

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS – UFPel
Centro de Engenharias
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais
Mestrado em Ciências Ambientais



**Parâmetros físico, químicos e de toxicidade no processo de compostagem de
resíduos orgânicos de serviços alimentares**

Liciane Oliveira da Rosa

Pelotas
2020

Liciane Oliveira da Rosa

**Parâmetros físico, químicos e de toxicidade no processo de compostagem de
resíduos orgânicos de serviços alimentares**

Dissertação/apresentado (a) ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, do Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas – UFPel, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Érico Kunde Corrêa

**Pelotas
2020**

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

R788p Rosa, Liciane Oliveira da

Parâmetros físico, químicos e de toxicidade no processo de compostagem de resíduos orgânicos de serviços alimentares / Liciane Oliveira da Rosa ; Erico Kunde Corrêa, orientador. — Pelotas, 2020.

66 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, 2020.

1. Estabilização. 2. Composto orgânico. 3. Resíduos. 4. Fitotoxicidade. I. Corrêa, Erico Kunde , orient. II. Título.

CDD : 363.7

Elaborada por Maria Inez Figueiredo Figas Machado CRB: 10/1612

Liciane Oliveira da Rosa

Parâmetros físico, químicos e de toxicidade no processo de compostagem de
resíduos orgânicos de serviços alimentares

Dissertação aprovada como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em
Ciências Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, do
Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa:

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Érico Kunde Corrêa (Orientador)

Doutor em Biotecnologia pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Matheus Francisco da Paz

Doutor em: Ciência Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Flávio Reina Abib

Doutor em: Ciência e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Michel David Gerber

Doutor em: Ciência Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Robson Andreazza (suplente)

Doutor em: Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedicatória.
Deus por todo suporte

AGRADECIMENTOS

Deus,

Meu primeiro agradecimento sempre será para você! Meu suporte, meu alicerce e que em todos os momentos da minha vida me ensinou a ter fé! E que sempre está ao meu lado me mostrando que tudo é possível.

Família,

Muito obrigada por estarem em todas as etapas desta louca e corrida vida de pós-graduando! Obrigada por todo o apoio e incentivo! Desculpa-me por muitas vezes me abdicar de estar ao lado de vocês ou até mesmo deixar de participar de atividades familiares em razão dos meus estudos, por isso dedico este trabalho a vocês. AMO VOCÊS.

Nick,

Meu filho de quatro patas! Meu companheiro fiel que está do meu lado desde a graduação, que sempre me acalma com um olhar ou um carinho, me mostrando o verdadeiro sentido da palavra AMOR! Através de você amadureci, pois, um ser depende de mim para sobreviver e ser feliz.

Professor Érico

Obriga pela orientação, confiança e por acreditar em mim! Mas, principalmente por despertar em mim esse amor na pesquisa.

Miguel

Não existem palavras para agradecer o que você fez por mim e também por ser essa pessoa iluminada que alegra meus dias no laboratório.

Amigos do NEPERS

Obrigada por toda ajuda e colaboração.

PPGCamb,

Obrigada pela oportunidade de continuar meus estudos.

Mestres,

Obrigada por todos os ensinamentos ao longo desta caminhada!

“Quando recebemos um ensinamento devemos receber como um valioso presente e não como uma dura tarefa. Eis aqui a diferença que transcende.”

Albert Einstein.

RESUMO

ROSA, Liciane Oliveira. **Parâmetros físico, químicos e de toxicidade no processo de compostagem de resíduos orgânicos de serviços alimentares.** 2020. 66f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, 2020.

Diante da crescente geração de resíduos orgânicos no setor de serviços alimentares, a compostagem surge como uma alternativa para o tratamento da fração orgânica desse material diretamente na fonte. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a estabilização dos resíduos orgânicos do pré-preparo e pós-preparo de serviços alimentares em um experimento de dois volumes diferentes pelo processo de compostagem, através dos parâmetros físicos, químicos e toxicológicos. Para a realização deste trabalho foi elaborado experimento em um fatorial 2x3, com dois de volumes diferentes (90 e 180L) e três materiais distintos, sendo eles: resíduos do pré-preparo, pós preparo e pré e pós-preparo em igual proporção. Em todos os reatores utilizou-se casca de arroz como material estruturante. Os experimentos foram executados em duplicata e foram mantidos ao abrigo de intempéries no período de dezembro de 2018 a abril de 2019, compreendendo 120 dias, com revolvimento e retirada de amostras analíticas a cada 30 dias. Durante esse período, as variáveis respostas utilizadas foram temperatura e umidade da compostagem e ambiente, bem como presença de vetores. Nas amostras retiradas, analisou-se parâmetros físico-químicos como: pH, Condutividade Elétrica, Carbono Orgânico, Nitrogênio Total Kjeldahl, Relação Carbono e Nitrogênio, Teor De Umidade, Matéria Mineral E Fósforo Total e Análises Fitotóxicológicas. Foi possível constatar em toda a condição experimental curva padrão de desenvolvimento microbiano em compostagem, que incluem a fase termofílica. Os resultados mostraram que os parâmetros físico-químicos se adequaram parcialmente ao limite estipulado pela legislação brasileira vigente, com exceção da relação C/N dos tratamentos com resíduos de pré-preparo, que resultaram com os valores maiores que o recomendável. Já em relação aos resultados fitotóxicos todos os tratamentos alcançaram valores dentro do limite recomendado por órgãos internacionais de controle toxicológico, indicando assim ausência de toxicidade no composto orgânico. Portanto, é possível concluir que os tratamentos com resíduos do pré-preparo devem ser somente utilizados em conjunto com resíduos pós-preparo, e que estes podem ser utilizados apenas com adição de material estruturante.

Palavras-chave: Estabilização; Composto orgânico; Resíduos; Fitotoxicidade.

ABSTRACT

ROSA, Liciane Oliveira. **Physical, chemical and toxicity parameters in the composting process of organic residues from food services.** 2020. 66f. Dissertation (Master in Environmental Sciences) - Postgraduate Program in Environmental Sciences, Engineering Center, Federal University of Pelotas, 2020.

Facing the growing generation of organic residues in the foodservice sector, composting emerges as an alternative for treating the organic fraction of this material directly at the source. In this context, the objective of this work was to evaluate the stabilization of organic residues from the pre-preparation and post-preparation of food services in an experiment of two different volumes by the composting process, through the physical, chemical, and toxicological parameters. To carry out this work, an experiment was developed in a 2x3 factorial, with two different volumes (90 and 180L) and three different materials, namely: pre-preparation residues, post-preparation, and pre and post-preparation in equal proportion. In all reactors, rice husk was used as a structuring material. The experiments were carried out in duplicate and were kept sheltered from the weather from December 2018 to April 2019, comprising 120 days, with revolving and removal of analytical samples every 30 days. During this period, the response variables used were compost temperature and humidity and the environment, as well as the presence of vectors. In the samples taken, physical-chemical parameters were analyzed, such as pH, Electrical Conductivity, Organic Carbon, Total Kjeldhal Nitrogen, Carbon and Nitrogen Ratio, Moisture Content, Mineral Matter and Total Phosphorus and Phytotoxicological Analysis. It was possible to verify in all the experimental conditions a standard curve of microbial development in composting, which includes the thermophilic phase. The results showed that the physical-chemical parameters were partially adapted to the limit stipulated by the current Brazilian legislation, except for the C/N ratio of the treatments with pre-prepared residues, which resulted in values higher than recommended. Regarding phytotoxic results, all treatments reached values within the limit recommended by international organizations of toxicological control, thus indicating the absence of toxicity in the organic compost. Therefore, it is possible to conclude that treatments with pre-preparation residues should only be used in conjunction with post-preparation residues and that these can be used only with the addition of structuring material.

Keywords: Stabilization. Organic compost. Residues. Phytotoxicity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fluxograma das etapas do trabalho	31
Figura 2: Reatores.....	33
Figura 3: Pilhas	33
Figura 4: Temperatura dos tratamentos ao longo do processo de compostagem.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos resíduos sólidos segundo sua periculosidade	19
Tabela 2: Fontes de geração dos resíduos sólidos	19
Tabela 3: Valores dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos	30
Tabela 4: Percentuais dos materiais utilizados nos tratamentos.....	33
Tabela 5: Classificação de presença de vetor	34
Tabela 6: Médias das temperaturas ao longo do processo de compostagem.....	37
Tabela 7: Monitoramento de vetor.....	39
Tabela 8: Volume da massa final dos tratamentos.....	40
Tabela 9: Potencial Hidrogeniônico dos tratamentos	41
Tabela 10: Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) dos tratamentos	42
Tabela 11: Carbono Orgânico (% base seca) dos tratamentos.....	43
Tabela 12: NTK (%) dos tratamentos	44
Tabela 13: Relação C/N dos tratamentos.....	45
Tabela 14: Teor de umidade (%) dos tratamentos	46
Tabela 15: Matéria Mineral (%) dos tratamentos.....	47
Tabela 16: Fósforo Total dos tratamentos.....	47
Tabela 17: Índice de Germinação (%) para semente de alface.....	48
Tabela 18: Índice de Germinação (%) para semente de Rabo-de-Galo.....	49
Tabela 19: Índice de Germinação (%) para semente de Pepino	50

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ANR	Associação dos restaurantes
AOAC	Official methods of analysis
Art.	Artigo
CEMPRE	Compromisso Empresarial para Reciclagem
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GEE	Gases de Efeito Estufa
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil
MG	Minas Gerais
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NBR	Norma Brasileira
NEPERS	Núcleo de Ensino e pesquisa de Resíduos e sustentabilidade
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RS	Resíduos Sólidos
RSO	Resíduos Sólidos Orgânicos
SDA	Secretária de Agricultura
UFPeI	Universidade Federal de Pelotas

LISTA DE SÍMBOLOS

§	Inciso
AL	Alongamento
CA	Casca de arroz
C/N	Relação carbono nitrogênio
G	Germinação
IG	Índice de germinação
MO	Matéria orgânica
m/v	Relação massa volume
NSC	Número de sementes germinadas no extrato do composto/controle
NT	Nitrogênio total
ALB	Somatório do alongamento das raízes no branco
ALC	Somatório do alongamento das raízes no composto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS	17
1.2 Objetivo geral.....	17
1.3 Objetivos específicos	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 Legislação ambiental aplicada à resíduos sólidos e compostagem.....	18
2.2 Resíduos sólidos orgânicos (RSO)	20
2.3 Resíduos de serviço de alimentação.....	21
2.4 Compostagem.....	21
2.4.1 Parâmetros que Influenciam o Processo de Compostagem	23
2.5 Material estruturante	26
2.5.1 Cascas de arroz.....	26
2.6 Micro-organismos	27
2.7 Toxicologia.....	27
2.7.1 Fitotoxicidade.....	28
2.8 Composto orgânico.....	28
2.9 Legislação Brasileira.....	28
2.9.1 Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil, MAPA.....	28
3 MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1 Local de estudo.....	31
3.1.1 Sistema de segregação e coleta dos resíduos orgânicos.....	32
3.1.2 Quantificação e armazenamento dos resíduos orgânicos	32
3.1.3 Montagem do sistema experimental	32
3.1.4 Monitoramento dos experimentos.....	33
3.2 Amostragem	34
3.3 Quantificação do volume da massa final	35
3.4 Análises laboratoriais	35
3.4.1 Parâmetros físico-químicos	35
3.5 Análises toxicológicas	36
3.5.1 Índice de Germinação (IG)	36
3.6 Análise estatística	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37

4.1	Temperatura	37
4.2	Monitoramento de presença de vetor	38
4.3	Volume da massa final	40
4.4	Físico-químicos	41
4.4.1	Potencial Hidrogeniônico (pH)	41
4.4.2	Condutividade Elétrica (CE)	42
4.4.3	Carbono Orgânico	43
4.4.4	Nitrogênio NTK	44
4.4.5	Relação Carbono/Nitrogênio	44
4.4.6	Teor de Umidade	46
4.4.7	Matéria Mineral	47
4.4.8	Fósforo Total	47
4.5	Índice de germinação	48
4.5.1	Alface (<i>Lactuca sativa</i> L.)	48
4.5.2	Rabo-de-Galo (<i>Celosia plumosa</i> L.)	49
4.5.3	Pepino (<i>Cucumis sativus</i>)	50
5	CONCLUSÃO	52
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

1 INTRODUÇÃO

Atualmente devido ao aumento populacional, urbanização e das mudanças no comportamento de consumo, cada vez mais são geradas maiores quantidades de resíduos sólidos (RS) (LOHRI *et al.*, 2017). Estima-se que a produção diária de RS em todo o mundo deve alcançar até o final do século 21, 11 milhões de toneladas, fazendo com que estes se tornem os maiores causadores de impactos ambientais (HOORNWEG; BHADA-TATA; KENNEDY, 2013).

A fração orgânica desses resíduos em particular tem ocupado um elevado percentual, tanto em geração quanto em disposição, e seu descarte inadequado provoca diversos impactos no meio ambiente a partir de todos os tipos de poluição: poluição do ar, da água e do solo, o que culmina em impactos na saúde humana e nos ecossistemas (GHINEA *et al.*, 2018).

Levando em consideração esses aspectos negativos que os descartes inadequados dos resíduos orgânicos causam, o manejo eficiente é considerado um desafio ambiental, fazendo surgir à necessidade de reincorporar esses resíduos aos sistemas naturais de maneira ambientalmente correta, evitando assim impactos graves no meio ambiente (IBÁÑEZ-FORÉS *et al.*, 2019).

De acordo com o Panorama de Resíduos Sólidos publicado pela Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2018) estima-se que mais de 50% de resíduos gerados nos municípios brasileiros que são descartados em aterros sanitários e a céu aberto é de origem orgânica. Este descarte incorreto pode, além de causar impactos ambientais negativos, tornar-se uma fonte de proliferação de vetores como insetos e roedores, que podem transmitir doenças ao homem pela disposição inadequada desses resíduos (RODRIGUES *et al.*, 2015).

O setor gastronômico contribui de forma significativa para geração de resíduos, principalmente na transformação da matéria-prima, especialmente os resíduos orgânicos que são passíveis de reaproveitamento. Esses resíduos gerados em restaurantes são provenientes do pré-preparo das refeições, sendo as cascas, folhas e talos e do pós-preparo, que são sobras e os restos das refeições. Geralmente, esses resíduos não são reaproveitados e são enviados diretamente para aterros sanitários ou depositados a céu aberto (DOMINGUES; THOMAZ; SIMÕES, 2016; TURCHETTO *et al.*, 2016).

Segundo a Associação Nacional dos Restaurantes (ANR, 2020), os restaurantes são um dos setores que mais cresceram entre os anos de 2010 a 2019, conseqüentemente aumentando significativamente a geração de resíduos de alimentos, que em muitos casos ultrapassa a quantidade consumida (WRAP, 2013).

Esses resíduos orgânicos de restaurantes são gerados a partir do desperdício de alimentos e da falta de gerenciamento ambientalmente adequado, o que tem se tornado um problema cada vez maior no setor (PISTORELLO *et al.*, 2015). Por conta disso, segundo Dias *et al.*, (2012), a gestão desses resíduos no âmbito gastronômico estabeleceu-se como uma meta mais presente nos dias de hoje, sendo uma estratégia de preservação do meio ambiente, assim como de promoção e proteção da saúde (GOUVEIA, 2012).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, Lei 12.305/2010 estipula mudanças na forma de gerenciar os resíduos sólidos. Entre as mudanças, a PNRS determina a destinação dos resíduos orgânicos para a compostagem sendo uma alternativa ambientalmente correta, segura e de baixo custo que pode contribuir com a redução dos passivos ambientais e os esgotamentos dos aterros sanitários (BRASIL, 2010).

Ainda de acordo com a PNRS, no âmbito da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, cabe ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, implantarem sistemas de compostagem para resíduos sólidos orgânicos, e articular com os agentes econômicos e sociais, formas de utilização do composto produzido (BRASIL, 2010).

Manu, Kumar e Garg (2019) descrevem a compostagem como um processo de degradação da fração orgânica dos resíduos sólidos. Esse processo é efetuado pela ação de diversos microrganismos em condições controladas de oxigênio e demais parâmetros, sendo desenvolvida em duas etapas: uma de degradação e outra de maturação.

Podem ser utilizados resíduos de diversos tipos, como restos de alimentos, frutas, legumes, verduras, cascas, folhas, podas de árvores, dentre outros tantos. Por ser um processo de degradação em um ambiente úmido e aeróbio, com produção de dióxido de carbono (CO₂), calor, água e minerais, gera uma matéria orgânica estabilizada, definida como composto ou húmus, sendo fonte de nutrientes e utilizado como adubo orgânico (PAIXÃO *et al.*, 2012; WANG; SELVAM; WONG,

2016) favorecendo as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (CHERUBIN *et al.*, 2015).

A compostagem é um processo complexo que transforma os resíduos orgânicos em um composto estabilizado de valor agrônômico (AMBARISH; SRIDHAR, 2013). No entanto, é preciso que esse processo seja realizado em boas condições, envolvendo diversos grupos de microrganismos e reações físico-químicas (WANG; SELVAM; WONG, 2016) que implicam diretamente no tempo de estabilização e maturação do composto (PEDROSA *et al.*, 2013), sendo eles: temperatura, pH, umidade, condutividade, nitrogênio, carbono e fósforo.

É fundamental que o composto esteja dentro dos padrões determinados pela legislação para não ocorrer efeitos negativos não somente no solo, mas também na fauna e flora, por isso, devem ser realizadas análises pertinentes deste composto de acordo com a origem do material utilizado na compostagem (KARTHIGEYAN; ALAGESAN, 2011; LIMA *et al.*, 2017).

Tendo em conta estas considerações, a principal motivação para a realização deste trabalho foi à possibilidade de avaliar a estabilização dos resíduos orgânicos gerados dos serviços alimentares através do processo de compostagem, pela análise dos parâmetros físico-químicos e toxicológicos contribuindo para a solução em relação ao manejo adequado desses resíduos.

1.1 OBJETIVOS

1.2 Objetivo geral

Avaliar a estabilização dos resíduos orgânicos do pré-preparo e pós-preparo de serviços alimentares em um experimento de dois volumes diferentes pelo processo de compostagem, através dos parâmetros físicos, químicos e toxicológicos.

1.3 Objetivos específicos

- Análise da temperatura, umidade, carbono, nitrogênio e fósforo da compostagem de resíduos orgânicos de serviços alimentares,
- Avaliar a fitotoxicidade dos compostos obtidos no processo de compostagem de resíduos provenientes de um restaurante, utilizando três espécies de sementes;
- Comparar os resultados das análises com a legislação brasileira vigente e com órgãos internacionais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Legislação ambiental aplicada à resíduos sólidos e compostagem

A preocupação com a disposição dos resíduos sólidos fez surgir legislações que visam uma gestão correta, entre elas a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que determina a destinação e disposição final ambientalmente adequada (FRANÇA *et al.*, 2014). Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2013) a Política Nacional de Resíduos Sólidos foi instituída pela Lei Federal n.º 12.305, de 02 de agosto de 2010, após dois anos de negociação onde houve uma grande participação social, tendo como objetivo regradar o gerenciamento dos resíduos sólidos em função dos resíduos gerados em todo o território nacional (NASCIMENTO, 2017).

Em seu artigo 1º, a PNRS discorre sobre o objetivo da mesma, que visa disciplinar à gestão integrada e o gerenciamento de resíduos sólidos, bem como os princípios, objetivos e instrumentos que dão viabilidade e atribuindo responsabilidades aos geradores de resíduos, o poder público, pessoa física e pessoa jurídica, que geram de forma direta e/ou indireta resíduos, sendo toda sociedade responsável pela gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos (MMA, 2013). Essa ideia é reforçada no artigo 25 da mencionada lei, que atribui a responsabilidade da Política Nacional de Resíduos Sólidos ao Poder Público, ao Setor Empresarial e a Coletividade (NOGUEIRA, 2014). De acordo com Munhoz (2015) a PNRS estabelece novos paradigmas e normatiza conceitos como: não geração, minimização de resíduos, mudança na prioridade de manejo dos resíduos, valorizando o reaproveitamento dos materiais, através de reciclagem, biodigestão e compostagem. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004) NBR-10.004/2004, RS são definidos como:

“[...] resíduos nos estados sólidos e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de Tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível” (ABNT, 2004).

A Norma Brasileira (NBR) 10.004/2004 (ABNT, 2004), também classifica os resíduos em perigosos e não perigosos, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Classificação dos resíduos sólidos segundo sua periculosidade

RESÍDUOS SÓLIDOS		
Perigosos (classe I)	Não Perigosos (classe II)	
	Não inertes (classe II A)	Inertes (classe II B)
Apresentam periculosidade por possuírem: Inflamabilidade, corrosividade, toxicidade e patogenicidade.	São os que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I ou classe II B. Podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade; combustibilidade e solubilidade em água	Resíduos que, quando amostrados e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água (cor, turbidez, dureza e sabor)

Fonte: Adaptado NBR 10.004 (ABNT, 2004)

Conforme ilustrado na Tabela 2 os resíduos sólidos podem ser classificados conforme a sua procedência (TCHOBANOGLIOUS E KREITH, 2002).

Tabela 2: Fontes de geração dos resíduos sólidos

Fonte	Instalações, atividades ou locais típicos onde os resíduos são gerados	Tipos de resíduos
Residencial	Casas, apartamentos de baixa, média e alta classe	Resíduos alimentares, papel, plásticos, couro, madeira, vidro, latas, alumínio, eletrônicos.
Comercial	Lojas, restaurantes, mercado, edifícios de escritórios, hotéis, estações de serviço.	Papel, papelão, plásticos, madeira, resíduos alimentares, vidro, resíduos de metal.
Industrial	Construção, fabricação leve e pesada, refinarias, fábricas de produtos químicos, usinas de energia, demolição.	Papel, cartão, plásticos, madeira, alimentos, vidro, resíduos de metal, cinzas, resíduos especiais, resíduos perigosos.
Construção e demolição	Novos locais de construção, reparação, locais de renovação, demolição de edifícios, pavimento quebrado.	Madeira, aço, concreto, sujeira.
Serviços Municipais	Limpeza de ruas, paisagismo, praias e parques	Resíduo especial, varreduras de ruas, aparas de árvores
Agricultura	Culturas de campo e de linha, pomares, vinhas, laticínios, confinamentos	Resíduos alimentares e, resíduos agrícolas, lixo e resíduos perigosos.

Fonte: Adaptada e traduzida de Tchobanoglous e Kreith (2002)

Dentre essas classificações, surgem então os resíduos orgânicos provenientes de serviços de alimentação.

2.2 Resíduos sólidos orgânicos (RSO)

Entende-se por resíduos sólidos orgânicos (RSO) todo resíduo de origem animal ou vegetal de rápida degradação na natureza como, por exemplo: hortaliças, frutas, legumes, folhas, sementes, cascas de ovos e sobras de comida (GHINEA *et al.*, 2018). São diversos os setores que geram grandes quantidades de resíduos orgânicos, um exemplo são os restos de alimentos da fração orgânica dos resíduos de restaurantes, matérias-primas de origem vegetal ou animal de agroindústrias, lodos de tratamento de efluentes, sobras de indústria de alimentos, sobras de indústrias madeireiras, resíduos de podas urbanas, dejetos de animais e restos de culturas agrícolas no meio rural (INÁCIO E MILLER, 2009).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2013) e ABRELPE (2018), mais da metade dos resíduos sólidos gerados no Brasil são de origem orgânica e sofrem um processo de decomposição por ação microbiológica, sendo responsável pela geração de impactos ambientais nas áreas de aterros sanitários e em depósitos irregulares e impactos à salubridade dos ambientes quando ocorre acumulação, tornando-se atrativo para vetores transmissores de doenças e mau cheiro por conta da sua decomposição descontrolada (LA FUENTE, 2012; PEREIRA NETO, 2007).

Outro fator a se considerar são os custos de limpeza dos recicláveis quando em contato com os resíduos orgânicos e a diminuição do tempo de vida útil dos aterros sanitários, que deveriam ser ocupados apenas pelos resíduos que não têm condições de serem reciclados ou reaproveitados. Somente a reciclagem da fração orgânica já proporcionaria redução de pelo menos 50% dos resíduos destinados a tais métodos de disposição. Por outro lado, a reciclagem da fração orgânica do lixo conta, hoje, com diversas metodologias, com maior ou menor grau de execução, mas que poderiam estar solucionando melhor esta questão (VIANA *et al.*, 2006).

Esses resíduos podem ser tratados pelo processo de compostagem em várias escalas: doméstica, comunitária e industrial, para produção de fertilizante orgânico (INÁCIO E MILLER, 2009).

2.3 Resíduos de serviço de alimentação

Cada vez mais o brasileiro tem feito uso da alimentação fora do lar, seja pela escassez de tempo, seja simplesmente pelo prazer de se alimentar. Dessa forma, os estabelecimentos que fornecem serviços de alimentação podem ser caracterizados como espaços voltados para o preparo e fornecimento de refeições coletivas saudáveis, seguras e equilibradas em nutrientes para populações específicas, fazem parte da geração de RSU primariamente orgânicos, estando sujeitos à elaboração do plano de gerenciamento de resíduos sólidos (TRANCOSO E TOMASIAK 2004).

Os resíduos gerados em estabelecimento de serviço de alimentação podem ser classificados de duas maneiras: Inorgânicos e orgânicos. Os inorgânicos são os resíduos gerados de produtos industrializados como vidro, papelão, plástico e isopor (STRASBURG E JAHNO 2017). Os termos resíduos de serviços de alimentação referem-se aos resíduos orgânicos originados do preparo da alimentação humana, seja ele na cozinha da residência ou em qualquer outro tipo de estabelecimento de rápida degradação na natureza: cascas de legumes, folhas de verduras, restos de frutas, vegetais, restos e sobras de comida (LA FUENTE *et al.*, 2012).

A falta de legislação ambiental específica para esses resíduos orgânicos faz com que estes sejam reconhecidos como resíduos não perigosos e classificados, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas – Normas Brasileiras (ABNT-NBR) 10.0004 de 2004, como resíduos do grupo D, que não apresentam riscos à saúde e ao meio ambiente (ABNT, 2004) e como tal, pode ser encaminhada ao processo de compostagem, que além de agregar valor comercial, estabiliza tais resíduos, sendo o destino mais nobre dos resíduos orgânicos gerados em restaurantes, visando o seu aproveitamento, na geração de fertilizante orgânico (PISTORELLO *et al.*, 2015).

2.4 Compostagem

A compostagem é definida como um tratamento biológico de um processo de reciclagem natural da matéria orgânica pelo qual os microrganismos decompõem essa matéria em nutrientes mais simples, gerando um produto estabilizado que pode ser usado como fertilizante orgânico ou condicionador de solo (AWASTHI *et al.*, 2017; MALIKI E LAI, 2011; WANG; AI, 2016). É considerada a tecnologia mais utilizada e adequada atualmente para o tratamento de resíduos orgânicos, sendo um processo relativamente simples e com custos baixos de produção, obtendo no final

um produto de qualidade, com uma massa menor de quando se iniciou (JIANG *et al.*, 2011; SUNDBERG, 2004).

Defina-se no Decreto-Lei n.º 103 de 15 de junho de 2015, a compostagem é a degradação biológica aeróbia dos resíduos orgânicos até a sua estabilização, produzindo uma substância húmica, designada por composto, utilizável como corretivo orgânico do solo (LIN, WEI E TSAI, 2016).

Ao contrário do grande volume ocupado pelos recicláveis, os resíduos orgânicos têm como principal característica a rápida degradação, sendo os principais responsáveis pela produção de metano (CH₄) nos aterros (MASSUKADO E SCHALCH, 2010). No ano de 2015, em torno de 5% dos resíduos orgânicos gerados no Brasil foram compostados. Atualmente, 211 cidades brasileiras contam com unidades de compostagem, destacando-se os estados do Rio Grande do Sul e Minas Gerais, respectivamente com 66 e 78 unidades correspondendo a 3,8% do total das cidades no Brasil (CEMPRE, 2018).

A Lei nº 12.305/2010 da PNRS, em seu Artigo 3º, inciso VII, comenta que a técnica de compostagem é uma forma de destinação final ambientalmente adequada de resíduos orgânicos, sendo considerada uma técnica para se obter de forma mais rápida e em melhores condições, a desejada estabilização da matéria orgânica (BRASIL, 2010). A utilização de resíduos orgânicos em sistemas de compostagem tornou-se uma alternativa viável principalmente em países em desenvolvimento devido ao seu baixo custo, e o seu grande potencial para sustentabilidade ambiental (LIM, LEE E WU, 2016).

Uma das características da compostagem é que no processo os parâmetros de processamento, os materiais de entrada, sua formulação e a condição ambiental, resultarão na qualidade do composto orgânico (BARRENA *et al.*, 2014; RASAPOOR, 2016). Outra grande vantagem da compostagem é a redução dos gases do efeito estufa (GEE) mais especificamente o metano (CH₄) já que vai ser evitado o transporte desses resíduos para os aterros, e também tem a substituição de fertilizante mineral pelo composto que reduz ainda mais a emissão de GEE (ADHIKARI *et al.*, 2013; BARRENA *et al.*, 2014). Conforme ilustrado na equação 1a compostagem é um processo exotérmico (BELO, 2011).

MO + MB + H₂O + O₂ MO estabilizada+ MB + CO₂ + H₂O + NH₃+ outros gases+ calor¹ (1)

É também um processo microbiológico, que ocorre devido à ação de microrganismos variados que decompõe a matéria orgânica através da quebra de moléculas maiores em moléculas menores, esse processo depende da relação C/N, tamanho das partículas, aeração e da frequência dos revolvimentos além de condições favoráveis, como a temperatura, a umidade, o pH e as dimensões das composteiras (BIDONE E POVINELLI, 2010).

Segundo Ramos (2016), o processo de compostagem tem várias definições, entretanto, todos os autores estão de acordo com os aspectos, como sendo um processo aeróbio, ocorrendo a mineralização e humificação da matéria orgânica, havendo a intervenção dos microorganismos durante o processo e obtendo um produto estabilizado, maturado e rico em nutrientes.

Utilizar-se do sistema de compostagem em um país com características iguais do Brasil é de extrema importância, sendo uma medida que atende vários objetivos: sanitários, econômicos, sociais e agrícolas comprovando que se trata de uma atividade sustentável (OLINTO *et al.*, 2012).

2.4.1 Parâmetros que Influenciam o Processo de Compostagem

No processo de compostagem é necessário considerar os parâmetros que influenciam para obtenção de um bom composto (FIALHO *et al.*, 2010), sendo eles a temperatura, Carbono, Nitrogênio, relação C/N pH, aeração e umidade (LIN, WEI E TSAI, 2016).

2.4.1.1 Temperatura

No sistema de compostagem, a temperatura é um dos principais parâmetros que irá determinar a sucessão das populações microbianas e sua representação nas fases de degradação. Também é um referencial que indica a evolução e qualidade do processo (ARTHURSON, 2008; REBOLLIDO *et al.*, 2008).

No entanto existe uma relação entre a temperatura e a taxa de oxigenação, garantindo que exista um equilíbrio biológico com a eficiência do processo, sendo o

¹ MO = Matéria orgânica / MB =Microbiota

parâmetro na qual irá identificar em qual fase a compostagem se encontra (RODRIGUES et al., 2016). compostagem passa por três fases, sendo elas:

Fase mesofílica: Nessa fase, a temperatura fica compreendida entre 25°C à 44°C, correspondente a atividade dos microrganismos aeróbios que degradam a matéria orgânica. Esta é facilmente mineralizada, quebrando as moléculas biodegradáveis mais simples como açúcares, aminoácidos, proteínas e essa ação oxidante eleva rapidamente a temperatura dos resíduos entre 1 a 3 dias, nesta fase ocorre também a fase de adaptação microbiana (MENEZES E BARRETO, 2015; AWASTHI, 2017).

Fase termofílica: fase em que as temperaturas ficam aproximadamente entre 45°C a 65° C (WANG; SELVAM E WONG, 2016). Nessa etapa, microrganismos mesófilos são substituídos por bactérias e fungos termófilos, principalmente os actinomicetos, que degradam compostos mais complexos como gorduras, celulose, hemicelulose e lignina. Nesta fase ocorre a eliminação dos organismos patogênicos (TRAUTMANN E KRASNY, 2009).

Fase maturação: corresponde na diminuição da atividade microbiana pela redução da temperatura na qual ocorre o esgotamento dos substratos biodegradáveis. Nessa fase ocorre a colonização dos micro-organismos mesofílicos diminuindo atividade microbiana de micro-organismos termófilos indicando que o composto está maturado e estabilizado. (BERNAL; ALBURQUERQUE; E MORAL, 2009; LIMA, 2014).

2.4.1.2 Relação Carbono e Nitrogênio

A relação entre carbono e nitrogênio (C/N) é um dos principais índices para se avaliar os níveis de maturação do material orgânico e que também influenciam a qualidade do composto (VALENTE *et al.*, 2009). Todos os resíduos orgânicos podem ser compostados, porém, para obter um composto de qualidade será necessário que estes apresentem uma boa relação de nutrientes dando condições ideais ao crescimento e metabolismo das colônias de micro-organismos envolvidos no processo. Por conta disso, a preparação do material que vai ser compostado deve seguir a relação C/N correta, onde os materiais ricos em nitrogênio (N) devem ser misturados com materiais ricos em carbono (C) em uma proporção adequada (FIORI *et al.*, 2008).

Segundo Ghinea *et al.*, (2018) uma relação C/N próximo de 20/1 à 30/1 é considerada ideal. Esse valor corresponde à composição química mais próxima dos micro-organismos, sendo o mais indicado, independente do material. Materiais como a casca de arroz e a serragem de madeira são mais resistentes à compostagem devido á elevada quantidade de carbono em relação à de nitrogênio (HOLANDA 2013).

Já a Instrução Normativa 25, de 2009 do MAPA, um composto é considerado estabilizado se apresentar relação C/N de no máximo 20/1 (MAPA, 2009).

2.4.1.3 Potencial de Hidrogeniônico (pH)

O pH é considerado um dos indicadores da estabilização final de um composto orgânico (ROSA *et al.*, 2019). No processo de compostagem, toda reação inicial é de pH ácido ficando entre as faixas 5,0 e 6,0 e isso acontece pelo fato de que a principal matéria-prima da compostagem é de origem orgânica, sendo grande parte de sua natureza ácida. Isto ocorre também devido às altas temperaturas e a liberação de ácidos orgânicos que são instáveis durante todo processo (SILVA, 2016; VALENTE *et al.*, 2009). Já no processo de maturação do composto a faixa varia entre 8,0 a 9,5 (PEREIRA E FIALHO, 2010).

2.4.1.4 Teor de Umidade

O teor de umidade é importante para transportar os nutrientes dissolvidos que são necessários para as atividades metabólicas e consequente decomposição da matéria orgânica (ALI; KAZMI E AHMED, 2014). As condições ótimas do teor de umidade no processo são entre 40 a 60% (GHINEA *et al.*, 2018). Já valores abaixo de 40% reduzem extremamente a atividade dos micro-organismos diminuindo no processo de degradação, e consequentemente, evita o aumento de temperatura.

Já valores acima de 60% tornam a compostagem anaeróbia, reduzindo a velocidade do processo, e emitindo odores desagradáveis, ocorrendo a redução do pH pela produção de ácidos orgânicos e a emissão de metano (CH₄) um dos Gases do Efeito Estufa (WU *et al.*, 2015).

2.4.1.5 Aeração

Para que ocorra a oxidação biológica do carbono dos resíduos orgânicos, o oxigênio é de grande importância para que haja produção de energia necessária aos

micro-organismos que realizam a decomposição. Essa energia produzida é utilizada no metabolismo dos micro-organismos e liberada na forma de calor (OLIVEIRA *et al.*, 2008).

O processo não pode ser anaeróbio, ou seja, sem a presença de oxigênio, portanto, é fundamental aeração ao longo de todo o processo, que pode ser realizada de diversas maneiras: manual através do revolvimento, meios mecânicos por injeção de ar, insuflação ou aspiração do ar contido nos espaços vazios da massa (OLIVEIRA, *et al.*, 2008; PAIVA *et al.*, 2012). Aeração tem outro papel fundamental, de controlar a umidade e a temperatura (COTTA *et al.*, 2015). Na prática da compostagem, a aeração é o fator mais importante a ser considerado, sendo que quanto mais úmida estiver a matéria-prima mais deficiente será sua oxigenação, determinando que providências sejam tomadas para controle de umidade (COSTA, 2016).

2.5 Material estruturante

A adição de materiais estruturantes na compostagem promove melhorias e facilita a circulação de ar no interior da composteira, possibilitando a renovação do ar saturado de gás carbônico e pobre em oxigênio, além disso, o material estruturante evita a compactação da massa orgânica. Para garantir uma quantidade de oxigênio necessária para que ocorra o crescimento e atividade de micro-organismos aeróbios, é necessária a presença de materiais estruturantes. Normalmente esses materiais são ricos em carbono, que criam espaços intersticiais nas composteiras, facilitando a entrada de ar (GUO *et al.*, 2012). Estes materiais, quando não se apresentam totalmente degradados após o período normal da compostagem, deverão ser retornados às novas composteiras, pois podem atuar como inoculantes de microrganismos já aclimatados ao processo (SOOBHANY *et al.*, 2017).

2.5.1 Cascas de arroz

Dentre os materiais estruturantes utilizados na compostagem, a casca de arroz é considerada adequada, já que promove espaços intersticiais, é rico em carbono e facilmente obtido em agroindústrias (KAUSAR, *et al.*, 2011).

Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019) a casca de arroz é um dos resíduos mais abundantes no sul do Rio Grande do Sul, contribuindo com 66% da produção total de arroz no Brasil, resultando em uma produção aproximadamente de 6,8 milhões do grão em casca representando aproximadamente 23% da massa do arroz, resíduo significativo que gera um passivo ambiental (DELLA *et al.*, 2001; VIONE *et al.*, 2018). De acordo com Angel *et al.*, (2009), a casca de arroz tem um baixo valor comercial, pois possui um alto percentual de sílica e fibras como celulose e hemicelulose, no entanto, no processo de compostagem é uma importante fonte de carbono para os micro-organismos envolvidos no processo.

2.6 Micro-organismos

Os micro-organismos presentes na compostagem variam conforme é dado o início do processo, podendo ser divididos em dois tipos: bactérias e fungos (CHOWDHURY *et al.*, 2013). A temperatura, pH, oxigênio e os nutrientes são alguns dos parâmetros relevantes na taxa de crescimento dessas populações microbianas nas etapas do processo da compostagem (CORRÊA *et al.*, 2012).

Inácio e Muller (2009) descrevem outros fatores que também afetam os micro-organismos durante o processo, sendo eles: a proporção da mistura, a posição das camadas, as características físicas e químicas que determinam o fluxo de ar, vapor d'água e a retenção de calor na massa em degradação, o desenvolvimento desses microrganismos também são influenciados pelos resíduos que são utilizados na compostagem.

Portanto, ajustar esses parâmetros nas condições ideais para que se obtenha o desenvolvimento da microbiota original dos resíduos é crucial para que se liberem nos primeiros dias metabólitos e energia térmica, capaz de elevar e manter altas temperaturas na massa em degradação (CHANG e HSU, 2008; PARK, 2011; ZHANG *et al.*, 2011).

2.7 Toxicologia

A toxicologia é a ciência que tem como objetivo estudar os efeitos nocivos de uma determinada substância em organismos vivos (ARRUDA *et al.*, 2019). Conforme Wilke *et al.*, (2008) os testes de toxicidade na avaliação da qualidade

ambiental é uma alternativa na complementação das análises físico-química, sendo também realizado no processo de compostagem.

2.7.1 Fitotoxicidade

Um dos métodos para se avaliar a maturação do composto e seus efeitos sobre as plantas é a Fitotoxicidade, que consiste em realizar testes em diferentes tipos de sementes (organismos testes) através de diluições de um determinado composto, para determinar se ocorreu uma diminuição no tamanho da raiz ou inibição da germinação (TIQUIA; TAM, 1998). Segundo Da Paz (2017), é necessário uma escolha cautelosa do bioindicador utilizado, já que dependendo da semente-teste, tal semente pode isentar o composto de fitotoxicidade para aquela espécie vegetal, todavia, apresentar características fitotóxicas para outras.

Himanen (2012) descreveu em seu trabalho que as sementes mais utilizadas para os testes de fitotoxicológicas são as sementes de *Cucumissativus* (pepino) e *Lactuca sativa* (alface), porém ainda são necessários mais estudos em relação às condições da germinação dessas sementes, sendo indicado introduzir novas sementes para os estudos fitotoxicológicos.

2.8 Composto orgânico

O composto orgânico é definido todo produto de origem vegetal ou animal que passou por um processo termofílico, e o principal benefício do uso dele é em relação ao solo, pelo fato de melhorar significativamente suas propriedades físicas, químicas e biológicas, além de agir como fornecedor de nutrientes para as plantas corrigindo reações químicas desfavoráveis e fornecendo nutrientes necessários, sem causar danos ao solo, as plantas e ao ambiente (VIONE *et al.*, 2018).

2.9 Legislação Brasileira

2.9.1 Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil, MAPA

A resolução nº 481/2017 do CONAMA, em seu Artigo 1º:

“estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, visando à proteção do meio ambiente e buscando reestabelecer o ciclo natural da matéria orgânica e seu papel natural de fertilizar os solos” (BRASIL, 2017).

A Seção II da Qualidade Ambiental do Processo da Resolução indica diretrizes a que devem ser seguidas durante a compostagem, com o objetivo de verificar aplicabilidade agrícola do composto orgânico e/ou vermicomposto que foi produzido:

“Art. 5º Durante o processo de compostagem deverá ser garantido o período termofílico mínimo necessário para redução de agentes patogênicos conforme o Anexo I.

§ 1º A temperatura deve ser medida e registrada ao menos uma vez por dia durante o período mínimo de higienização indicado no Anexo I.

§ 2º O responsável pela Unidade de Compostagem deve disponibilizar relatórios de controle da temperatura e da operação dos sistemas de compostagem, ao órgão ambiental competente.

Art. 6º O processo de compostagem deve garantir uma relação carbono/nitrogênio no composto final menor ou igual a 20:1.

§ 1º A exigência prevista no caput não se aplica quando o composto for destinado à fabricação de substratos para plantas, condicionadores de solos e como matéria-prima à fabricação de fertilizantes organominerais.

§ 2º A relação carbono/nitrogênio deverá ser determinada de acordo com as metodologias analíticas adotadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA ou outros métodos internacionalmente aceitos.

Art. 7º O composto, para ser produzido, comercializado e utilizado no solo como insumo agrícola deverá, além de atender o previsto nesta Resolução, o que estabelece a legislação pertinente” (BRASIL, 2017).

A Resolução N. 481/2017 do CONAMA, e o MAPA, explanam sobre limites de referências de parâmetros durante a compostagem, em sua Instrução Normativa n. 25, de 23 de julho de 2009, onde estabelece normas sobre as garantias, tolerâncias, registro, embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos, compostos, mistos, organominerais e biofertilizantes que são destinados à agricultura (CONAMA, 2017; MAPA, 2009).

A IN descreve a classificação dos fertilizantes orgânicos simples, compostos, mistos, organominerais e biofertilizante, em conjunto com o material utilizado na produção do composto, assim como discorre o Art. 2º:

I - Classe "A": fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima de origem vegetal, animal ou de processamentos da agroindústria, onde não sejam utilizados, no processo, metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos, resultando em produto de utilização segura na agricultura;

II - Classe "B": fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima oriunda de processamento da atividade industrial ou da agroindústria, onde metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos são utilizados no processo, resultando em produto de utilização segura na agricultura;

III - Classe "C": fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de lixo domiciliar, resultando em produto de utilização segura na agricultura;

IV - Classe "D": fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda do Tratamento de despejos sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura" (BRASIL, 2017).

A IN n°. 25/2009 (SDA/MAPA), em seu Anexo III, discorre os limites de referência, na produção de fertilizantes orgânicos mistos e compostos.

Tabela 3: Valores dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos

Garantia	Misto/composto			
	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Umidade % (máx)	50	50	50	70
Nitrogênio Total* % (mín)			0,5	
Carbono orgânico* % (mín)			15	
Relação C/N (máx)			20	
pH (mín)	6,0	6,0	6,5	6,0
Outros nutrientes	Conforme declarado			

Fonte: Instrução Normativa n. 25, de 23 de julho de 2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Valores em base seca

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local de estudo

O sistema experimental utilizado para a realização deste trabalho foi instalado e monitorado nas dependências internas de uma Instituição de Ensino Superior (IES). A instituição possui um restaurante que disponibiliza aproximadamente 500 refeições por dia, de segunda a sexta, dentre almoços e jantãs para alunos internos, não internos e servidores, sendo oferecida uma variada quantidade de pratos quentes e saladas, gerando quantidades significativas de resíduos orgânicos das sobras do pré-preparo e as sobras e restos do pós-preparo das refeições, sendo assim o campus tem condições suficientes para instalar sistemas de compostagem dando uma destinação ambientalmente correta e segura para esses resíduos orgânicos.

O projeto foi dividido em etapas representadas no fluxograma (Figura 1) a seguir:

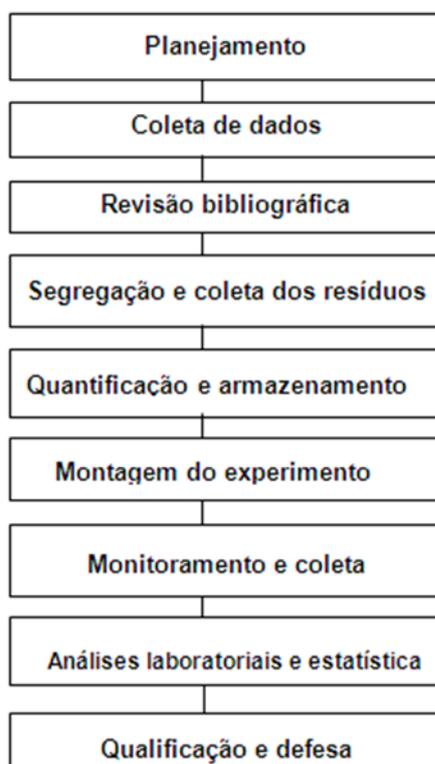


Figura 1: Fluxograma das etapas do trabalho

3.1.1 Sistema de segregação e coleta dos resíduos orgânicos

Os resíduos coletados foram segregados na fonte pelos funcionários do restaurante, e não entraram em contato com nenhum outro tipo de resíduo até o processo de compostagem. Os resíduos foram segregados em dois tipos de resíduos orgânicos, o do pré-preparo (cascas de legumes, frutas, verduras) e resíduos do pós-preparo (das sobras das cubas de *auto-service*) e acondicionados em duas bombonas de 100 litros previamente identificadas para cada tipo dos resíduos, e mantidos na área de resíduos orgânicos do restaurante até ser feita a retirada dos mesmos, que era realizada diariamente (exceto sábados e domingos) após o período de almoço dos alunos e servidores da instituição. Essa etapa foi realizada durante o período letivo do câmpus.

3.1.2 Quantificação e armazenamento dos resíduos orgânicos

Após cada coleta, era realizada a quantificação dos resíduos através de um recipiente volumétrico, essa quantificação serviu para se chegar ao volume necessário que foram utilizados no experimento.

Optou-se pelo armazenamento dos resíduos em uma câmara fria em temperatura de 5°C para homogeneização experimental. Durante o período de armazenamento a câmara fria foi monitorada com termo-higromêtro digital (marca Htc-1 Xm-51309) modo evitar oscilações bruscas da temperatura.

3.1.3 Montagem do sistema experimental

O delineamento experimental deu-se em blocos. A unidade experimental foi composta por um experimento com dois volumes diferentes, seis tratamentos em um fatorial 2x3, sendo cada tratamento com duas repetições.

Volume 90 L

Realizado em reatores de 100 litros com uso de 90% de sua capacidade, as dimensões dos reatores eram de 0,41 m de altura, 0,73 m de diâmetro e 0,54 m diâmetro da base (Figura 2).

Volume 180 L

Foi realizado em pilhas de 180 litros em formato cônico, com medidas de 1,1 m de altura e 1,15 de largura base (Figura 3).



Figura 2: Reatores



Figura 3: Pilhas

O experimento foi instalado em um dos galpões disponíveis no campus tendo acesso somente para funcionários do setor e alunos participantes do projeto, abrigado do sol, chuva e com ventilação natural. O material estruturante utilizado foi casca de arroz (CA), pela grande disponibilidade na região e por suas características estruturais, como rigidez, formato e granulometria favoráveis ao processo (GUIDONI, *et al.*, 2018). Os percentuais dos resíduos e o material estruturante utilizados nos tratamentos estão ilustrados na Tabela 4.

Tabela 4: Percentuais dos materiais utilizados nos tratamentos

Tratamentos	Volume (L)	Resíduos orgânicos		Material estruturante
		Pré-preparo	Pós-preparo	Casca de arroz
01	90	60%	-	40%
02	90	-	60%	40%
03	90	30%	30%	40%
04	180	60%	-	40%
05	180	-	60%	40%
06	180	30%	30%	40%

3.1.4 Monitoramento dos experimentos

Temperatura

O monitoramento da temperatura na massa dos reatores e pilhas foi executado todos os dias, utilizando um termômetro digital de espeto (Marca-Akrom), sendo verificado em três pontos (base, centro e topo) seguindo método de Guidoni *et al.*, (2018) com adaptações. Nos dias da revira a temperatura sempre era aferida antes do revolvimento. A temperatura externa, por sua vez, foi medida a partir de um termo-higrômetro digital (marca Htc-1 Xm-51309) para ambiente, que permaneceu no local de execução do experimento 24h por dia, até o término do mesmo.

Umidade

A umidade interna foi realizada através de observação e pelo teste da mão (NUNES, 2009). O termo-higrômetro (marca Htc-1 Xm-51309) digital para ambiente teve a função de medir a umidade externa seguindo as mesmas diretrizes da temperatura externa.

Revolvimento

Realizou-se a aeração da massa dos tratamentos por revolvimento manual (LIMA *et al.*, 2018).

Presença de vetor

O vetor monitorado foi à mosca (*Musca domestica*), quanto maior o sistema de compostagem, e conseqüente maior a temperatura, maior será também a possibilidade de atração de moscas. O monitoramento foi realizado pelo método de observação através da metodologia de Rodrigues *et al.* (2016) com adaptações, conforme a Tabela 5 a presença desse vetor foi classificada como:

Tabela 5: Classificação de presença de vetor

Parâmetro	Vetor	Intensidade
Presença de vetor	<i>Musca domestica</i>	Ausente (AUS) Baixa presença (BP) Média Presença (MP) Alta Presença (AP)

Fonte: Adaptado de Rodrigues *et al.*, (2016)

3.2 Amostragem

Coletou-se o material em três partes da massa dos reatores e pilhas (base, centro e topo) seguindo método de Guidoni *et al.*, (2018), homogeneizando para que as análises revelem o que ocorre nos reatores e pilhas como um todo.

A frequência das coletas foi definida como mensal sendo no total cinco coletas, nos tempos 0, 30, 60, 90 e 120 dias e congeladas a temperatura de -4°C.

3.3 Quantificação do volume da massa final

Para quantificar o volume final do composto, foi utilizado o mesmo recipiente volumétrico com capacidade de 20 L que foi usado na quantificação dos resíduos orgânicos no início do projeto (ORRICO JÚNIOR, ORRICO E JÚNIOR, 2009).

3.4 Análises laboratoriais

A seguir está descrito a metodologia de análise dos parâmetros observados nesse trabalho. Todas as análises foram realizadas em triplicata no laboratório Núcleo de Ensino, Pesquisa e Extensão em resíduos e Sustentabilidade (NEPERS) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel) seguindo metodologias de trabalhos científicos.

3.4.1 Parâmetros físico-químicos

3.4.1.1 pH e Condutividade Elétrica

A medição do pH e da condutividade foram realizadas em pHmetro e condutímetro de bancada e seguindo a metodologia proposta por Tedesco (1995) e Embrapa (1996) com modificações.

3.4.1.2 Umidade e matéria mineral

O teor de umidade e matéria mineral foi determinado pelo método AOAC (1997) que é através do método de secagem da amostra em estufa a 105°C e a queima da amostra na mufla a 550° C seguida de análise gravimétrica.

3.4.1.3 Carbono orgânico

A análise de carbono orgânico foi realizada utilizando-se o método de Walkley-Black segundo metodologia de Tedesco (1995).

3.4.1.4 Nitrogênio Total (NTK)

O NTK foi determinado pelo método Kjeldahl, seguindo a metodologia da Embrapa com adaptações (EMBRAPA, 2006; MARQUES *et al.*, 2013). Este método se baseia em três etapas: digestão, destilação e titulação (Figura 10).

3.4.1.5 Fósforo Total

A metodologia dessa análise foi feita de acordo com a metodologia de Tedesco (1995) que se baseia em três etapas: digestão, determinação do fósforo na amostra e determinação da curva padrão.

3.5 Análises toxicológicas

3.5.1 Índice de Germinação (IG)

Essa análise foi realizada de acordo com a metodologia de Tiquia e Tam (1998) e Zucconi (1988) com adaptações onde foram utilizadas três espécies de sementes: alface (*Lactucasativa*L), pepino (*Cucumissativus*) e rabo de galo (*Celosia plumosa* L.)

3.6 Análise estatística

Todos os resultados das análises obtidos foram primeiramente submetidos ao teste de normalidade por Shapiro-Wilke, posteriormente, os resultados foram submetidos ao teste de variância pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Temperatura

Os resultados que se referem ao acompanhamento da temperatura durante o período de compostagem do experimento está representada na Figura 4.

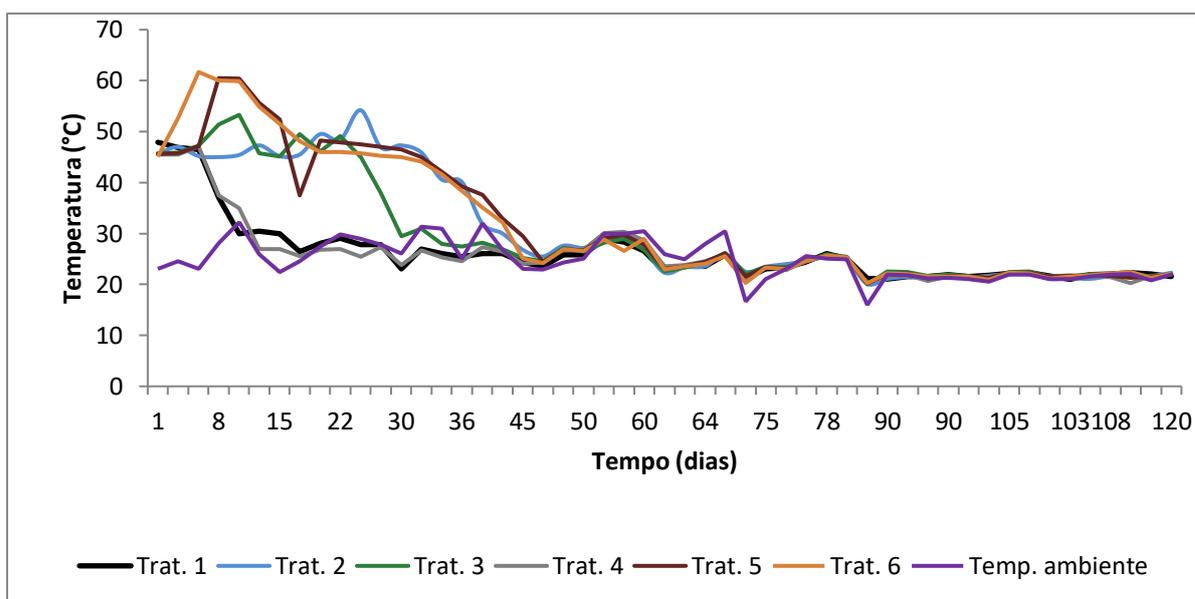


Figura 4: Temperatura dos tratamentos ao longo do processo de compostagem

Durante o processo de compostagem a temperatura máxima registrada foi de 60,5°C para o tratamento 05 e 61,7°C para o tratamento 06 para os dias seis e oito respectivamente. Na Tabela 6 são apresentadas as médias das temperaturas dos tratamentos ao longo do processo de compostagem.

Tabela 6: Médias das temperaturas ao longo do processo de compostagem

Tratamentos	Tempo (dias)				
	0	30	60	90	120
01	46,60 ^{nsA}	23,40 ^{cB}	22,50 ^{nsB}	21,45 ^{nsB}	20,50 ^{nsC}
02	45,40 ^{nsA}	47,10 ^{aA}	22,50 ^{nsB}	21,60 ^{nsC}	20,05 ^{nsD}
03	45,70 ^{nsA}	45,80 ^{aA}	23,5 ^{nsB}	21,80 ^{nsBC}	20,05 ^{nsC}
04	45,65 ^{nsA}	24,90 ^{bB}	23,80 ^{nsB}	21,65 ^{nsC}	20,55 ^{nsC}
05	46,60 ^{nsA}	46,95 ^{aA}	22,50 ^{nsB}	21,60 ^{nsC}	20,35 ^{nsC}
06	47,65 ^{nsA}	47,85 ^{aB}	23,65 ^{nsC}	21,50 ^{nsD}	20,80 ^{nsE}

Médias seguidas de mesma letra minúscula entre linhas, os tratamentos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre colunas, os tempos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$).

Todos os tratamentos atingiram a fase termofílica no início do processo, no entanto, conforme pode ser observado no tempo 30 os tratamentos 01 e 04

apresentaram os menores valores ($p < 0,05$) referentes aos outros tratamentos. Já ao longo do processo as temperaturas de todos os tratamentos decaíram a partir do tempo 60 entrando na fase mesofílica e ficando próxima a temperatura ambiente ($p < 0,05$).

De acordo com Yañes, Alonso e Días (2009), um dos fatores que faz com que a temperatura da compostagem fique superior a 45°C é a disponibilidade de nitrogênio no início do processo, que pode proporcionar uma fase termofílica mais longa, isso faz com que a disponibilidade desse nutriente seja de forma mais abundante para a síntese de proteínas e aminoácidos para os micro-organismos.

Fato que não ocorreu nos tratamentos 01 e 04 dos resíduos do pré-preparo, onde a fase termofílica durou uma semana para ambos os experimentos. O resultado encontrado neste trabalho pode ser explicado no trabalho de Arias, Viña e Uzal, (2017), que realizaram experimentos de compostagem com resíduos vegetais, onde a fase termofílica durou dez dias este resultado se dá por vários fatores, entre eles cabe citar: a umidade e a menor concentração de disponibilidade de nutrientes proporcionando uma maior perda de calor para o ambiente fazendo com que a temperatura da massa não aumente e/ou se mantenham na fase termofílica.

Já o trabalho de Hamdi *et al.*, (2019) que realizaram um estudo de compostagem com resíduos orgânicos de feiras livres, em seu trabalho a termofílica se manteve por seis dias, os autores descrevem outro fator responsável pelo decaimento da temperatura nos primeiros dias, sendo a relação do equilíbrio da relação C/N (Carbono/Nitrogênio), os micro-organismos heterotróficos, que são responsáveis pelo processo de compostagem dependem do carbono como fonte de energia, e do nitrogênio para realizar a síntese proteica, sendo, necessário que ocorra o equilíbrio entre esses elementos citados acima para que a temperatura se mantenha alta.

4.2 Monitoramento de presença de vetor

Na Tabela 7 são apresentados os resultados para o monitoramento do vetor *musca doméstica*.

Tabela 7: Monitoramento de vetor

Tratamentos						
DIAS	T1	T2	T3	T4	T5	T6
01	BP	BP	BP	BP	BP	BP
05	BP	BP	BP	BP	BP	BP
10	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS
15	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS
20	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS
25	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS
30	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS
35	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS
40	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS
45	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS
50	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS
55	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS
60	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS
65	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS
70	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS
75	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS
80	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS
85	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS
90	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS
95	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS
100	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS
105	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS
110	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS
115	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS
120	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS	AUS

BP =baixa presença/ AUS= ausente

Foi possível avaliar através do método de observação que a presença de moscas foi classificada nesse trabalho como baixa presença (BP) em todos os tratamentos na primeira semana do processo e que se encontrava na fase termofílica. Nos demais dias, não se observou a presença do inseto, contabilizado então como AUS (Ausente).

Silva *et al.*, (2016) explanam que com o aquecimento da matéria orgânica ocorre um aumento no metabolismo microbiano, onde o aumento de temperatura é proporcional ao aumento de respiração microbiana sendo responsável pela eliminação de dióxido de carbono(CO₂) para a atmosfera e isso se torna uma atração de vetores como a *musca doméstica*

Estudo realizado por Vich *et al.*, (2017) referente à compostagem com resíduos orgânicos domésticos observaram presenças de moscas apenas nos primeiros dias na fase termofílica do processo, segundo os autores isso ocorre pelo

fato da liberação do gás carbônico e as moscas utilizam o olfato, e assim depositam seus ovos na massa orgânica.

4.3 Volume da massa final

O volume da massa do composto do experimento ao final do processo está apresentado na Tabela 8.

Tabela 8: Volume da massa final dos tratamentos

Tratamentos	Volumes	
	Vol. inicial (L)	Vol. final (L)
01	90	36,5 ^b ±1,5
02	90	35,0 ^b ±1,5
03	90	36,5 ^b ±2,0
04	180	64,0 ^a ±1,0
05	180	62,0 ^a ±2,0
06	180	61,0 ^a ±1,0

Médias seguidas de mesma letra minúscula entre linhas, os tratamentos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$).

Todos os tratamentos apresentaram redução no volume da massa, no entanto, os tratamentos 04, 05 e 06 apresentaram as maiores reduções ($p < 0,05$). Esse fato se deve aos diferentes volumes iniciais entre os tratamentos, sendo que os tratamentos com maiores reduções eram os de maiores volumes (180 L). Essa redução é semelhante ao trabalho de Lima *et al.*, (2017) que realizaram um experimento de compostagem com os resíduos orgânicos dos serviços alimentares da Universidade Federal de Lavras (MG), neste estudo os autores observaram que a redução da massa ficou entre 40 a 60%. Segundo os mesmo autores, a redução do volume da massa se deve à perda de carbono e dos compostos de nitrogênio para a atmosfera, e também à variação da umidade inicial e final da massa nas composteiras, e quanto maior o volume, maior será a perda desses elementos e maior será a redução.

Já Sunada *et al.*, (2014) explanam em seu trabalho que a redução do volume da massa começa na fase mesófila, isso acontece pelo fato que nessa fase predominam bactérias e fungos que degradam a matéria orgânica e liberam calor, favorecendo o surgimento de, bactérias e fungos termófilos que vão degradar lipídios, hemicelulose, celulose e lignina reduzindo assim o material.

De acordo com Valente *et al.*, (2009) a média esperada de redução de volume no processo de compostagem seria em torno de 50%, portanto, todos os tratamentos atingiram essa média.

4.4 Físico-químicos

4.4.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

A Tabela 9 apresenta valores de pH encontrados nos tratamentos ao longo do processo de compostagem.

Tabela 9: Potencial Hidrogeniônico dos tratamentos

Tratamentos	Tempo (dias)				
	0	30	60	90	120
01	5,42 ^{nsB} ±0,49	9,63 ^{nsA} ±0,15	9,62 ^{nsA} ±0,01	9,86 ^{baA} ±0,05	9,59 ^{nsA} ±0,11
02	4,93 ^{nsB} ±0,05	9,36 ^{nsA} ±0,41	8,94 ^{nsA} ±0,08	8,42 ^{baA} ±0,11	8,54 ^{nsA} ±0,09
03	4,92 ^{nsB} ±0,01	9,44 ^{nsA} ±0,07	9,30 ^{nsA} ±0,01	8,83 ^{baA} ±0,03	8,70 ^{nsA} ±0,35
04	4,73 ^{nsB} ±0,06	9,08 ^{nsA} ±0,19	8,86 ^{nsA} ±0,01	8,51 ^{baA} ±0,23	8,58 ^{nsA} ±0,16
05	5,14 ^{nsB} ±0,24	8,44 ^{nsA} ±0,03	8,68 ^{nsA} ±0,02	8,47 ^{baA} ±0,27	8,49 ^{nsA} ±0,12
06	4,88 ^{nsB} ±0,00	8,93 ^{nsA} ±0,04	8,65 ^{nsA} ±0,02	8,54 ^{baA} ±0,10	8,63 ^{nsA} ±0,03

Médias seguidas de mesma letra minúscula entre linhas, os tratamentos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre colunas, os tempos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$).

Pode-se observar na Tabela 9 que o pH de todos os tratamentos iniciaram o processo em faixas ácidas e finalizaram em faixas alcalinas ($p < 0,05$), a partir do dia 30 todos os valores ficaram dentro das recomendações para o pH, onde a Instrução Normativa n°. 25/2009 (SDA/MAPA), em seu Anexo III, discorre os limites de tolerância, nela é determinado que o pH para a comercialização do composto orgânico classe C que são de origem de resíduos domiciliares onde está classificado os resíduos orgânicos de serviço de alimentação é de no mínimo 6,5, sendo assim, o trabalho o apresentou valores de pH finais dentro dos padrões da legislação (BRASIL, 2009).

Deon e Mathias (2007) encontraram valores finais de pH semelhantes durante o processo de compostagem com os resíduos provenientes dos serviços alimentares da Universidade Regional Comunitária de Chapecó em Santa Catarina, os valores iniciaram em faixas ácidas e finalizaram em alcalinas.

De acordo com Jiang (2011) um dos fatores que faz com que o pH inicial no processo de compostagem se encontre em faixas ácidas são as altas temperaturas, indicando a liberação de ácidos orgânicos tornando o composto ligeiramente ácido, corroborando com o presente trabalho onde todos os tratamentos atingiram a fase

termofílica ($\geq 45^\circ\text{C}$), portanto, na medida em que as bactérias utilizam estes ácidos como substrato, os valores do pH tendem a aumentar alcançando valores maiores, liberando assim compostos básicos e gerando faixas alcalinas, sendo isso uma das características de um composto maturado.

4.4.2 Condutividade Elétrica (CE)

Pode-se observar através da Tabela 10 os valores encontrados para condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$) para os tratamentos durante o processo de compostagem.

Tabela 10: Condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$) dos tratamentos

Trat.	Tempo (dias)				
	0	30	60	90	120
01	1671,67 ^{nsNS} $\pm 17,07$	1656,00 ^{dNS} $\pm 35,27$	1803,83 ^{cNS} $\pm 23,60$	2673,67 ^{bNS} $\pm 15,04$	2666,00 ^{cNS} $\pm 12,35$
02	2072,50 ^{nsB} $\pm 13,07$	7798,33 ^{aA} $\pm 38,84$	8241,67 ^{aA} $\pm 17,59$	9163,33 ^{aA} $\pm 16,29$	8800,00 ^{aA} $\pm 15,78$
03	1474,17 ^{nsD} $\pm 9,18$	4171,67 ^{cBC} $\pm 31,55$	4410,00 ^{bC} $\pm 13,13$	6263,33 ^{abAB} $\pm 15,72$	6530,00 ^{bA} $\pm 23,04$
04	1320,17 ^{nsNS} $\pm 10,01$	2372,83 ^{dNS} $\pm 38,03$	1962,83 ^{cNS} $\pm 26,39$	1722,26 ^{bNS} $\pm 15,47$	1701,50 ^{cNS} $\pm 12,81$
05	2063,83 ^{nsB} $\pm 10,40$	8345,00 ^{aA} $\pm 20,46$	7708,33 ^{aA} $\pm 15,41$	6603,17 ^{abA} $\pm 14,06$	6390,00 ^{bA} $\pm 18,57$
06	1611,67 ^{nsB} $\pm 8,97$	6190,00 ^{bA} $\pm 51,76$	6536,67 ^{aA} $\pm 12,89$	6390,00 ^{abA} $\pm 13,37$	5523,33 ^{bA} $\pm 25,03$

Médias seguidas de mesma letra minúscula entre linhas, os tratamentos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre colunas, os tempos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$).

A partir do tempo 30, houve um efeito significativo ($p < 0,05$) entre os tratamentos, sendo os tratamentos 02, 03, 05 e 06 que continuam em suas composições resíduas do pós-preparo (alimentos cozidos), apresentaram valores elevados desde o tempo 30 até o fim do processo. Esses valores elevados podem estar relacionados com a degradação inicial que esses resíduos passaram por processo térmico, facilitando o aumento deste parâmetro (FAN *et al.*, 2017). Apesar de esses tratamentos apresentarem valores elevados, a legislação brasileira vigente não estipula limites máximos e mínimos para a condutividade elétrica tanto para composto orgânico e vermicomposto (MASSUKADO E SCHALCH, 2010).

Esse resultado é observado no estudo de Chaves (2017) que discorre em seu trabalho que o maior valor final para Condutividade Elétrica ($6800,00 \mu\text{S/cm}^{-1}$) em compostagem com os resíduos orgânicos de serviços alimentares da Universidade do Pampa campus Caçapava do Sul, RS, foi para o tratamento que continha resíduos de alimentos cozidos.

Na variação do tempo, o tratamento 03 apresentou um aumento na mineralização do tempo 0 até o 120 ($p < 0,05$). Esse aumento está associado com a

degradabilidade e da transformação do material ao longo do processo (BERNAL, ALBUQUERQUE E MORAL, 2009; FAN *et al.*, 2017).

4.4.3 Carbono Orgânico

Os resultados de carbono orgânico (%) dos tratamentos durante o processo de compostagem podem ser observados na Tabela 11.

Tabela 11: Carbono Orgânico (% base seca) dos tratamentos

Trat.	Tempo (dias)				
	0	30	60	90	120
01	38,19 ^{nsB} ±4,52	49,90 ^{nsB} ±1,58	56,80 ^{nsA} ±1,24	45,34 ^{nsAB} ±2,76	41,73 ^{nsAB} ±2,45
02	48,67 ^{nsB} ±1,90	51,18 ^{nsB} ±0,45	60,16 ^{nsA} ±1,98	44,69 ^{nsB} ±0,24	45,14 ^{nsB} ±1,23
03	46,45 ^{nsB} ±2,27	52,67 ^{nsAB} ±0,16	56,04 ^{nsA} ±2,99	43,98 ^{nsB} ±0,97	42,79 ^{nsB} ±1,31
04	48,00 ^{nsB} ±0,74	54,95 ^{nsA} ±1,67	55,40 ^{nsA} ±2,52	44,53 ^{nsB} ±1,80	44,38 ^{nsB} ±0,42
05	52,12 ^{nsNS} ±1,18	57,24 ^{nsNS} ±6,7	58,53 ^{nsNS} ±0,74	44,64 ^{nsNS} ±0,42	44,34 ^{nsNS} ±0,07
06	51,29 ^{nsNS} ±1,6	56,42 ^{nsNS} ±0,34	58,23 ^{nsNS} ±5,50	47,75 ^{nsNS} ±2,43	43,01 ^{nsNS} ±0,08

Médias seguidas de mesma letra minúscula entre linhas, os tratamentos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre colunas, os tempos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$).

Como pode ser observado na Tabela 11, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos. Já em relação da interação no tempo de compostagem houve um efeito significativo ($p < 0,05$) nos tratamentos 01, 02, e 03 onde verificou que o teor de carbono orgânico aumentou nos primeiros 60 dias de compostagem e após diminuiu gradualmente finalizando com valores no percentual dos 40%. Em relação à legislação, todos os tratamentos poderiam ser utilizados no tempo 90 e se enquadravam dentro do recomendável, que discorre que para composto classe C é de 15% no mínimo (BRASIL, 2009).

Zotesso *et al.*, (2017) realizaram um experimento com resíduos orgânicos do serviços alimentares da Universidade Estadual de Maringá, encontraram valores semelhantes dos tratamentos 01, 02 e 03 onde houve um aumento do carbono orgânico durante o processo, e no final da compostagem as concentrações ficaram entorno de 42%, sendo a formação de ácidos orgânicos e a sua incorporação no protoplasma celular microbiano atribuído como o responsável pelo aumento do carbono orgânico durante o processo (VALENTE *et al.*, 2009).

Portanto, de acordo Tuomela (2000) a concentração do carbono orgânico tende a diminuir por conta dos micro-organismos que degradam a matéria orgânica,

e em decorrência dessa atividade, liberam carbono orgânico na forma de CO₂ para atmosfera, diminuindo assim a concentração no processo de compostagem.

4.4.4 Nitrogênio NTK

Através da Tabela 12 é possível analisar os valores de N dos tratamentos ao longo dos 120 dias do processo.

Tabela 12: NTK (%) dos tratamentos

Trat.	Tempo (dias)				
	0	30	60	90	120
01	1,09 ^{cb} ±0,07	1,66 ^{nsAB} ±0,13	2,11 ^{ca} ±0,04	1,78 ^{bcA} ±0,26	1,15 ^{bB} ±0,20
02	2,43 ^{aNS} ±0,23	3,38 ^{nsNS} ±0,41	3,21 ^{abcNS} ±0,25	3,30 ^{aNS} ±0,35	3,29 ^{aNS} ±0,41
03	1,54 ^{bcB} ±0,15	2,96 ^{nsA} ±0,46	2,53 ^{bcAB} ±0,13	2,89 ^{abAB} ±0,03	2,01 ^{abAB} ±0,14
04	1,01 ^{cNS} ±0,01	1,44 ^{nsNS} ±0,18	2,05 ^{cNS} ±0,36	1,29 ^{cNS} ±0,29	1,77 ^{bNS} ±0,13
05	1,95 ^{abNS} ±0,02	2,79 ^{nsNS} ±0,83	4,42 ^{aNS} ±0,19	2,96 ^{abNS} ±0,10	3,39 ^{aNS} ±0,50
06	1,83 ^{abNS} ±0,05	3,40 ^{nsNS} ±1,08	3,54 ^{abNS} ±0,25	2,47 ^{abNS} ±0,00	2,87 ^{aNS} ±0,02

Médias seguidas de mesma letra minúscula entre linhas, os tratamentos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% (p<0,05). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre colunas, os tempos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% (p<0,05).

É possível analisar que os valores de N divergiram (p<0,05) entre os tratamentos em todos os tempos, com exceção do tempo 30, sendo os tratamentos 02 e 05 que apresentaram os maiores valores, que segundo Oliveira, Aquino e Neto (2005), resíduos de alimentos cozidos apresentam maior teor deste parâmetro que resíduos vegetais.

Os tratamentos 01 e 04 com resíduos do pré-preparo tiveram os valores mais baixos entre os tratamentos. De acordo com Oliveira et al., (2008) e Carnier *et al.*, (2019) os materiais vegetais por possuírem maiores concentrações de carbono e menores concentrações de nitrogênio se faz necessário intercalar com outro resíduo orgânico rico em nitrogênio, um exemplo são os dejetos de bovino, que possuem quantidades apreciáveis deste nutriente. Na variação entre tempo e tratamentos houve diferença (p<0,05) nos tratamentos 01 e 03 ao longo de todo o processo.

A legislação brasileira vigente explana que o valor mínimo de N exigido é de 0,5%, para composto classe C, portanto, todos os tratamentos deste experimento ao longo de todo processo estiveram de acordo com a legislação vigente (BRASIL, 2009).

4.4.5 Relação Carbono/Nitrogênio

Na Tabela 13 são apresentados os resultados da relação C/N obtidos ao longo do processo de compostagem.

Tabela 13: Relação C/N dos tratamentos

Trat.	Tempo (dias)				
	0	30	60	90	120
01	34,87 ^{bNS} ±1,73	31,12 ^{nsNS} ±1,84	27,46 ^{nsNS} ±0,25	26,82 ^{aNS} ±5,89	38,03 ^{aNS} ±5,33
02	20,07 ^{cNS} ±0,82	15,41 ^{nsNS} ±2,02	19,05 ^{nsNS} ±0,88	14,21 ^{bNS} ±1,76	14,05 ^{bNS} ±2,17
03	30,60 ^{bcNS} ±4,50	18,85 ^{nsNS} ±3,20	23,05 ^{nsNS} ±3,11	15,88 ^{bNS} ±0,49	19,55 ^{bNS} ±2,05
04	47,82 ^{aNS} ±0,41	39,61 ^{nsNS} ±3,97	28,01 ^{nsNS} ±6,32	36,20 ^{aNS} ±6,56	25,18 ^{aNS} ±1,61
05	26,80 ^{bcNS} ±0,88	23,28 ^{nsNS} ±9,46	13,47 ^{nsNS} ±0,73	15,12 ^{bNS} ±0,38	13,37 ^{bNS} ±1,99
06	28,05 ^{bcNS} ±1,72	19,12 ^{nsNS} ±5,99	16,53 ^{nsNS} ±2,87	19,33 ^{abNS} ±1,02	15,03 ^{bNS} ±0,03

Médias seguidas de mesma letra minúscula entre linhas, os tratamentos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre colunas, os tempos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$).

Conforme pode ser observado houve diferenças significativas ($p < 0,05$) nos tratamentos 01 e 04 que continuam resíduos do pré-preparo nos tempos 0, 90 e 120, onde apresentaram nesses tempos maiores valores para relação C/N entre tratamentos. Isso pode estar associado, pelo fato de os resíduos desses tratamentos serem compostos por vegetais que possuem baixa concentração de N, e a casca de arroz possuir alta concentração de carbono, resultando em uma concentração C/N elevada (ABREU *et al.*, 2011).

Yuan *et al.*, (2016) discorrem que para uma ideal relação C/N de composto orgânico oriundo de resíduos vegetais e o material estruturante que possui alta concentração de carbono, é a sua proporção, sendo o mais aceitável 75/25, ainda o mesmo estudo discorre que esse percentual para compostagem doméstica tem sido bem aceita, resultando em uma relação C/N final dentro do recomendável para o composto orgânico.

Oliveira *et al.*, (2008) discorrem outra alternativa que é adicionar resíduos de alimentos cozidos para se obter no final uma relação C/N dentro do recomendável, já que esse tipo de resíduos possuem características semelhantes a esterco de animais que são ricos em nitrogênio, corroborando com o presente trabalho em que os tratamentos que continha somente resíduos de alimentos cozidos e a mistura dos dois ficaram dentro do limite recomendável. Os tratamentos 02, 03, 05 e 06 ficaram dentro das referências estipuladas pela legislação, podendo ser utilizados já no tempo 90, enquanto que os tratamentos 01 e 04 os valores no tempo 120

permaneceram acima do limite permitido pela legislação brasileira que estipula que a relação C/N final do composto classe C deve ser o máximo de 20/1 (BRASIL, 2009).

Lima *et al.*, (2017) realizaram um experimento de compostagem com os resíduos orgânicos do restaurante universitário (RU) da Universidade Federal de Lavras (MG), no tratamento que utilizaram resíduos vegetais encontraram valor a 23/1, valor acima do permitido igual ao que foi encontrado nos tratamentos 01e 04 do presente trabalho.

A relação C/N é um dos parâmetros mais importante no processo de compostagem, sendo um indicador de maturação do composto orgânico e seus efeitos no crescimento microbiológico, já que a atividade dos microrganismos heterotróficos envolvidos no processo depende tanto do conteúdo de C para fonte de energia, quanto de N para síntese de proteína, portanto um composto maturado apresenta uma relação na faixa de 12/1 a 20/1 (SISOUANE, 2017).

4.4.6 Teor de Umidade

Na Tabela 14 são apresentados os resultados do teor de umidade (%) dos tratamentos ao longo do processo de compostagem.

Tabela 14: Teor de umidade (%) dos tratamentos

Trat.	Tempo (dias)				
	0	30	60	90	120
01	73,30 ^{nsNS} ±8,31	63,02 ^{nsNS} ±1,95	55,59 ^{nsNS} ±0,04	51,18 ^{nsNS} ±4,2	48,56 ^{nsNS} ±6,65
02	62,36 ^{nsNS} ±2,90	50,84 ^{nsNS} ±2,73	48,85 ^{nsNS} ±1,07	44,10 ^{nsNS} ±0,96	43,29 ^{nsNS} ±3,51
03	65,99 ^{nsNS} ±3,53	58,77 ^{nsNS} ±4,08	54,97 ^{nsNS} ±5,02	48,78 ^{nsNS} ±3,10	42,01 ^{nsNS} ±11,46
04	76,42 ^{nsNS} ±5,31	58,08 ^{nsNS} ±1,30	48,45 ^{nsNS} ±1,62	44,33 ^{nsNS} ±2,17	40,02 ^{nsNS} ±4,48
05	64,94 ^{nsNS} ±1,62	55,94 ^{nsNS} ±0,63	49,85 ^{nsNS} ±5,95	48,80 ^{nsNS} ±3,97	43,30 ^{nsNS} ±1,36
06	71,44 ^{nsNS} ±0,44	50,86 ^{nsNS} ±3,35	48,10 ^{nsNS} ±0,85	45,35 ^{nsNS} ±6,15	41,33 ^{nsNS} ±3,82

Médias seguidas de mesma letra minúscula entre linhas, os tratamentos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre colunas, os tempos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$).

Na Tabela 14 é possível verificar que não houve diferença significativa entre os tratamentos e na variável tempo ($p > 0,05$). De acordo com Agyarko-Mintah (2017) o teor de umidade ideal ao longo do processo de compostagem é entre 40 – 60%, sendo que valores abaixo de 40% diminuem atividade microbiana, aumentando assim o tempo do processo de compostagem, já valores acima de 60% criam condições anaeróbicas na massa de compostagem promovendo consequências indesejáveis, tais como: odores, atração de vetores, chorume. Os teores de umidade

obtidas neste trabalho encontram-se dentro dos valores estabelecidos pela legislação para composto classe C que é de no máximo 50% (BRASIL, 2009).

4.4.7 Matéria Mineral

Na Tabela 15 são apresentados os resultados da Matéria Mineral (%) dos tratamentos ao longo do processo de compostagem.

Tabela 15: Matéria Mineral (%) dos tratamentos

Trat.	Tempo (dias)				
	0	30	60	90	120
01	3,44 ^{nsB} ±0,79	8,33 ^{bAB} ±0,71	7,36 ^{nsAB} ±0,18	11,35 ^{nsA} ±0,98	11,67 ^{nsA} ±1,17
02	2,63 ^{nsC} ±0,10	10,83 ^{aB} ±0,14	11,50 ^{nsAB} ±0,12	13,72 ^{nsA} ±0,23	13,15 ^{nsAB} ±0,77
03	2,29 ^{nsD} ±0,23	8,22 ^{bBC} ±0,65	7,96 ^{nsCD} ±1,22	13,84 ^{nsAB} ±0,39	14,50 ^{nsA} ±1,07
04	3,15 ^{nsB} ±0,79	10,77 ^{aAB} ±0,56	5,16 ^{nsAB} ±1,57	13,72 ^{nsAB} ±0,50	21,80 ^{nsA} ±4,66
05	1,84 ^{nsB} ±0,17	11,96 ^{aAB} ±0,41	10,01 ^{nsAB} ±2,13	15,30 ^{nsA} ±0,73	16,67 ^{nsA} ±0,68
06	1,85 ^{nsC} ±0,07	13,84 ^{aB} ±0,39	12,38 ^{nsB} ±0,82	15,94 ^{nsAB} ±0,31	17,32 ^{nsA} ±1,13

Médias seguidas de mesma letra minúscula entre linhas, os tratamentos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre colunas, os tempos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$).

Conforme observado na Tabela 15, os tratamentos 01 e 03 apresentaram diferença ($p < 0,05$) com os menores valores entre os tratamentos no tempo 30. Os índices de matéria mineral em todos os tratamentos tiveram efeito significativo ($p < 0,05$) na variável tempo.

Os resultados finais são similares com os de Cestonaro *et al.*, (2010) e Abreu *et al.*, (2011) que encontraram valores finais para MM de 12,87% - 16,5%, onde o foi utilizado o mesmo material estruturante do presente trabalho, ou seja, casca de arroz. Fialho *et al.*, (2010) comenta que a variação do teor de Matéria Mineral é um indicativo da degradação e mineralização da matéria orgânica, indicando a estabilização da mesma.

4.4.8 Fósforo Total

A Tabela 16 são apresentados os resultados de fósforo total dos tratamentos ao longo do processo de compostagem.

Tabela 16: Fósforo Total dos tratamentos

Trat.	Tempo (dias)				
	0	30	60	90	120
01	0,12 ^{nsNS} ± 0,02	0,10 ^{nsNS} ± 0,01	0,34 ^{nsNS} ±0,05	0,51 ^{nsNS} ± 0,98	0,24 ^{bNS} ±1,10
02	0,13 ^{nsB} ±0,02	0,13 ^{nsB} ± 0,01	0,78 ^{nsA} ±0,08	0,48 ^{nsAB} ± 0,23	0,40 ^{abAB} ±0,50
03	0,13 ^{nsCD} ± 0,02	0,10 ^{nsD} ± 0,01	0,37 ^{nsAB} ± 0,02	0,48 ^{nsA} ± 0,39	0,29 ^{bBC} ± 1,07

04	0,11 ^{nsB} ± 0,01	0,17 ^{nsB} ± 0,02	0,11 ^{nsB} ± 0,01	0,40 ^{nsA} ± 0,03	0,45 ^{abA} ± 0,14
05	0,18 ^{nsNS} ± 0,04	0,42 ^{nsNS} ± 0,11	0,42 ^{nsNS} ± 0,21	0,67 ^{nsNS} ± 0,04	0,65 ^{aNS} ± 0,09
06	0,21 ^{nsB} ± 0,01	0,18 ^{nsB} ± 0,02	0,38 ^{nsAB} ± 0,13	0,68 ^{nsA} ± 0,10	0,30 ^{bB} ± 0,08

Médias seguidas de mesma letra minúscula entre linhas, os tratamentos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre colunas, os tempos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$).

Os resultados para o fósforo total como é observado na tabela 16, os tratamentos apresentaram diferença entre si ($p < 0,05$) somente no tempo 120, sendo o tratamento 05 com maior valor para Fósforo Total. Isto pode ser associado pelo fato do tratamento 05 ser composto por resíduos do pós-preparo, que segundo Ferreira e Silva (2012) que executaram um experimento onde foram feitas análises laboratoriais de parâmetros nutricionais em alimentos cozidos e em *in natura*, onde os alimentos cozidos apresentaram maiores valores para este elemento, sendo um fator para esse tratamento apresentar maior mineralização (ABREU; MURAOKA E OLIVEIRA, 2002).

Na variável tempo houve um aumento do fósforo total do tempo 30 até o tempo 90 para os tratamentos 02, 03, e 06 ($p < 0,05$). Esse aumento da concentração de fósforo total está associado pela mineralização do fósforo durante a compostagem e também pelo fósforo solúvel imobilizado pelas células microbianas, que promoveram o aumento de fósforo orgânico no produto final (SILVA, 2016; VALENTE, 2016).

4.5 Índice de germinação

4.5.1 Alface (*Lactuca sativa* L.)

Na Tabela 17 são apresentados os resultados de Fitotoxicidade dos tratamentos para sementes de *Lactuca Sativa* L. (alface). Os resultados são comparados com o controle com água destilada, sendo este considerado como 100%.

Tabela 17: Índice de Germinação (%) para semente de alface

Trat.	Tempo (dias)				
	0	30	60	90	120
01	43,68 ^{nsB} ± 12,14	72,44 ^{aAB} ± 1,45	128,04 ^{nsA} ± 53,46	125,13 ^{aA} ± 18,83	120,03 ^{nsA} ± 7,24
02	39,15 ^{nsB} ± 14,88	69,80 ^{aB} ± 5,08	76,35 ^{nsB} ± 1,33	81,54 ^{abB} ± 1,83	117,96 ^{nsA} ± 4,69
03	56,63 ^{nsNS} ± 37,5	53,17 ^{bNS} ± 10,96	40,61 ^{nsNS} ± 30,90	98,22 ^{aNS} ± 12,51	117,16 ^{nsNS} ± 7,25
04	55,89 ^{nsNS} ± 1,34	88,18 ^{aNS} ± 1,99	65,49 ^{nsNS} ± 63,45	88,18 ^{abNS} ± 4,78	104,33 ^{nsNS} ± 6,45
05	50,67 ^{nsNS} ± 18,9	63,39 ^{bNS} ± 1,14	95,44 ^{nsNS} ± 44,76	68,29 ^{bNS} ± 4,78	106,56 ^{nsNS} ± 4,55
06	55,20 ^{nsNS} ± 28,0	61,78 ^{bNS} ± 1,02	32,78 ^{nsNS} ± 17,50	72,65 ^{abNS} ± 6,07	104,40 ^{nsNS} ± 4,34

Médias seguidas de mesma letra minúscula entre linhas, os tratamentos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre colunas, os tempos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$).

Como observado na Tabela 17, os tratamentos apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$) entre si no tempo 30 e 90. Na variável tempo, os tratamentos 01 e 02 sofreram efeito significativo ($p < 0,05$) onde o tratamento 01 apresentou uma melhora no índice de germinação até o tempo 60, já o tratamento 02 o maior IG (%) foi registrado no tempo 120. No entanto, no final do processo todos os tratamentos finalizaram com valores acima que o recomendável por *California Compost Quality Council* (CCQC, 2001) que estipula que o índice precisa obter 80% de germinação.

Esse resultado vai ao encontro com de Mahmoud e Habib (2006) que realizaram um experimento de compostagem com os resíduos orgânicos do restaurante universitário (RU) da Universidade de Campinas (UNICAMP), alcançando o IG (%) final de 83,44 e 84,29% respectivamente.

De acordo com Ding *et al.*, (2009), Kano *et al.*, (2011) existem dois fatores principais que contribuem para um adequado alto índice de germinação, sendo eles, o tempo de compostagem que colabora para a maturação do composto isentando qualquer fitotoxicidade, fase termofílica que elimina os agentes patógenos, corroborando com o presente trabalho onde o processo durou 120 dias se obtendo um composto maturado, e também a fase termofílica em todos os tratamentos.

4.5.2 Rabo-de-Galo (*Celosia plumosa* L.)

Tabela 18 ilustra os resultados de Fitotoxicidade dos tratamentos para semente de *Celosia plumosa* L. (Rabo-de-Galo).

Tabela 18: Índice de Germinação (%) para semente de Rabo-de-Galo

Trat	Tempo (dias)				
	0	30	60	90	120
01	43,50 ^{bcNS} ±16,74	21,79 ^{bNS} ±11,83	35,08 ^{nsNS} ±10,29	58,94 ^{nsNS} ±16,73	103,68 ^{nsNS} ±22,02
02	27,61 ^{cNS} ±0,08	36,05 ^{bNS} ±1,39	22,44 ^{nsNS} ±6,29	70,04 ^{nsNS} ±0,83	109,61 ^{nsNS} ±24,61
03	59,12 ^{bcB} ±8,32	13,86 ^{bB} ±5,39	45,24 ^{nsAB} ±24,8	55,99 ^{nsAB} ±10,40	99,59 ^{nsA} ±2,39
04	43,31 ^{bcNS} ±4,06	89,58 ^{aNS} ±11,48	120,04 ^{nsNS} ±87,29	86,04 ^{nsNS} ±3,12	113,76 ^{nsNS} ±16,58

05	99,17 ^{aNS} ±14,88	39,36 ^{bNS} ±13,47	71,70 ^{nsNS} ±20,70	70,96 ^{nsNS} ±1,74	96,78 ^{nsNS} ±5,17
06	104,97 ^{aA} ±3,71	15,39 ^{bB} ±3,49	69,01 ^{nsB} ±10,92	81,22 ^{nsA} ±0,17	100,45 ^{nsA} ±3,04

Médias seguidas de mesma letra minúscula entre linhas, os tratamentos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre colunas, os tempos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$).

Os tratamentos diferiram entre si ($p < 0,05$) no início do processo, e na variável tempo somente o tratamento 06 apresentou diferença ($p < 0,05$). Os valores de IG (%) de todos os tratamentos foram superiores a 80% que é o recomendável por *California Compost Quality Council* (CCQC, 2001). Em relação à comparação com outros trabalhos que analisaram a fitotoxicidade para semente de Rabo-de-Galo, os resultados do IG (%) do presente estudo foram superiores de Voltolini *et al.*, (2017) que utilizaram lodo de esgoto e resíduos sólidos provenientes da estação de tratamento de esgoto (ETE), que apresentaram IG (%) final em 45%.

O IG (%) com valores altos está relacionado com a redução das substâncias tóxicas, e também pela estabilização da matéria orgânica que é enriquecido em substâncias húmicas e nutrientes na fase de maturação do composto orgânico (EL FELS *et al.*, 2016). Os tratamentos 01, 02, 04, 05 e 06 ficaram com valores dentro das referências estipuladas pela CCQC (2001), podendo os compostos ser utilizados já no tempo 90, enquanto que o tratamento 03 precisou de 120 dias para atingir o IG (%) que indicava livre de fitotoxicidade.

4.5.3 Pepino (*Cucumis sativus*)

Na Tabela 19 são apresentados os resultados de Fitotoxicidade dos tratamentos do experimento para sementes de pepino.

Tabela 19: Índice de Germinação (%) para semente de Pepino

Trat.	Tempo (dias)				
	0	30	60	90	120
01	48,78 ^{nsNS} ±10,86	90,48 ^{nsNS} ±21,2	94,25 ^{nsNS} ±11,07	129,33 ^{nsNS} ±6,0	101,14 ^{nsNS} ±7,6
02	45,49 ^{nsNS} ±12,06	46,72 ^{nsNS} ±18,0	79,48 ^{nsNS} ±11,72	77,92 ^{nsNS} ±12,06	86,06 ^{nsNS} ±5,72
03	80,67 ^{nsNS} ±17,44	110,26 ^{nsNS} ±23,17	94,42 ^{nsNS} ±9,38	97,20 ^{nsNS} ±7,52	99,33 ^{nsNS} ±4,02
04	80,09 ^{nsNS} ±7,48	58,12 ^{nsNS} ±6,78	74,11 ^{nsNS} ±8,78	89,19 ^{nsNS} ±5,37	86,05 ^{nsNS} ±4,59
05	69,96 ^{nsNS} ±6,22	35,13 ^{nsNS} ±6,19	90,43 ^{nsNS} ±8,55	80,84 ^{nsNS} ±8,31	81,00 ^{nsNS} ±2,97
06	71,69 ^{nsNS} ±10,11	45,07 ^{nsNS} ±5,64	73,30 ^{nsNS} ±10,84	84,91 ^{nsNS} ±7,78	99,55 ^{nsNS} ±4,18

Médias seguidas de mesma letra minúscula entre linhas, os tratamentos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre colunas, os tempos não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$).

Conforme pode ser observado nenhum tratamento apresentou diferença estatística ($p > 0,05$) entre tratamentos e na variável tempo. Todos os tratamentos ficaram dentro das recomendações para Índice de germinação para semente de pepino, recomendado pela *California Compost Quality Council* (CCQC, 2001), que estipula que um composto maturado deve obter um índice de germinação acima de 80%.

A semente de pepino é muito utilizada em teste de fitotoxicidade por apresentarem sensibilidade em ambientes com variações no meio, principalmente em estresse salino e hídrico (OUZOUNIDOU, 2016). Apesar desta sensibilidade, as sementes de pepino dos tratamentos 02 e 05 que eram dos resíduos do pós-preparo apresentaram IG (%) acima do recomendável, segundo Diniz Neto *et al.*, (2003) esse resultado está associado com o tamanho da semente, que conseguem desenvolver mecanismos suficiente de adaptação para não serem afetadas por ambientes salinos.

5 CONCLUSÃO

Embasado nos objetivos proposto pela pesquisa, os resultados obtidos foram satisfatórios, em todo processo de compostagem, desde o monitoramento se obtendo a fase mais importante da temperatura sendo a termofílica responsável pela eliminação de patógenos, o controle da umidade através da revira. Os resultados dos parâmetros físico-químicos dos tratamentos ficaram parcialmente dentro da legislação brasileira, com exceção da relação C/N dos tratamentos com resíduos de pré-preparo, que resultaram com os valores acima do recomendável. Já em relação aos resultados fitotóxicos todos os tratamentos alcançaram valores dentro do limite recomendado por órgãos internacionais de controle toxicológico. Portanto, é possível concluir que os tratamentos com resíduos do pré-preparo devem ser somente utilizados em conjunto com resíduos do pós-preparo, e que estes podem ser utilizados apenas com adição de material estruturante.

Através dos resultados encontrados neste trabalho os compostos orgânicos mostraram condições favoráveis para serem utilizados como adubo orgânico demonstrando a técnica da compostagem como alternativa segura e eficiente no tratamento e valoração dos resíduos orgânicos gerados em serviços alimentares.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU JUNIOR, C. H.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, F. C. Carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre em solos tratados com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 26, n. 3, p. 769-780, set. 2002.

ABREU, P.G.; PAIVA, D. P.; ABREU, V. M.N.; COLDEBELLA, A.; CESTONARO, T. Casca de arroz e palhada de soja na compostagem de carcaças de frangos de corte. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, [S.L.], v. 33, n. 1, p. 51-57, 3 fev. 2011.

ADHIKARI, B. K.; TRÉMIER, A.; BARRINGTON, S.; MARTINEZ, J.; DAUMOIN, M. Gasemissions as influencedby home composting system configuration. **Journal Of Environmental Management**, [S.L.], v. 116, p. 163-171, fev. 2013.

AGYARKO-MINTAH, E.; COWIE, A.; SINGH, B.; JOSEPH, S.; VAN ZWIETEN, L.; COWIE, A.; HARDEN, S.; SMILLIE, R. Biocharincreasesnitrogenretention and lowersgreenhousegasemissionswhenaddedtocompostingpoultrylitter. **Waste Management**, [S.L.], v. 61, p. 138-149, mar. 2017.

ALI, M.; KAZMI, A.; AHMED, N. Studyoneffects of temperature, moisture and pH in degradation and degradationkinetics of aldrin, endosulfan, lindanepesticidesduring full-scalecontinuousrotarydrumcomposting. **Chemosphere**, [s.l.] v.102, p.68-75, 2014.

AMBARISH, C.; SRIDHAR, K.; R. Production and Quality of Pill-MillipedeManure: a microcosmstudy. **AgriculturalResearch**, [S.L.], v. 2, n. 3, p. 258-264, 23 ago. 2013.

ANGEL, J. D. M.; VÁSQUEZ, T.G.; JUNKES, J. A.; HOTZA, D. Caracterização de cinza obtida por combustão de casca de arroz em reator de leito fluidizado. **Química Nova**, [S.L.], v. 32, n. 5, p. 1110-1114, 2009.

ARIAS, O.; VIÑA, S.; UZAL, M.; SOTO, M. Composting of pigmanure and forestgreenwasteamendedwith industrial sludge. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 586, p. 1228-1236, maio 2017.

ARTHURSON, V. ProperSanitization of SewageSludge: a CriticalIssue for a Sustainable Society. **Applied and Environmental Microbiology**, [s.l.], v.74, n.17, p.5267-5275, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018**. São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/download-panorama-2018-2019/>> Acesso em: 18 de jun. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004: Resíduos Sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro, p. 71. 2004. Disponível em: <<https://www.abnt.com.br/norma.aspx?ID=936>> Acesso em: 21 de jun. 2019.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE RESTAURANTE. **Crescimento no setor gastronômico**. 2019. Disponível em: <<https://anrbrasil.org.br/noticias/>>. Acesso em: 11 jan. 2020.

ARRUDA, A. C.S.; BAALBAKI, D. K.; FREITAS, G. R.; ZAMARIOLI, L. S. MARTINS, S. P.; OLIVEIRA, C. R. Análise fitoquímica e toxicológica de *Pothomorpheumbellata*. **Brazilian Journal Of Natural Sciences**, [S.L.], v. 2, n. 1, p. 17-27, 11 jan. 2019.

AWASTHI, M. K.; SELVAM, A.; LAI, K.; WONG, J. Criticalevaluation of post-consumption food wastecompostingemployingthermophilicbacterial consortium. **Bioresource Technology**, [S.L.], v. 245, p. 665-672, dez. 2017.

BARRENA, R.; FONT, X.; GABARRELL, X.; SÁNCHEZ, A. Home composting versus industrial composting: influence of composting system oncompostqualitywithfocusoncompoststability. **Waste Management**, [S.L.], v. 34, n. 7, p. 1109-1116, jul. 2014.

BERNAL, M.P.; ALBURQUERQUE, J.A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemicalcriteria for compostmaturity assessment. A review. **Bioresource Technology**, [S.L.], v. 100, n. 22, p. 5444-5453, nov. 2009.

BELO, S.R.S. **Avaliação de fitotoxicidade através de *Lepidiumsativum* no âmbito de processos de compostagem**. 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Ambiente na Especialidade de Tecnologia e Gestão do Ambiente, Universidade de Coimbra-faculdade de Ciências e Tecnologia, Coimbra, 2011.

BERNAL. M.P.; ALBURQUERQUE, J.A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemicalcriteria for compostmaturity assessment. **A ReviewBioresource Technology**, [s.l.], v.100, n.22, p.5444-5453, 2009.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. 3.ed. São Carlos: Edit. EESC-USP, 2010. 109p.

BRASIL, MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução **normativa nº 25 de 23 de julho 2009**. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=recuperarTextoAtoTematicaPortal&codigoTematica=1229186>> Acesso em 23 de jun de 2019.

BRASIL, **Lei N. 12.305/2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. Brasília: 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm Acesso em: 12 de mai. 2019.

BRASIL, CONAMA - **RESOLUÇÃO N. 481, DE 03 DE OUTUBRO DE 2017**. Conselho Nacional Do Meio Ambiente. Disponível em <<http://www.in.gov.br/materia/>>

/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/19344546/do1-2017-10-09-resolucao-n-481-de-3-de-outubro-de-2017-19344458> Acesso em: 12 de mai. 2019.

CARNIER, R.; BERTON, R.; COCIONE, A.; PIRES, A. R.; CORBO, J. Método da hidrólise ácida na disponibilidade de nitrogênio em resíduos orgânicos. **Revista de Ciências Agrária**, [s.l.], v.3, n.42, p.619-627, 2019.

CCQC - **California Compost Quality Council**, 2001. Compost Maturity Index, Technical Report. California.

CESTONARO, T.; ABREU, P.G.; ABREU, V. M.; COLDEBELLA, A.; TORMAZELLI, I. L.; HASSEMER, M. Desempenho de diferentes substratos na decomposição de carcaça de frango de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, n.12, v.14, p. 1318-1322, 2010.

CHANG, J.; HSU, T. Effects of composition on food waste composting. **Bioresource Technology**, [S.L.], v. 99, n. 17, p. 8068-8074, nov. 2008.

CHAVES, J. S. **Estudo de composteiras e vermicomposteiras para tratamento de resíduos sólidos orgânicos**. 2017. 89 f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2017.

CHERUBIN, M. R.; EITELWEIN, M.T.; FABBRIS, C.; WEIRICH, S. W.; SILVA, R. F.; SILVA, V. R.; BASSO, C.J. Qualidade física, química e biológica de um latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 39, n. 2, p. 615-625, abr. 2015.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **Resíduos Sólidos Orgânicos**. 2018. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br/>>. Acesso em: 26 jul. 2018.

CORRÊA, É.K.; ULGUIM, R.R.; CORRÊA, L.B.; CASTILHOS, D.D.; BIANCHI, I.; GIL-TURNES, C.; LUCIA, T. Addition of *Bacillus* sp. inoculums in bedding for swine on a pilotscale: effect on microbial population and bedding temperature. **Bioresource Technology**, [S.L.], v. 121, p. 127-130, out. 2012.

COTTA, J. A. O.; CARVALHO, N. L. C.; BRUM, T. S.; REZENDE, M. O. O. Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 65-78, mar. 2015.

COSTA, F. M. S. **Compostagem e potencial de uso como fertilizante do lodo de tratamento de efluente de indústria de carne avícola**. 2016. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2016.

CHOWDHURY, A. K. M.I B.; AKRATOS, C. S.; VAYENAS, D. V.; PAVLOU, S. Olive mill waste composting: a review. **International Biodeterioration & Biodegradation**, [S.L.], v. 85, p. 108-119, nov. 2013.

DA PAZ, M. F. **Avaliação de compostagem de resíduos da indústria de alimentos através de parâmetros físico-químicos, microbiológicos e ecotoxicológicos**. 2017. 84 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós

Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

DELLA, V. P.; KÜHN, I.; HOTZA, D. Caracterização de cinza de casca de arroz para uso como matéria-prima na fabricação de refratários de sílica. **Química Nova**, [S.L.], v. 24, n. 6, p. 778-782, dez. 2001.

DIAS, D. M.; MARTINEZ, C. B.; BARROS, R. T. V.; LIBÂNIO, M. Modelo para estimativa da geração de resíduos sólidos domiciliares em centros urbanos a partir de variáveis socioeconômicas conjunturais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 17, n. 3, p. 325-332, 2012.

DEON, M.; MATHIAS, J. Avaliação da qualidade de composto orgânico na Universidade Comunitária Regional CHAPECÓ. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v.2, n.2, p.1443, 2007.

DING, L.; JING, H.; QIN, L.; LI, J.; WANG, T.; LIU, G. Regulation of Cell Division and Growth in Roots of *Lactuca sativa* L. Seedlings by the Ent-Kaurene Diterpenoid Rabdosin B. **Journal Of Chemical Ecology**, [S.L.], v. 36, n. 5, p. 553-563, 8 abr. 2010.

DINIZ NETO, M.A., CAVALCANTE, L. F.; SILVA, M.R.M.; SANTOS, C. G.; CRUZ, J. C. Crescimento inicial do pepino submetido ao efeito de diferentes níveis de salinidade. **Horticultura brasileira**. [S.L.], v. 21, n. 2, p. 34-45, 2003.

DOMINGUES, C. F. S.; THOMAZ, D. P. C.; SIMÕES, D. M.; WEBER, M. L. Geração de resíduos sólidos orgânicos em restaurante universitário em São Paulo/SP. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, [S.L.], v. 10, n. 5, p. 58-73, 10 jun. 2016.

EL FELS, L.; HAFIDI, M.; OUHDOUCH, Y. Artemia salina as a new index for assessment of acute cytotoxicity during co-composting of sewage sludge and lignocellulose waste. **Waste Management**, v. 50, p. 194 - 200. 2016.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1996. 212p. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf> Acesso em: 18 de jun. 2020

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Adequação da Metodologia Kjeldahl para determinação de Nitrogênio Total e Proteína Bruta**, 2006. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/37465/1/CT63.pdf>> Acesso em: 18 de jun. 2020.

FAN, Y.V.; LEE, C.T.; KLEMES, J.J.; CHUA, L.S.; SARMIDI, M.R.; LEOW, C.W. Evaluation of effective microorganisms on home scale organic waste composting. **Journal of Environmental Management**, p.1-8, 2017.

FERREIRA, K. S.; SILVA, N. F. **Alimentação adequada e qualidade de vida na doença renal crônica**. 2012. Disponível em: <<http://www.uenf.br/dic/wp-content/uploads/sites/2/2012/05/Livro-de-receitas-Neila-2012.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

FIALHO, L. L.; SILVA, W. T.L.; MILORI, D. M.B.P.; SIMÕES, M.; MARTIN-NETO, L. Characterization of organic matter from composting of different residues by physicochemical and spectroscopic methods. **Bioresource Technology**, [S.L.], v. 101, n. 6, p. 1927-1934, mar. 2010.

FIORI, Marciane Gorete; SCHOENHALS, Marlise; FOLLADOR, Francieli Ani. Análise da evolução tempo-eficiência de duas composições de resíduos agroindustriais no processo de compostagem aeróbia. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v. 5, n. 3, p.178-191, 2008.

FRANÇA, J. R.; RODRIGUES, A.; FLORES, C. E. B.; BORTH, R.; BARROS, G.; PRETTO, P.P.; BORBA, W. F.; KEMERICH, P. D. Tratamento de resíduos orgânicos provenientes de restaurante universitário: decomposição biológica monitorada. **Revista Monografias Ambientais**, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 2920-200927, 2014.

GHINEA, C.; APOSTOL, L. C.; PRISACARU, A. E.; LEAHU, A. Development of a model for food waste composting. **Environmental Science And Pollution Research**, [S.L.], v. 26, n. 4, p. 4056-4069, 15 dez. 2018.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, [S.L.], v. 6, n. 17, p.1503-1510, maio 2012.

GUIDONI, L. L. C.; PERUCHIN, B.; CORRÊA, L.B.; MARQUES, R.V.; VIEIRA, L. A.; SIQUEIRA, T. M.; CORRÊA, E.K. Solid waste generation in a hotel event service. **Revista Internacional de Contaminación Ambiental**, [S.L.], v. 34, n. 2, p. 237-247, 1 maio 2018.

GUO, R.; LI, G.; JIANG, T.; SCHUCHARDT, F.; CHEN, T.; ZHAO, Y.; SHEN, Y. Effect of aeration rate, C/N ratio and moisture content on the stability and maturity of compost. **Bioresource Technology**, [S.L.], v. 112, p. 171-178, maio 2012.

HAMDI, H; HECHMI, S; KHELIL, M. N.; ZOGHLAMI, I. R.; BENZARTI, S.; MOKNITLILI, S.; HASSEN, A.; JEDIDI, N. Repetitive land application of urban sewage sludge: effect of amendment rates and soil texture on fertility and degradation parameters. **Catena**, [S.L.], v. 172, p. 11-20, jan. 2019.

HIMANEN, M. Phytotoxicity of low-weight carboxylic acids. **Chemosphere**, v. 88, p. 426-431, 2012.

HOLANDA, P. **Compostagem e minhocultura**. Fundação Demócrito Rocha. CENTEC. Fortaleza- CE, 2013, 56 p.

HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P.; KENNEDY, C. Environment: wasteproduction must peakthiscentury. **Nature**, [S.L.], v. 502, n. 7473, p. 615-617, out. 2013.

IBÁÑEZ-FORÉS, V; BOVEA, M. D.; COUTINHO-NÓBREGA, C.; MEDEIROS, H. R. Assessingthe social performance of municipal solidwaste management systems in developing countries: proposal of indicators and a case study. **EcologicalIndicators**, [S.L.], v. 98, p. 164-178, mar. 2019.

INACIO, C. T.; MILLER, P. R. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Florianópolis: Cdd, 2009. 156 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Agrícola Municipal (PAM)**. Disponível em:<<http://www.sidra.ibge.gov.br>> . Acesso em: ABRIL. 2020.

JIANG, T.; SCHUCHARDT, F.; LI, G.; GUO, R.; ZHAO, Y. Effect of C/N ratio, aeration rate and moisturecontenton ammonia and greenhousegasemissionduringthecomposting. **Journal Of Environmental Sciences**, [S.L.], v. 23, n. 10, p. 1754-1760, out. 2011.

KANO, C.; CARDOSO, A.; BOAS, R. V.; HIGUTI, A. Germinação de sementes de alface obtidas de plantas cultivadas com diferentes doses de fósforo. **Semina: Ciências Agrárias**, [S.L.], v. 32, n. 2, p. 591-598, 12 jul. 2011.

KARTHIGEYAN, M; ALAGESAN, P. MillipedeComposting: A Novel Method for OrganicWasteRecycling .**RecentResearch in Science and Technology**, [S.L.], v.3, n.9, p. 62-67, 2011.

KAUSAR, H; SOULD, H; ALAN, M; SMAIL, M. Isolation and screening of potentialactinobacteria for rapidcomposting of rice straw. **Biodegradation**. v.22, p. 367-375, 2011.

LA FUENTE, A.N. Resíduos sólidos em restaurante comercial: um estudo de caso na cidade de SANTOS/SP. **Revista de Tecnologia Aplicada**, Campo Limpo Paulista, v. 6, n. 2, p.44-61, 05-08, 2012.

LIM, S. L.; LEE, L. H.; WU, T. Y. Sustainability of usingcomposting and vermicompostingtechnologies for organicsolidwastebiotransformation: recent overview, greenhouse gases emissions and economicanalysis. **Journal Of CleanerProduction**, [S.L.], v. 111, p. 262-278, jan. 2016.

LIMA, G. F. C. A. **O gerenciamento de resíduos sólidos urbanos em Rio Pomba – MG na visão de atores sociais que participaram do processo**. 2014. 235 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

LIMA, L.C.; FIA, R.; RIBEIRO, A. G. C.; HASHIZUME, B. M.; SOARES, R. A. Qualidade do composto gerado no tratamento de resíduos sólidos de restaurante e diferentes resíduos orgânicos. **Revista Engenharia na Agricultura**, [S.L.], v. 25, n. 5, p. 407-416, 24 nov. 2018.

LIN, C.; WEI, C-C.; TSAI, C-C. Prediction of Influential Operational Compost Parameters for Monitoring Composting Process. **Environmental Engineering Science**, [S.L.], v. 33, n. 7, p. 494-506, jul. 2016.

LOHRI, C.R.; DIENER, S.; ZABALETA, I.; MERTENAT, A.; ZURBRÜGG, C. Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products: a review with focus on low- and middle-income settings. **Reviews In Environmental Science And Bio/technology**, [S.L.], v. 16, n. 1, p. 81-130, 10 fev. 2017.

MAHMOUD, B.A. G. E.; HABIB, G. G. F. Avaliação de diferentes combinações na compostagem de resíduos verdes obtidos na UNICAMP. In: ANAIS DO CONGRESSO INTERNO DA UNICAMP, 5., 2006, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: Pibic, 2006. p. 1-8.

MALIKI, A. D.; LAI, K-M. Design and application of a pre-composting test step to determine the effect of high fat food waste on an industrial scale in-vessel composting system. **International Biodeterioration & Biodegradation**, [S.L.], v. 65, n. 6, p. 906-911, set. 2011.

MANU, M.K.; KUMAR, R.; GARG, A. Decentralized composting of household wet biodegradable waste in plastic drums: effect of waste turning, microbial inoculum and bulking agent on product quality. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 226, p. 233-241, jul. 2019.

MARQUES, R. V.; AZAMBUJA, H.G.P.; PERIUS, D. B.; BITTENCOUR, G. A.; MONCKES, R. B.; CORRÊA, E. K.; SANTO, M. L. P.E. Canned Anchoita (Engraulis Anchoita): Technological Process and Sensory Analysis - an Alternative for Human Feed. **American Journal Of Food Science And Technology**, [S.L.], v. 1, n. 30, p. 18-24, 2013.

MASSUKADO, L.M.; SCHALCH, V. Avaliação da qualidade do composto proveniente da compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares. **Revista Dae**, [S.L.], v. 58, n. 183, p. 9-15, 2010.

Ministério do Meio Ambiente. **Conferência Nacional do Meio Ambiente**. 2013. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/conferencia-nacional-do-meio-ambiente>>. Acesso em: 09 set. 2019.

MENEZES, C. R.; BARRETO, A.R. Biodegradação de resíduos lignocelulósicos por fungos basidiomicetos: Caracterização dos resíduos e estudo do complexo enzimático fúngico. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p.1365-1391, 2015.

MUNHOZ, C.P. Contratos de parcerias público-privadas na gestão de resíduos sólidos urbanos – estudos de caso. **Revista de Direito Sanitário**, [S.L.], v. 16, n. 3, p. 57, 30 dez. 2015.

OLINTO, F. A.; ANDRADE, F. D.; JÚNIOR, J. R.; SILVA, S. S.; SILVA, G.D. Compostagem de resíduos sólidos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Campina Grande, v. 7, n. 5, p.40-44, 2012.

OLIVEIRA, E. C.; SARTORI, R. H.; GARCEZ, T B. **COMPOSTAGEM**. 2008. Disponível em:

<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Compostagem_000fhc8nfqz02wyiv80efhb2adn37yaw.pdf /> Acesso em: 11 set. 2019.

OLIVEIRA, A. M. G.; AQUINO, A. M.; NETO, M. T. **Compostagem Caseira de Lixo Orgânico Doméstico**. 2005. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1022380/1/Compostagemcaseiradelixoorganicodomestico.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2020.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JÚNIOR, J. Compostagem da fração sólida da água residuária de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, [S.L.], v. 29, n. 3, p. 483-491, set. 2009.

OUZOUNIDOU, G.; GIANNAKOULA, A.; ILIAS, I.; ZAMANIDIS, P. Alleviation of drought and salinity stresses on growth, physiology, biochemistry and quality of two *Cucumis sativus* L. cultivars by Si application. **Brazilian Journal of Botany**, v. 39, n.2, p. 531-539, 2016.

NASCIMENTO, L. L. O. Avaliação comparativa entre a política nacional de resíduos sólidos e a política municipal de resíduos da cidade de Campos dos Goytacazes. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, Campos dos Goytacazes, v. 1, n. 22, p.19-30, 2017.

NOGUEIRA, C. F. A. Política Nacional de Resíduos Sólidos, Coleta Seletiva e seus Atores – o caso do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Direito**, Passo Fundo, v. 10, n. 1, p.106-115, 2014.

NUNES, M.U.C. **Compostagem de resíduos para a produção de adubo orgânico na pequena propriedade**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, p.1-7, 2009. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2010/ct_59.pdf> Acesso em: 13 de abril de 2020.

PAIVA, E. R.; MATOS, A. T.; AZEVEDO, M. A.; BARROS, R. T. P.; COSTA, T. D. R.. Avaliação da compostagem de carcaças de frango pelos métodos da composteira e de leiras estáticas aeradas. **Engenharia Agrícola**, [S.L.], v. 32, n. 5, p. 961-970, out. 2012.

PAIXÃO, R. M.; SILVA, H.B. R; TEIXEIRA, T. M. Análise da viabilidade da compostagem de poda de árvore no campus do centro universitário de Maringá – CESUMAR. In: MOstra interna de trabalhos de iniciação científica, 6, 2012, Maringá. **Anais [...]**. Maringá: Sbed, 2012. p. 1-14.

PARK, J. H.; CHOPPALA, G.K.; BOLAN, N. S.; CHUNG, J.W.; CHUASAVATHI, T. Biochar reduce the bioavailability and phytotoxicity of heavy metals. **Plant And Soil**, [S.L.], v. 348, n. 1-2, p. 439-451, 19 ago. 2011.

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**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 44-48, 2015.

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem**. 2. ed. Viscoça: Editora Ufv, 2007. 81 p.

PEREIRA, L. A.; FIALHO, M. L. Gestão da sustentabilidade: compostagem otimizada em resíduos sólidos orgânicos com a utilização de metodologia enzimática na implantação de uma usina de compostagem de lixo no município de Santa Juliana/MG. **International Journal Knowledge Engineering Management**, Florianópolis, v. 2, n. 2, p.52-85, 2013.

PISTORELLO, J.; CONTO, S. M.; ZARO, M. Geração de resíduos sólidos em um restaurante de um Hotel da Serra Gaúcha, Rio Grande do Sul, Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 20, n. 3, p. 337-346, set. 2015.

RAMOS, N. L. **Avaliação da fitotoxicidade de correctivos orgânicos**. 2016. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Ambiente, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2016.

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

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

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**, [S.L.], v. 11, n. 22, p. 747-759, 11 dez. 2015.

RODRIGUES, A. C.; BAUM, C.; FORMENTINI, J.; SCHMACHTENBERG, G.M.; SILVA, A. C. G. Avaliação do processo de compostagem utilizando lodo de Estação de Tratamento de Efluentes de laticínio. **Ciência e Natura** v.38 n.2, p. 610 – 619, 2016.

ROSA, L. O.; SOUZA, T. P.; OLIVEIRA, V.F.; CORRÊA, L. B.; CORRÊA, E. K. Valorização dos resíduos orgânicos do setor de hortifrutigranjeiro pelo processo de compostagem doméstica. **Semioses**, [S.L.], v. 13, n. 2, p. 1-12, 10 jun. 2019.

SILVA, A. S. F. **Avaliação do processo de compostagem com diferentes proporções de resíduos de limpeza urbana e restos de alimentos**. 2016. 49 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

SISOUANE, M.; CASCANT, M.M.; TAHIRI, S.; GARRIGUES, S.; KRATI, M. El.; BOUTCHICH, G.EIKadiri.; CERVERA, M.L.; LAGUARDIA, M. Prediction of organiccarbon and total nitrogencontents in organicwastes and theircompostsbyInfraredspectroscopy and partialleastsquareregression. **Talanta**, [S.L.], v. 167, p. 352-358, maio 2017.

SOOBHANY, Nuhaa; GUNASEE, Sanjana; RAGO, YogeshwariPooja; JOYRAM, Hashita; JOYRAM, Hashita; MOHEE, Romeela; GARG, VinodKumar. Spectroscopic, thermogravimetric and structuralcharacterizationanalyses for comparing Municipal SolidWastecomposts and vermicompostsstability and maturity. **Bioresource Technology**, [S.L.], n. 236, p. 11-19, 2017.

STRASBURG, V. J.; JAHNO, V.D. Paradigmas das práticas de gestão ambiental no segmento de produção de refeições no Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 22, n. 1, p. 3-12, fev. 2017.

SUNADA, N. S.; ORRICO, A.C. A.; ORRICO JUNIOR, M. A. P.; CENTURION, S. R.; OLIVEIRA, A.B. M.; FERNANDES, A. R.M.; LUCAS JUNIOR, J.; SENO, L. O. Compostagem de resíduo sólido de abatedouro avícola. **Ciência Rural**, [S.L.], v. 45, n. 1, p. 178-183, 9 set. 2014.

SUNDBERG, C. Low pH as aninhibitingfactor in thetransitionfrommesophilictothermophilicphase in composting. **Bioresource Technology**, [S.L.], v. 95, n. 2, p. 145-150, nov. 2004.

TCHOBANOGLIOUS, G.; KREITH, F. **Hand Book of SolidWast Management**. 2. ed. New York: Mcgraw-hill, 2002. 834 p.

TEDESCO, J.M. **Análise de solo plantas e outros materiais**. Porto Alegre. Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1995. 174 p.

TIQUIA, S.M.; TAM, N.F.Y. Elimination of phytotoxicityduringco-composting of spentpig-manuresawdustlitter and pigsludge. **Bioresource Technology**, [S.L.], v. 65, n. 1-2, p. 43-49, jul. 1998.

TRANCOSO, S.C.; TOMASIAK, F.S. Estruturação de uma unidade de alimentação e nutrição. **Nutrição Brasil**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, p. 12, 2004.

TRAUTMANN, N.; KRASNY, M. **Composting in theClassroom, ScientificInquiry for High SchoolStudents**. Ed. Cornell University. 2005.

TUOMELA, M. Biodegradation of lignin in a compostenvironment: a review. **Bioresource Technology**, [S.L.], v. 72, n. 2, p. 169-183, abr. 2000.

TURCHETTO, Q.; SCHÜROFF, H. P.; BARROS JUNIOR, C.; ANDREAZZI, M.A.; EMANUELLI, I. P. Destino sustentável de resíduos sólidos orgânicos em restaurante escola: uma proposta de implementação. **Revista Monografias Ambientais**, [S.L.], v. 01, n. 01, p. 220-227, 2016.

VALENTE, B.S.; XAVIE, E.G.; MORSELLI, T.B.G.A.; JAHNKE, D.S.; BRUM JUNIOR, 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 Zootecnia**, Pelotas, n. 58, p. 59-85, 2009.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; PEREIRA, H. S.; PILOTTO, M.V. Compostagem de resíduos da filetagem de pescado marinho e casca de arroz. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, [S.L.], v. 17, n. 2, p. 237-248, jun. 2016.

VIANA, E.; SCHULZ, H. E.; ALBUQUERQUE, R.; NORONHA, A. B. Resíduos alimentares do lixo domiciliar: Estudo do uso na alimentação de frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 203-211, 2006.

VICH, D. V.; MIYAMOTO, H. P.; QUEIROZ, L. M.; ZANTA, V.M. Household food-wastecompostingusing a small-scalecomposter. **Ambiente e Agua - AnInterdisciplinaryJournal Of Applied Science**, [S.L.], v. 12, n. 5, p. 718-728, 23 ago. 2017.

VIONE, E. L.B.; SILVA, L. S.; CARGNELUTTI FILHO, A.; AITA, N. T.; MORAIS, A. F.; SILVA, A. A. K. Caracterização química de compostos e vermicompostos produzidos com casca de arroz e dejetos animais. **Revista Ceres**, [S.L.], v. 65, n. 1, p. 65-73, fev. 2018.

VOLTOLINI, L.C.; BIZARI, D. R.; STOLF, R. Fertilizante orgânico composto classe D na produção de *Acalypha reptans* em casa de vegetação. **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente**, [s.l.], v. 5, n. 1, p.23-29, 2017.

WANG, Y.; AI, P. Integratingparticlephysicalgeometryintocompostingdegradationkinetics. **Bioresource Technology**, [S.L.], v. 200, p. 514-520, jan. 2016.

WANG, X.; SELVAM, A.; WONG, J.W.C..Influence of lime onstruviteformation and nitrogenconservationduring food wastecomposting. **Bioresource Technology**, [S.L.], v. 217, p. 227-232, out. 2016.

WASTE & RESOURCES ACTION PROGRAMME. **Understanding out of home consumer food waste**. 2013. Disponível em: <<http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/OOH%20Report.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2019.

WILKE, B.-M.; RIEPERT, F.; KOCH, C; KÜHNE, T..Ecotoxicologicalcharacterization of hazardouswastes. **Ecotoxicology And Environmental Safety**, [S.L.], v. 70, n. 2, p. 283-293, jun. 2008.

WU, C.; LI, W.; WANG, K;; LI, Y. Usage of pumice as bulkingagent in sewagesludgecomposting. **Bioresource Technology**, [S.L.], v. 190, p. 516-521, ago. 2015.

YAÑES, R.; ALONSO, J. L.; DÍAS, M. J. Influence of bulking agente onsewagesludgecompostingprocess. **Bioresource Technology**, n. 100, p. 5827-5833, 2009.

YUAN, J.; CHADWICK, D.; ZHANG, D.; LI, G.; CHEN, S.; LUO, W.; DU, L.; HE, S.; PENG, S. Effects of aeration rate onmaturity and gaseousemissionsduringsewagesludgecomposting. **Waste Management**, [S.L.], v. 56, p. 403-410, out. 2016.

ZHANG, F.; GU, W.; XU, P.; TANG, S.; XIE, K.; HUANG, X.; HUANG, Q. Effects of alkylpolyglycoside (APG) oncomposting of agriculturalwastes. **Waste Management**, [S.L.], v. 31, n. 6, p. 1333-1338, jun. 2011.

ZUCCONI, F.; PERA, A.; FORTE, M.; DE BERTOLDI, M. Valuatingtoxicity in immaturecompost. **Biocycle, Emmaus**, v. 22, p.54-57, 1988.