerantes 60% abaixo do valor mínimo exigido pela Instrução Normativa nº 27 (SAD MAPA, 2006).

Não diferente da maioria das demais análises realizadas durante este trabalho, a leira 1 se mostrou mais eficiente do que a leira 2 também no controle de coliformes. O tempo de exposição a altas temperaturas da leira 1 foi maior que a leira 2, conforme o que foi exposto na tabela 4, e isso proporcionou uma maior eficiência no controle de coliformes. As leiras 1 e 2 não conseguiram se enquadrar no que foi exigido pela Instrução Normativa nº 27 (SAD MAPA, 2006) para o parâmetro coliforme termotolerantes.

Não é correto afirmar que apenas a inoculação de ME na compostagem é o suficiente para a eliminação de coliformes. Mesmo que o aumento da temperatura

máxima interna das leiras se deu através do uso de ME, conforme a análise apresentada na figura 4, não foi apenas a inclusão do ME que causou a eliminação dos coliformes. Anteriormente foi abordado que o tempo de exposição de bactérias a altas temperaturas é quão importante quanto à temperatura máxima alcançada no processo. Dessa forma, o correto é afirmar que o uso de ME em altas concentrações (4 ml por litro de água) foi o principal fator a possibilitar que uma compostagem em pequena escala (0,7 m³ de volume) utilizando esterco bovino e ovino e serragem, elimine os coliformes em concordância com os padrões exigidos na Instrução Normativa nº 27 (SAD MAPA, 2006) (BRASIL, 2006).

Concentrações baixas de ME iguais as utilizadas pela leira 2 (2 ml por litro de água) não foram capazes de eliminar os coliformes do composto, não conseguindo alcançar o desempenho de eliminação de coliformes realizado pela leira 1, que não recebeu nenhuma quantidade de ME no início do processo.

Czapela (2016) realizou um trabalho de monitoramento da compostagem de resíduos agroindustriais de três propriedades do norte do estado do Rio Grande do Sul, sendo que nenhuma das propriedades utilizou ME para auxiliar na compostagem, ao final do processo. A propriedade 1 conseguiu se enquadrar no quesito coliformes termotolerantes segundo os valores instituídos pela Instrução Normativa nº 27 (SAD MAPA, 2006) (BRASIL, 2006), enquanto as propriedades 2 e 3 não promoveram a eliminação de coliformes termotolerantes para se enquadrar nos limite da instrução normativa. Segundo a autora, isso se deu pela falta de revolvimento/aeração no decorrer do processo, enquanto a propriedade 1 realizava revolvimentos constantes, as propriedades 2 e 3 não realizavam a aeração com frequência e isso refletiu no valor final de coliformes ao final do processo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A variação da temperatura das leiras durante o processo de compostagem foi satisfatória para as três leiras estudadas. As fases termofílica e de maturação foram alcançadas para ambas as leiras e as temperaturas máximas alcançadas ficaram em uma faixa de temperatura aceitável para uma boa compostagem. A utilização de ME em maior concentração acabou sendo benéfica para a compostagem de esterco bovino e ovino em pequena escala, o que fez com que o composto alcançasse maiores temperaturas, mantendo-as altas por um maior período de tempo e

resultando em uma eficiência na remoção de patógenos e na acumulação de N, P e K.

Portanto, a compostagem de esterco bovino e ovino em pequena escala com o uso de ME se mostrou bastante viável, resultando em um composto final livre de contaminação por patógenos. O composto produzido pode ser utilizado em canteiros de verduras e flores como também na fruticultura, diminuindo o impacto ambiental e aumentando a carga de nutrientes em comparação com o uso de esterco cru como fertilizante. Em trabalhos futuros pode ser testada a compostagem com maiores concentrações de ME, para alcançar maiores temperaturas, utilizando um maior número de leiras, pois as concentrações utilizadas neste trabalho não apresentaram grande diferença no aumento das temperaturas, essas que ficaram muito próximas da temperatura de eliminação de patógenos.

REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J. C. **Métodos Simplificados de Análise de Fertilizantes Minerais**. Brasília: Ministério da agricultura, 1982.
- ANDRADE, F. M. C. de; BONFIM, F. P. G.; HONÓRIO, I. C. G.; REIS, I. L.; PEREIRA, A. de J.; SOUZA, D. de B. **Caderno dos microrganismos eficientes (EM): instruções práticas sobre o uso ecológico e social do EM**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2011.
- ANDREOLI, C. V.; FERREIRA, A.C.; CHERUBINI, C.; TELES, C.R.; CARNEIRO, C.; FERNANDES, F. Higenização do Lodo de Esgoto. In: ANDREOLI, C.V. **Resíduos Sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: ABES, 2001.
- BARREIRA, L.P. **Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção**. Tese. (Doutorado). Programa de Pós Graduação em Saúde Pública, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.
- BATTIROLA, Deise Mara; TORRES, Vladimir Stolzenberg; SCHERER, Elói Erhard. **Avaliação da compostagem do lixo orgânico e do esterco bovino por diferentes agentes biológicos**. Biotemas, v. 11, n. 2, p. 71-84, 1998.
- Brasil. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Mapa. Instrução Normativa Mapa nº 25, de 23 de julho de 2009.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 27, de 05 de junho de 2006. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Publicado no Diário Oficial da União de 09/06/2006, Seção 1, Página 15. Brasília-DF, 2006.
- BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. (1999). **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos: EDUSP, 1999. 109 p.
- BONFIN, F. P. G.; HONORIO, I. C. G.; REIS, I. L.; PEREIRA, A. J. e SOUZA, D. B. **Caderno dos microrganismos eficientes (EM): Instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2011.
- BRITO, M. J. C. **Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial de utilização do composto substrato**. 2008. 124f. Dissertação (Mestrado). Pós-graduação em Engenharia de Processos, Universidade Tiradentes. Aracaju, 2008.
- CAETANO, M. I. **Micro-organismos Eficentes (EM's) na compostagem de palha de cana-de-açúcar e esterco bovino**. 2014. 70 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Curso de Engenharia Ambiental – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.

CATANI, R. A.; PAIVA NETO, J. K. de. **Dosagem do potássio e sódio pelo: Sua aplicação em análise de solo.** Bragantia, [s.l.], v. 9, n. 9-12, p.175-183, 1949. FapUNIFESP (SciELO).

CEMPÍRKOVÁ R.; ŠOCH, M. **The analysis of real microbiological risks for dissociated slurry.** Agricultura tropica et subtropica, v.40(4), 2007.

COSTA, Mônica S. S. de M. et al. **Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, [s.l.], v. 13, n. 1, p.100-107, fev. 2009. FapUNIFESP (SciELO).

COSTA, M.S.S.M. et al. **Desempenho de quatro sistemas para compostagem de carcaça de aves.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.10. n.3, p.692-698, 2006.

CZAPELA, Fabiane Fernanda. **Avaliação microbiológica em processos de compostagem de resíduos agroindustriais em pequena escala.** 2016. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, 2016.

D´Almeida MLO, Vilhena A (coord). **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado.** 2ª edição. São Paulo: IPT/CEMPRE. 2000.

De Bertoldi M, Vallini G, Pera A. **The biology of composting: A review.** Waste Man & Res. 1983; p. 153-176.

DEMETRIO, Luís Fernando Firmino et al. **Compostagem em pequena escala de resíduos sólidos de restaurante universitário associado a poda de árvores.** In: XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS, 8., 2016, Artigo. Poços de Caldas: Atica, 2016.

Diário Oficial do Estado de São Paulo. **Relatório de qualidade ambiental do estado de São Paulo.** São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente; 2004.

DIAS, Sandra Maria Furiam; VAZ, Luciano Mendes Souza. **Métodos de monitoramento no processo de aeróbico de compostagem.** Sientibus, Feira de Santana, n. 15, p.233-240, maio 1996.

Farrel, M. and D. L. Jones. 2009. Critical evaluation of municipal solid waste composting and potential compost markets. Bioresour. Technol. 100: 4301-4310.

FUREDY, C. **Reduzindo os Riscos para a Saúde do Uso do Lixo Orgânico Sólido Urbano.** Revista Agricultura Urbana. n.3, março, 2001.

GONÇALVES, M. A; TANAKA, A. K.; AMEDOMAR, A. A. **A destinação final dos resíduos sólidos urbanos: alternativas para a cidade de São Paulo através de casos de sucesso.** Future Studies Research Journal, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 96-129, jan/jun 2013.

GERVAZIO, Wagner et al. Uso de Microrganismos Eficientes (Em) na Recuperação de Solos Degradados. In: SEMINÁRIO DE AGROECOLOGIA DA AMÉRICA DO SUL, 1., 2014, Dourados. **Artigo**. Dourados: Cadernos de Agroecologia, 2014. v. 4, Gray KR, Sherman K, Biddlestone AJ. **A review of composting**, Part 1. Proc Bioch 1971; 6(10): 22-28.

HAMERSCHMIDT, Iniberto; OLIVEIRA2, Stela de. **Alimentação saudável e sustentabilidade ambiental nas escolas do paraná**. Curitiba: Emater, 2014.

HAMODA, M.f.; QDAIS, H.a. Abu; NEWHAM, J.. **Evaluation of municipal solid waste composting kinetics**. Resources, Conservation And Recycling, [s.l.], v. 23, n. 4, p.209-223, set. 1998. Elsevier BV.

HERBETS, R. A. et al. **Compostagem de resíduos sólidos orgânicos: aspectos biotecnológicos**. Health And Environmental Journal, v. 6, n. 1, p.41-50, jun. 2005.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Disponível no site. <http://www.ibge.gov.br>, acesso em 5 de novembro de 2016.

ISMAEL, L. L.; PEREIRA, R. A.; FARIAS, C. A. S.; FARIAS, E. T. R. Avaliação de composteiras para reciclagem de resíduos orgânicos em pequena escala. **Revista Verde**. v. 8, n. 4, p. 28-39, out-dez, 2013.

JUNIOR, A. B. C.; ZANTA, V. M.; LANGE, L. C.; GOMES, L. P.; PESSIN, N. **Resíduos Sólidos Urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Rio de Janeiro: Rima: ABES, 2003. 294 p.

JUSOH, Mohd Lokman Che; MANAF, Latifah Abd; LATIFF, Puziah Abdul. **Composting of rice straw with effective microorganisms (EM) and its influence on compost quality**. Iranian Journal Of Environmental Health Science & Engineering, [s.l.], v. 10, n. 1, p.10-17, 2013. Springer Nature.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: E. J. Kiehl, 2002. 171p.

KIEHL, E.J. **Manual de Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto**. 4ª ed. Piracicaba, SP. 173 p., 2004.

LANARV. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes métodos oficiais**. Ministerio da Agricultura, 1983.

Lopez-Real JM. **Agroindustrial waste composting and its agricultural significance**. Proceedings of the Fertilizer Society 1990; 293: I -26.

LOUREIRO, Diego Campana et al. **Compostagem e vermicompostagem de resíduos domiciliares com esterco bovino para a produção de insumo orgânico**. **Pesq. Agropec. Bras.**, [s.l.], v. 42, n. 7, p.1043-1048, jul. 2007. FapUNIFESP (SciELO).

MAGRINI, F. E.; CAMATTI-SARTORI, V.; VENTURIN, L.. **Avaliação Microbiológica, pH e Umidade de Diferentes Fases de Maturação do Biofertilizante Bokashi**. Rev. Bras. de Agroecologia, v.4, n.2, p.431-435, 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizante e corretivos**. Brasília: Conab, 2014.

MASSUKADO, Luciana Miyoko. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares**. 2008. 182 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências da Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

MILLNER, Patricia et al. **Pathogen reduction in minimally managed composting of bovine manure**. Waste Management, [s.l.], v. 34, n. 11, p.1992-1999, nov. 2014.

NAVIA-CUETIA, CARLOS ANDRES et al . Evaluación de diferentes formulaciones de compostaje a partir de residuos de cosecha de tomate (*Solanum lycopersicum*). Rev.Bio.Agro, Popayán , v. 11, n. spe, p. 165-173, Dec. 2013.

OLIVEIRA, Francisco Nelsieudes Sombra; LIMA, Hermínio José Moreira; CAJAZEIRA, João Paulo. **Uso da Compostagem em Sistemas Agrícolas Orgânicos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 17 p.

PAIVA, E.C.R.; MATOS, A.T.; COSTA, T.D.R. **Comportamento do pH e da temperatura do material durante a compostagem de carcaça de frango com diferentes materiais orgânicos**. I Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2010.

PANDEY, P.K., SOUPIR, M.L., 2011. **Escherichia coli inactivation kinetics in anaerobic digestion of dairy manure under moderate, mesophilic and thermophilic temperatures**. AMB Express 1, 18.

PANDEY, P.K., BISWAS, S., VADDELLA, V.K., SOUPIR, M.L., 2015. **Escherichia coli persistence kinetics in dairy manure at moderate, mesophilic, and thermophilic temperatures under aerobic and anaerobic environments**. Bioproc Biosyst. Eng. 38, 457 end 467.

PANDEY, Pramod K. et al. **A new closed loop heating system for composting of green and food wastes**. Journal Of Cleaner Production, [s.l.], v. 133, p.1252-1259, out. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.114>.

PEDROSA, T.d. et al. **Monitoramento dos Parâmetros Físico-Químicos na Compostagem de Resíduos Agroindustriais**. Nativa, [s.l.], v. 1, n. 1, p.44-48, 30 nov. 2013. Revista Nativa. <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v01n01a08>.

PEREIRA, Dercio Ceri; WILSEN NETO, Alfredo; NÓBREGA, Lúcia Helena Pereira. **Adução orgânica e algumas aplicações agrícolas**. Varia Scientia Agrárias, Cascavel, v. 3, n. 2, p.159-174, fev. 2013.

PEREIRA NETO, J.T. **Tratamento, reciclagem e impacto ambiental de dejetos agrícolas**. In: CONFERÊNCIA SOBRE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE, 1., 1992, Viçosa. Anais... Viçosa: UFV-NEPEMA, 1994. p.61-74.

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. Belo Horizonte: UNICEF, 1996. 56 p.

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

PERSPECTIVAS AGRÍCOLAS 2015-2024. São Paulo: Oede-FAO, v. 21, 2015.
PESSIN, N.; FERNANDES, F.; PANAROTTO, C.T.; FINOTTI, A.R.; SCHNEIDER, V.E.; SILVA, S.M.C.P.; HOSSAKA, A.L.; TELH, M. Métodos de transformação e aproveitamento da fração orgânica: minimização da quantidade de resíduos dispostos em aterro. In: CASTILHOS JR, A.B. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção dos corpos d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários. Rio de Janeiro, ABES, PROSAB. 2006. p. 17-64.

PRESSINOTI, Q. H. C.; CARTER, J. M.; **Apostila do Curso para Analistas de Fertilizantes – Centro de Estudos de Fertilizantes – CEFER**, São Paulo. 1987

QUISPE LIMAYLLA, Aníbal. **El valor potencial de los residuos sólidos orgánicos, rurales y urbanos para la sostenibilidad de la agricultura**. Rev. Mex. Cienc. Agríc, Texcoco , v. 6, n. 1, p. 83-95, feb. 2015.

REIS, M.F.P. **Avaliação do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos**. Tese. 2005. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.

RICARDO, Douglas Linz. **Caracterização física dos resíduos sólidos urbanos domiciliares do município de Rolim de Moura – RO**. 2014. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia Campus de Ji-paraná, Ji-paraná, 2014.

Rodrigues MS. Resíduos orgânicos como matéria-prima para compostagem. In: **SICOM – Simpósio sobre Compostagem – “Ciência e Tecnologia”**; 2004 ago 19-20; Botucatu (SP). Botucatu: Universidade Estadual Paulista; 2004. p. 1-27.

SÁ, Mariangela Facco de. **Dinâmica da população de coliformes após a aplicação de dejetos de suínos no solo e durante a sua compostagem automatizada**. 2012. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de pós-graduação em ciência do Solo, Centro de ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

SÁ, E. V. M. **Validação de um modelo de compostagem usando um composto doméstico**. 2009. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente), Universidade de Aveiro, 2009.

SAHLSTRÖM, Leena et al. **A laboratory study of survival of selected microorganisms after heat treatment of biowaste used in biogas plants**. *Bioresource Technology*, [s.l.], v. 99, n. 16, p.7859-7865, nov. 2008. Elsevier BV.

SCHALCH, V.; LEITE, W. C. A.; JUNIOR, J. L. F.; CASTRO, M. C. A. A. **Apostila Gestão e Gerenciamento dos Resíduos Sólidos**. São Carlos-SP: Universidade de São Paulo – USP, Escola de Engenharia de São Carlos, 2002. 40 p.

SILVA, M.C.; PINTO F,; SILVA E, A,; PEREIRA M,; QUENTAL L, N,; **Compostagem em Portugal**. Escola Superior de Biotecnologia, 23 jun. 2003. Disponível em: <<http://www.esb.ucp.pt/compostagem>>. Acesso em:11 de outubro de 2016.

SILVA, M.S.; COSTA, L.A.DE.M.; SESTAK, M.; OLIBONE, D.; KAUFMANN, A.V.; ROTTA, S.R.; SESTAK, R. **Monitoramento da temperatura em dois sistemas de compostagem (com e sem aeração forçada) de resíduos sólidos da indústria de desfibrilação de algodão com diferentes tipos de inóculo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. Anais...Cascavel: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001.

SILVA, N. da; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2001.

SIQUEIRA, R. S. **Manual de microbiologia de alimentos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Tecnologia Agroindustrial de Alimentos – CTAA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, 1995.

STEINFELD,H.; GERBER, P.; WAAENAAR, T.; CASTEL, V.; ROSALES, M.; HAAN, C. **Livstock long shadow – environmental issues and options**. Roma: FAO, 2006, 391 p.

TEIXEIRA, L.B. et al. **Processo de compostagem a partir de lixo orgânico urbano e caroço de açaí**. Circular Técnica, 29, Embrapa, Belém, 8 p, 2002.

TEDESCO, J.M.; GIANELLO, C. & BISSANI, C.A. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J. E BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 188p. Boletim Técnico, 5.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MORSELLI, T. B. G. A.; JAHNKE, D. S.; BRUM JR., B. de. S.; 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. 5, p. 59-85, 2009.

VAN FAN, Yee et al. **Evaluation of Effective Microorganisms on home scale organic waste composting**. Journal Of Environmental Management, [s.l.], p.1-8, abr. 2017.

VICENTINI, Luciene Soares; CARVALHO, Kelen; RICHTER, Ana Simone. **Utilização de Microorganismos Eficazes no Preparo da Compostagem**. Revista Brasileira de Agroecologia, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p.3367-3370, nov. 2009.

VITORINO, K.M.N.; PEREIRA NETO, J.T. **Estudo da compostabilidade dos resíduos da agricultura sucroalcooleira**. In: CONFERÊNCIA SOBRE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE, 1., 1992, Viçosa - MG. Anais... Viçosa - MG: UFV-NEPEMA, 1994. p.121-32.

VINNERÄS, B., A. BJÖRKLUND, AND H. JÖNSSON. 2003. **Thermal composting of faecal matter as treatment and possible disinfection method-laboratory scale and pilot scale studies**. Bioresour. Technol. 88: 47-54.

VOGEL, A. I.; **Análise química quantitativa**. 6ª edição. Editora LTC, Rio de Janeiro, 2002.

Zucconi F, De Bertoldi M. **Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste**. In: M. de Bertoldi, editor. Compost.- Production, Quality and Use. pp.30-60, 1986.

Welker CAD, Both JMC, Longaray SM, Haas S, Soeiro MLT, Ramos RC. **Análise microbiológica dos alimentos envolvidos em surtos de doenças 15 transmitidas por alimentos (DTA) ocorridos no estado do Rio Grande do Sul, Brasil**. R. bras. Bioci., Porto Alegre, v.8, n.1, p. 44-48, jan/mar. 2010.

YENGAR, S. R.; BHAVE, P.P. **In-vessel composting of household wastes**. Waste Management, 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 14 outubro 2016.