



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS EM UM HOTEL: ESTRATÉGIAS
DE REDUÇÃO DO MONTANTE A SER DESTINADO AO ATERRO
SANITÁRIO**

IGOR DO NASCIMENTO QUARESMA

*Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal da Paraíba
para obtenção do grau de Mestre*

João Pessoa – Paraíba

Março, 2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS EM UM HOTEL: ESTRATÉGIAS
DE REDUÇÃO DO MONTANTE A SER DESTINADO AO ATERRO
SANITÁRIO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre.

IGOR DO NASCIMENTO QUARESMA

Orientador: Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Junior

João Pessoa – Paraíba

Março, 2020

**Catálogo na publicação Seção de
Catálogo e Classificação**

Q1r Quaresma, Igor do Nascimento.
RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS EM UM HOTEL: ESTRATÉGIAS DE
REDUÇÃO DO MONTANTE A SER DESTINADO AO ATERRO SANITÁRIO
/ Igor do Nascimento Quaresma. - João Pessoa, 2020.
111 f.

Orientação: Gilson Barbosa Athayde Júnior.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/Tecnologia (CT).

1. Resíduos Sólidos. 2. Compostagem. I. Athayde Júnior,
Gilson Barbosa. II. Título.

UFPB/BC



PPGECAM

Programa de Pós-Graduação
Engenharia Civil e Ambiental

UFPB Universidade Federal da Paraíba

Mestrado e Doutorado



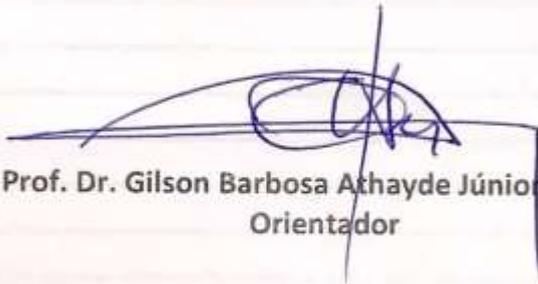
"RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS EM UM HOTEL: ESTRATÉGIAS DE REDUÇÃO DO MONTANTE A SER DESTINADO AO ATERRO SANITÁRIO"

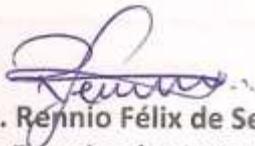
LISTA DE PRESENTES NA PRESENTAÇÃO DE DEFESA DA DISSERTAÇÃO DO
MESTRANDO IGOR DO NASCIMENTO QUARESMA

IGOR DO NASCIMENTO QUARESMA

Dissertação aprovada em 30 de março de 2020

Período Letivo: 2019.2


Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior – UFPB
Orientador


Prof. Dr. Rennio Félix de Sena – UFPB
Examinador Interno


Profa. Dra. Viviana Maria Zanta – UFBA
Examinadora Externa

*Dedico esta pesquisa aos meus avós, que
são inspiração à vida.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me capacitar e me abençoar na realização desta pesquisa. Agradeço a minha família, representada aqui pelos meus pais, irmãos e Augusto, por todo amor e paciência e pela oportunidade que vocês me dão de poder estudar. Agradeço aos meus avós, por serem exemplos de dedicação, amor e companheirismo e por me inspirarem todos os dias. Agradeço ao Pedro, João e Luís Henrique, pelas risadas diárias.

Agradeço a minha companheira Rebecka, por estar sempre comigo, pelos momentos de leveza em meio ao caos, pelo amor que nos une, cumplicidade e por compartilhar comigo todos os planos de uma vida. Este trabalho é o resultado de uma caminhada construída junto com você. Te agradeço por todo amor ao longo desses dez anos, toda paciência e companheirismo.

Ao meu orientador Gilson Athayde, que me deu a oportunidade de desenvolver esta pesquisa, por toda orientação, conselhos e aprendizados ao longo desses últimos dois anos.

A todos os membros e voluntários do Instituto ECCUS, pelo suporte e auxílio no desenvolvimento da pesquisa, representados aqui por Diego Sousa e João Evangelista.

Ao Laboratório de Tecnologias Químicas da Universidade Federal da Paraíba, que possibilitou a realização das análises de Teor de Umidade e Relação Carbono/Nitrogênio, representados por Rennio Félix e Fabiana Costa.

Agradeço aos meus amigos pela convivência diária, jantares, cervejas, viagens, churrascos, conversas, conselhos e trabalho. Sem o apoio de vocês, nada disso seria possível. À Renata e Nelson, pelo acolhimento, ensinamentos diários e por serem exemplos de amor e doçura. Aos amigos do LAPSUS, por permitirem minha presença nos melhores Karaokês de João Pessoa e por tornarem esses dois anos mais leves. Ao Lucas, por me apresentar o Belo, os melhores filmes e por todas as horas de futebol e comida. Ao Fábio, João e Arthur, pela amizade, pela Aroeira e pelos projetos desenvolvidos ao longo desses dois anos. Ao Pedro, Igor, Matheus e Carla, pela amizade sincera e por permanecerem na minha vida nesses dois anos de mestrado. E, para finalizar, como diria meu amigo Emicida, “quem tem um amigo tem tudo!”.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo financiamento desta pesquisa, possibilitando sua realização e desenvolvimento.

RESUMO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) classifica tais itens, quanto sua origem, em onze categorias e, dentre elas, estão os provenientes de estabelecimentos comerciais. Entre esses estabelecimentos, tem-se os hotéis, que fazem parte da indústria do turismo, um setor em constante evolução e que contribui diretamente para o Produto Interno Bruto mundial. Concomitantemente, estes estabelecimentos são reconhecidos como grandes geradores de resíduos sólidos. O objetivo desta pesquisa foi analisar a redução da quantidade de resíduos sólidos gerados em um hotel, a serem dispostos em aterro sanitário, decorrente da implantação das seguintes medidas: coleta seletiva, compostagem e vermicompostagem. Foi realizada a caracterização e quantificação dos resíduos sólidos gerados pelo hotel, possibilitando o cálculo de sua taxa de geração per capita e fundamentando a aplicação de estratégias de minimização. Os resultados mostraram que, durante sete meses, o hotel gerou aproximadamente 227,62 kg/dia de resíduos sólidos, com uma taxa de geração per capita de 1,343 kg/pessoa.dia. Os resíduos gerados eram constituídos de orgânicos (76,12%), rejeitos (14,83%) e resíduos recicláveis – secos (9,05%). Assim, o hotel analisado possui um potencial para reciclagem de 85%, seja por meio de coleta seletiva e compostagem e/ou vermicompostagem. A coleta seletiva para a reciclagem de resíduos secos foi capaz de destinar 100% dos resíduos gerados à cooperativa de catadores, a uma taxa de 20,60 kg/dia. Esse resultado atende à Política Nacional de Resíduos Sólidos, destinando de forma ambientalmente adequada os resíduos secos gerados no empreendimento. A unidade de vermicompostagem conseguiu dar destinação ambientalmente adequada para até 2,2% dos resíduos orgânicos gerados no estabelecimento, a uma taxa de 3,44 kg/dia. A compostagem descentralizada foi capaz de destinar de forma ambientalmente adequada 17,15% dos resíduos orgânicos gerados pelo hotel, a uma taxa de 33,31 kg/dia. Logo, com a adoção dessas estratégias de minimização, o hotel pode evitar o envio de até 19,35% de resíduos orgânicos para o aterro sanitário da cidade de João Pessoa. Assim, as estratégias de minimização conseguiram dar destinação ambientalmente adequada para os resíduos orgânicos gerados no hotel, atendendo a Política Nacional de Resíduos Sólidos. As estratégias aqui aplicadas podem apresentar impacto positivo na redução de resíduos sólidos a serem destinados ao aterro sanitário da cidade de João Pessoa, uma vez que a taxa de geração per capita pode ser reduzida em mais de 85%, passando de 1,343 para 0,199 kg/pessoa.dia, caso a totalidade dos resíduos orgânicos seja processada através da compostagem e/ou vermicompostagem.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos, Compostagem, Vermicompostagem, Coleta Seletiva, Indústria Hoteleira.

ABSTRACT

The National Policy for Solid Waste (PNRS) classifies such items according to their origin into eleven categories and among them there are those originated from commercial establishments. Among commercial establishments there are the hotels, composing the tourism industry, a sector in a steady development, contributing for the world gross product. The hotels are recognised as large waste generators. The aim of this research was to analyse the reduction of the amount of solid waste generated in a hotel, to be disposed of in a sanitary landfill, resulting from the following measures: selective collection, composting and vermicomposting. The characterisation and quantification of the solid waste generated by the hotel was carried out, which enabled the calculation of its per capita generation rate and the application of minimising strategies. The results showed that during seven months, the hotel generated approximately 227.62 kg/day of solid waste, with a per capita generation rate of 1.343 kg/person.day. The generated waste was constituted by organic waste (76.12%), refuse (14.89%) and dry recyclable waste (9.05%). Therefore, the hotel in consideration shows a potential of 85% for waste recycling, via selective collection and composting and/or vermicomposting. The selective collection for the recycling of dry waste was capable of giving destination to 100% of the generated waste to the waste pickers' co-operative, at a rate of 20.60 kg/day. This result is in compliance with the National Policy of Solid Waste, by destining the solid waste generated in the business in an environmentally adequate way. The vermicomposting unit managed to give an environmentally adequate destination to up to 2.2% of the organic waste which was generated in the establishment, at a rate of 3.44 kg/day. The decentralised composting was capable of giving destination 17.15% of the organic waste generated by the hotel in an environmentally adequate way, at a rate of 33.31 kg/day. Therefore, with the adoption of these strategies of minimisation, the hotel could avoid sending up to 19.35% of its organic waste to the sanitary landfill of the city of João Pessoa. Therefore, the minimisation strategies managed to give environmentally adequate destination to the organic waste which was generated in the hotel, complying with the National Policy of Solid Waste. The strategies applied here can have a positive impact in the reduction of solid waste which is disposed of in the sanitary landfill of the city of João Pessoa, as the per capita generation rate could be reduced by more than 85%, dropping from 1.343 to 0.199 kg/person.day in case the totality of the organic waste is processed through composting and/or vermicomposting.

KEY-WORDS: Solid Waste, Composting, Vermicomposting, Selective Collection, Hotel Industry.

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SIGLAS

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. REVISÃO DA LITERATURA	18
3.1 DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS GERADOS NO BRASIL	18
3.1.1 Definição e classificação dos resíduos sólidos	18
3.1.2 Geração e coleta de resíduos sólidos urbanos no Brasil e em sua Região Nordeste.....	19
3.1.3 Destinação e disposição dos resíduos sólidos gerados no Brasil e em sua Região Nordeste	22
3.2 PANORAMA DO SETOR HOTELEIRO.....	26
3.2.1 Definições e classificação.....	26
3.2.2 Evolução econômica do setor do turismo	29
3.2.3 Geração e composição de resíduos sólidos no setor hoteleiro.....	31
3.3 ESTRATÉGIAS DE MINIMIZAÇÃO DO FLUXO RESÍDUOS DESTINADOS À UNIDADE DE DISPOSIÇÃO FINAL.....	35
3.3.1 Coleta seletiva para reciclagem	36
3.3.2 Vermicompostagem	39
3.3.3 Compostagem.....	40
3.3.3.1 Compostagem descentralizada	41
3.3.4 Fatores que influenciam o processo de vermicompostagem e compostagem.....	44
4. MÉTODO.....	49
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	49
4.2 QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS	50
4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS.....	51
4.3.1 Resíduos Orgânicos	52
4.3.2 Resíduos Recicláveis (Secos)	53

4.3.3	Rejeitos	55
4.4	ESTRATÉGIAS DE MINIMIZAÇÃO DO FLUXO DESTINADO À UNIDADE DE DISPOSIÇÃO FINAL.....	57
4.4.1	Coleta Seletiva para reciclagem	57
4.4.2	Vermicompostagem	57
4.4.3	Compostagem.....	59
4.4.4	Parâmetros analisados	61
4.4.5	Aplicação do vermicomposto e do composto orgânico.....	64
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
5.1	QUANTIFICAÇÃO E COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS.....	65
5.1.1	Taxa de geração per capita de resíduos sólidos	67
5.2	ESTRATÉGIAS DE MINIMIZAÇÃO	71
5.2.1	Coleta Seletiva para reciclagem dos resíduos secos.....	71
5.2.2	Vermicompostagem	73
5.2.2.1	Parâmetros analisados	74
5.2.3	Compostagem.....	81
5.2.3.1	Parâmetros Analisados.....	83
5.2.4	Aplicação do Vermicomposto e Composto Orgânico.....	93
5.3	REDUÇÃO DA TAXA DE DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO SETOR HOTELEIRO	95
6.	CONCLUSÃO	99
7.	REFERÊNCIAS	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação dos resíduos sólidos quanto à sua periculosidade

Figura 2 - Evolução da geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil

Figura 3 - Evolução da cobertura da coleta dos resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil

Figura 4 - Evolução da geração de resíduos sólidos urbanos no Nordeste brasileiro

Figura 5 - Evolução do recurso investido em serviços de coleta X a cobertura da coleta dos RSU gerados no Nordeste brasileiro

Figura 6 - Disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil no ano de 2017

Figura 7 - Disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados no Nordeste no ano de 2017

Figura 8 - Chegada de turistas internacionais no período de 2003 a 2017

Figura 9 - Composição dos resíduos sólidos provenientes da coleta seletiva

Figura 10 - Variação da temperatura da pilha em relação a idade da leira de compostagem

Figura 11 - Localização do hotel analisado

Figura 12 - Ocupação do hotel entre os meses de outubro de 2018 e abril de 2019

Figura 13 - Balança utilizada para a quantificação dos resíduos sólidos gerados

Figura 14 - Contentor utilizado para segregar os resíduos orgânicos gerados na cozinha do hotel

Figura 15 - Armazenamento interno dos resíduos orgânicos

Figura 16 - Fluxograma dos resíduos orgânicos gerados no hotel

Figura 17 - Contentores utilizados para segregação de resíduos recicláveis

Figura 18 - Armazenamento dos resíduos recicláveis

Figura 19 - Fluxograma dos resíduos recicláveis gerados no hotel

Figura 20 - Contentor utilizado para segregação dos rejeitos

Figura 21 - Armazenamento interno dos rejeitos

Figura 22 - Fluxograma dos resíduos recicláveis gerados no hotel

Figura 23 - Unidade de Vermicompostagem

Figura 24 - Sistema de funcionamento do minhocário

Figura 25 – Container utilizado para formação da composteira

Figura 26 - Coco triturado e posto para secagem

Figura 27 - Monitoramento da temperatura da unidade de vermicompostagem

Figura 28 - Monitoramento da temperatura da composteira

Figura 29 - Peneiramento e pesagem do vermicomposto

Figura 30 - Geração média diária de resíduos sólidos

Figura 31 - Composição dos resíduos sólidos gerados no hotel analisado

Figura 32 - População média atendida pelo hotel

Figura 33 - Comparativo entre a taxa de geração per capita do hotel analisado com valores reportados na literatura

Figura 34 - Geração per capita de resíduos sólidos de acordo com sua caracterização

Figura 35 - Quantificação dos resíduos recicláveis gerados no hotel analisado

Figura 36 - Variação da temperatura em relação ao período de operação dos minhocários para o experimento 01

Figura 37 - Variação da temperatura do minhocário analisado em relação a seu período de operação

Figura 38 - Variação do teor de umidade em relação ao período de operação dos minhocários do experimento 01

Figura 39 - Variação do teor de umidade em relação ao período de operação do minhocário do experimento 02

Figura 40 - Variação do Carbono Total durante a vermicompostagem

Figura 41 - Variação do Nitrogênio Total durante a vermicompostagem

Figura 42 - Relação Carbono/Nitrogênio durante o processo de Vermicompostagem

Figura 43 - Alimentação da composteira

Figura 44 - Composteira com a montagem finalizada

Figura 45 - Variação da temperatura em relação ao tempo de compostagem

Figura 46 - Temperatura mesofílica no topo da composteira

Figura 47 - Reviramento manual da composteira

Figura 48 - Operação do sistema de compostagem descentralizada

Figura 49 - Sistema de compostagem descentralizada

Figura 50 - Bandeja utilizada para coleta do chorume gerado na composteira

Figura 51 - Sistema de armazenamento do chorume gerado na composteira

Figura 52 - Variação do teor de umidade em relação ao período de operação da composteira

Figura 53 - Variação do Carbono Total durante a operação da composteira

Figura 54 - Variação do Nitrogênio Total durante a operação da composteira

Figura 55 - Variação da Relação Carbono/Nitrogênio durante a operação da composteira

Figura 56 - Fertilizante orgânico distribuído para hóspedes e funcionários do hotel

Figura 57 - Fertilizante orgânico aplicado na horta do hotel

Figura 58 - Horta Orgânica após aplicação do fertilizante orgânico

Figura 59 - Fluxo de massa dos resíduos sólidos gerados no hotel analisado

Figura 60 - Comparativo entre as taxas de geração com e sem a aplicação de estratégias de minimização

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos hotéis através de requisitos de sustentabilidade

Tabela 2 - Geração per capita de resíduos sólidos no setor hoteleiro

Tabela 3 - Composição dos resíduos sólidos gerados no setor hoteleiro

Tabela 4 - Pesquisas referentes a sistemas de compostagem descentralizadas

Tabela 5 - Taxa de geração per capita de resíduos sólidos

Tabela 6 - Quantificação dos resíduos orgânicos destinados à Vermicompostagem

Tabela 7 - Quantificação dos resíduos orgânicos gerados e destinados para compostagem

LISTA DE SIGLAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem

C/N – Carbono/Nitrogênio

EM – Microrganismos Eficazes

EMLUR - Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana

GEE - Gases de Efeito Estufa

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica

UNEP - United Nations Environment Programme

UNWTO- World Tourism Organization

PIB - Produto Interno Bruto

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos

PNT - Política Nacional de Turismo

RSU - Resíduos Sólidos Urbanos

SBClass - Sistema Brasileiro de Classificação de Meios de Hospedagem

UE - União Europeia

1. INTRODUÇÃO

A Lei Federal Nº 12.305/2010 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que aborda os princípios, objetivos e instrumentos necessários para pôr em prática métodos eficientes de gestão e gerenciamento dos mesmos. Dentre os objetivos descritos na PNRS, tem-se a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como sua gestão integrada, sob a premissa do desenvolvimento sustentável, e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010a). Para atingir os objetivos propostos pela PNRS, faz-se uso de seus instrumentos, como os planos de resíduos sólidos, coleta seletiva, sistema de logística reversa e a educação ambiental.

Segundo o histórico do panorama de resíduos sólidos gerados no Brasil (2007 – 2018), documento elaborado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE 2007- 2018), entre os anos de 2007 e 2017 a geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) cresceu 22%, ao passo que a geração per capita reduziu de 1,106 kg/pessoa.dia para 1,035 kg/pessoa.dia. Em termos de comparação, em 2017, os países da União Europeia (UE) geraram, em média, 482 kg de RSU por habitante, com uma geração per capita média de 1,32 kg/pessoa.dia. Dinamarca, Chipre, Alemanha e Luxemburgo foram os maiores geradores, com taxas de 2,14; 1,75; 1,73; e 1,66 kg/pessoa.dia, respectivamente (EUROSTAT, 2017). Assim, considerando o grande volume de resíduos gerados, o gerenciamento adequado dos RSU é de suma importância.

Entre os anos de 1995 e 2017, a quantidade de RSU dispostos em aterros sanitários da União Europeia diminuiu em 63%, enquanto a quantidade de resíduos orgânicos destinados a usinas de compostagem aumentou 179%. Em 2017, o percentual de resíduos reciclados e destinados a compostagem atingiu a marca de 46% em relação ao total gerado (EUROSTAT, 2017). Já no Brasil, nesse mesmo ano, 59,1% dos RSU gerados foram dispostos em aterros sanitários, enquanto 40,9% foram destinados a lixões e aterros controlados (ABRELPE, 2018). Dos resíduos orgânicos gerados no país, apenas 1,6% são destinados a usinas de compostagem (IPEA, 2012).

Sendo assim, embora os países da UE possuam uma geração per capita de RSU maior em relação ao Brasil, alguns países da UE conseguem dar a destinação e disposição final ambientalmente adequada para os resíduos gerados. Enquanto o Brasil procura aumentar a quantidade de RSU enviada aos aterros sanitários, na medida em que diminui

a destinação dos mesmos para lixões e aterros controlados, os países da UE visam diminuir o envio de resíduos para os aterros sanitários, reduzindo a massa de resíduos orgânicos dispostos nesses locais e pondo em prática a logística reversa, aumentando a quantidade de resíduos reciclados e reaproveitados. Percebe-se, então, que a disposição ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos gerados, no Brasil, ainda é um desafio, visto que 40,9% desses resíduos são dispostos de forma ambientalmente inadequada (ABRELPE, 2018).

A destinação e disposição final ambientalmente inadequada dos RSU podem acarretar diversos impactos ambientais e sociais, já que os lixões e aterros controlados não possuem um conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações, o que pode proporcionar danos diretos à saúde da população. Esses impactos, do ponto de vista ambiental, estão relacionados à poluição do solo e da água, bem como às emissões de poluentes orgânicos persistentes, metais pesados e compostos orgânicos voláteis, sendo potencializada pela queima do resíduo nos lixões a céu aberto (ISWA; ABRELPE, 2015).

De acordo com a PNRS, resíduos sólidos urbanos são aqueles oriundos dos resíduos domiciliares e os de limpeza pública. Contudo, segundo a mesma Política, os resíduos sólidos gerados em estabelecimentos comerciais podem ser classificados como resíduos sólidos domiciliares e, por consequência, como RSU, a depender de suas características (BRASIL, 2010a).

Dentre os estabelecimentos comerciais, tem-se os hotéis, definidos, pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Meios de Hospedagem (SBClass), como um empreendimento com serviço de recepção, alojamento temporário, ofertados em unidades individuais e uso exclusivo dos hóspedes, mediante uma cobrança de diária (BRASIL, 2010b).

O setor de turismo é um dos maiores responsáveis pelo crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) mundial (WTTC, 2018). No ano de 2016, existiam 31 mil hotéis no Brasil, somando aproximadamente 2,4 milhões de leitos, representando um acréscimo de 15% em relação ao número de estabelecimentos e de 15,4% do número de leitos, em comparação ao ano de 2015 (IBGE, 2017). Tais dados enfatizam o crescimento que esse setor está atravessando.

Por outro lado, a expansão do setor hoteleiro representa uma crescente preocupação no que diz respeito à degradação do meio ambiente (ARBULÚ et al., 2015; ZORPAS et al., 2014; SUBBIAH; KANNAN 2011). Segundo Pirani e Arafat (2014), a

geração de RSU é um dos impactos mais significativos causados pelos estabelecimentos de hospedagem, sendo estimada entre 0,89 e 2,28 kg/hóspede.dia (ABDULREDHA et al.,2018; PHU et al., 2018).

Diante do exposto, é de fundamental importância que os resíduos sólidos gerados na indústria hoteleira sejam geridos de forma eficiente, visando sempre a não geração, redução, reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos, estando em conformidade com a PNRS. Para tal, a aplicação de estratégias que visem à redução da quantidade de resíduos sólidos, a serem destinados em aterro sanitário, é fundamental para o cumprimento dos objetivos propostos pela PNRS.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a redução da quantidade de resíduos sólidos gerados em um hotel, a serem dispostos em aterro sanitário, decorrente da implantação das seguintes medidas: coleta seletiva, compostagem e vermicompostagem.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar e quantificar os resíduos sólidos em um hotel;
- Determinar a taxa de geração de resíduos sólidos em um hotel.

3. REVISÃO DA LITERATURA

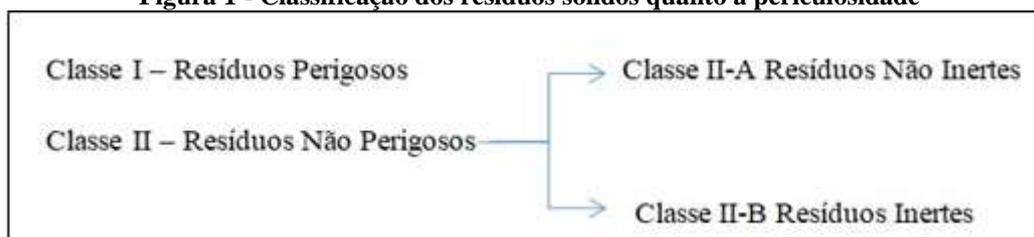
3.1 DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS GERADOS NO BRASIL

3.1.1 Definição e classificação dos resíduos sólidos

A PNRS define resíduos sólidos como um material resultante de atividades humanas cuja destinação se dá no estado sólido ou semissólido, bem como os gases contidos em recipientes e líquidos cujas características tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água. Já os rejeitos são os resíduos que não possuem mais possibilidades de tratamento ou recuperação, logo, não apresentam outra possibilidade que não a disposição em aterros sanitários (BRASIL, 2010a).

A classificação dos resíduos sólidos se dá por meio de dois fatores: sua periculosidade para a saúde pública e qualidade ambiental, descrita na norma NBR 10.004/2004 (Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT), e por sua origem, descrita na PNRS. De acordo com a referida norma, quanto à periculosidade, os resíduos são classificados em duas classes, como mostra a figura 1:

Figura 1 - Classificação dos resíduos sólidos quanto à periculosidade



Fonte: Resíduos Sólidos – Classificação. (ABNT, 2004).

Os resíduos sólidos Classe I são aqueles que possuem uma das seguintes características: toxicidade, inflamabilidade, patogenicidade, corrosividade ou reatividade. Já os resíduos Classe II-A são marcados por terem propriedades como a solubilidade em água, a combustibilidade e a biodegradabilidade. Por outro lado, os resíduos Classe II-B não possuem constituintes que sejam solúveis em água (ABNT, 2004).

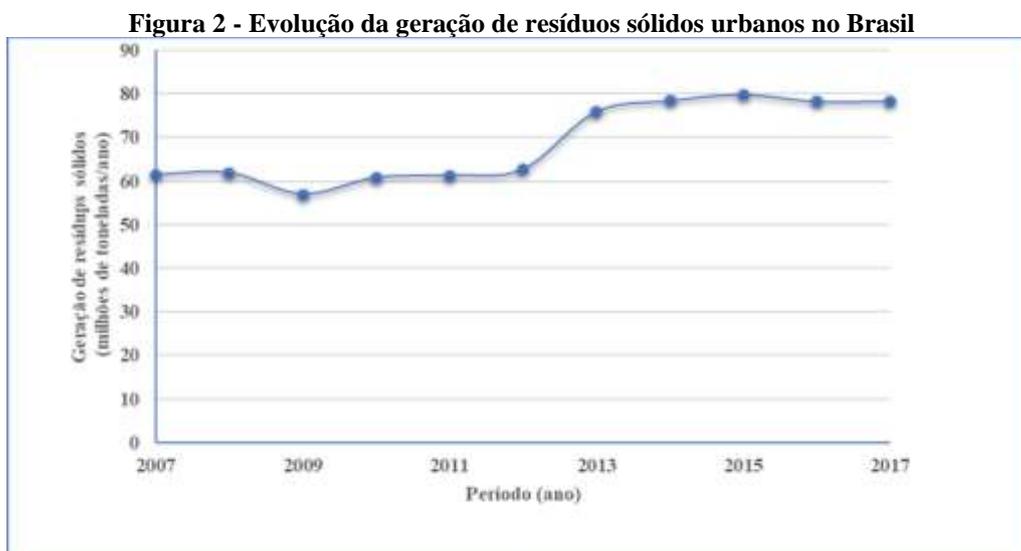
A PNRS classifica os resíduos sólidos quanto a sua origem, em onze categorias, dentre elas (BRASIL, 2010a):

- resíduos domiciliares: oriundos de atividades domésticas em residências urbanas;
- resíduos de limpeza urbana: originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas;
- resíduos sólidos urbanos: junção dos resíduos domiciliares e de limpeza urbana;
- resíduos de estabelecimentos comerciais: oriundos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços.

De acordo com o Art. 20, parágrafo único, da Lei Federal Nº 12.305, os resíduos sólidos de estabelecimentos comerciais podem ser equiparados aos resíduos sólidos domiciliares, se caracterizados como não perigosos, e em razão de sua natureza, composição ou volume (BRASIL, 2010a).

3.1.2 Geração e coleta de resíduos sólidos urbanos no Brasil e em sua Região Nordeste

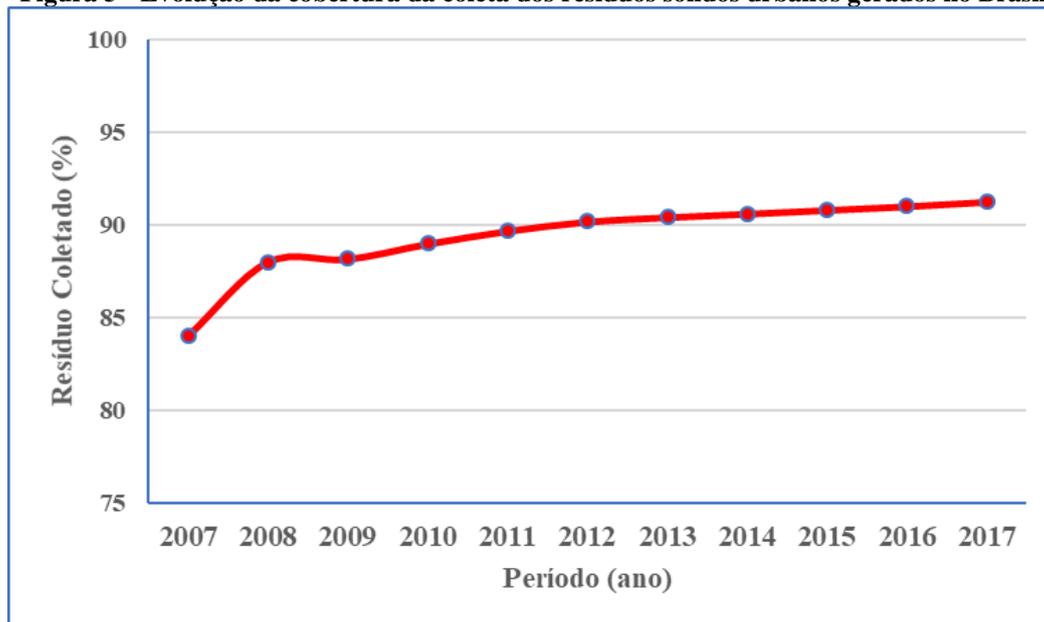
Entre os anos 2007 e 2017, a quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados, no Brasil, aumentou aproximadamente 22%, passando de 61,5 milhões de toneladas para 78,4 milhões de toneladas (figura 2), acarretando em uma geração de 214.868 toneladas/dia ou 1,035 kg/habitante.dia (ABRELPE, 2018; ABRELPE, 2007).



Fonte: Histórico dos Panoramas dos Resíduos Sólidos no Brasil. (ABRELPE, 2007 – 2018)

De acordo com os resultados obtidos nas últimas dez edições do documento “Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil”, entre os anos de 2007 e 2017, o índice de coleta dos RSU gerados no país cresceu aproximadamente 7 pontos percentuais, passando de 84%, em 2007, para 91,2%, em 2017, como mostra a figura 3 (ABRELPE, 2018; ABRELPE, 2007).

Figura 3 - Evolução da cobertura da coleta dos resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil

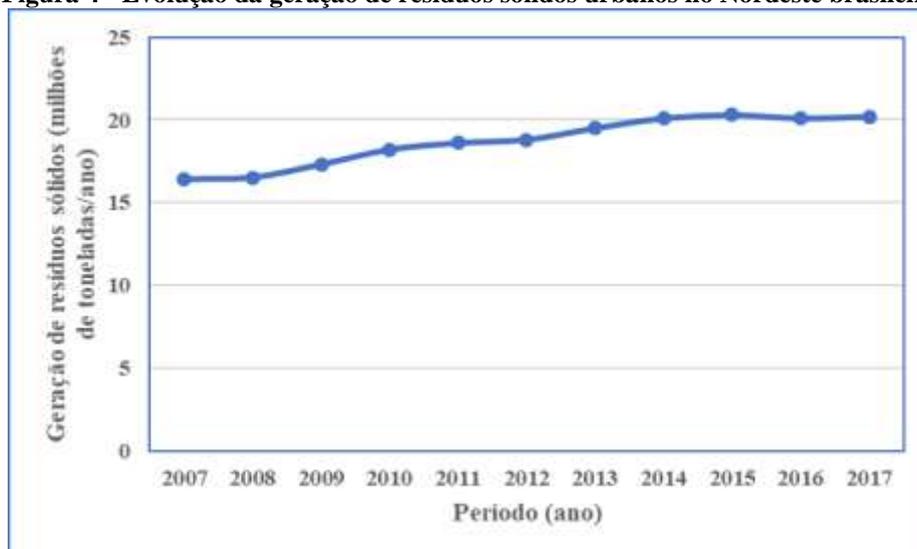


Fonte: Histórico dos Panoramas dos Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2007 – 2018)

No entanto, a cobertura da coleta de RSU é historicamente desigual ao longo do território brasileiro. As regiões mais ricas do país possuem mais acesso a esse tipo de serviço. Entre os anos de 2007 e 2017, 92 a 98% dos municípios da Região Sudeste tiveram acesso aos serviços de coleta de RSU. Nesse mesmo período, a Região Sul do país apresentou uma cobertura na coleta de resíduos variando entre 83% a 95%. Por outro lado, nas Regiões Norte e Nordeste do Brasil, 81% e 79% dos municípios, respectivamente, são atendidos por serviços de coleta de resíduos sólidos (ABRELPE, 2018; ABRELPE, 2007).

O cenário da geração de resíduos sólidos urbanos, na Região do Nordeste brasileiro, segue a tendência nacional. Entre os anos de 2007 e 2017, essa geração evoluiu de 16,4 milhões de toneladas por ano para 20,2 milhões de toneladas por ano, como mostra a figura 4, um aumento percentual de aproximadamente 19% (ABRELPE, 2018; ABRELPE, 2007).

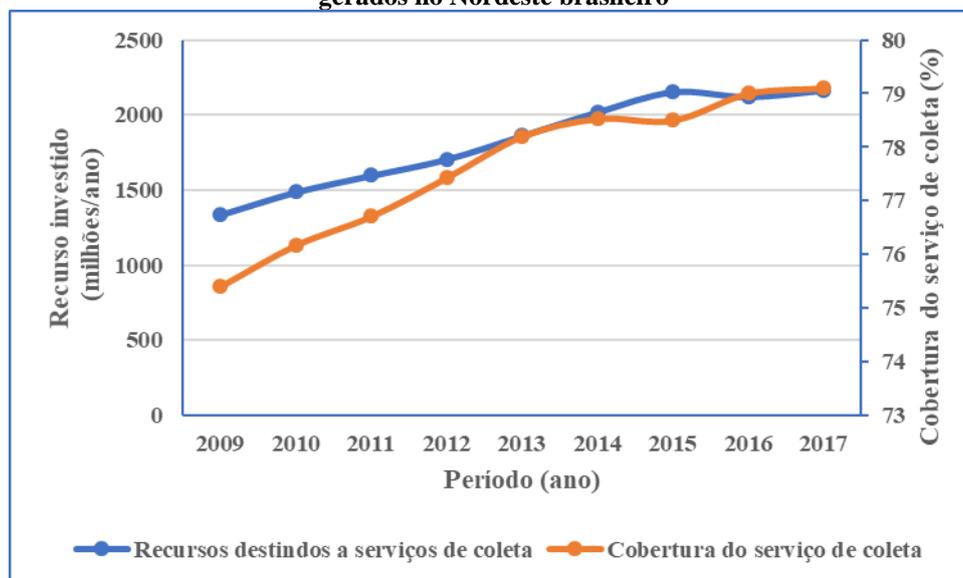
Figura 4 - Evolução da geração de resíduos sólidos urbanos no Nordeste brasileiro



Fonte: Histórico dos Panoramas dos Resíduos Sólidos no Brasil. (ABRELPE, 2007 – 2018).

Desde 2009, o Nordeste é a segunda região do Brasil que mais aplica recursos em serviços de coleta de RSU, com uma média de R\$ 1,8 bilhão por ano, ficando atrás apenas da região Sudeste (ABRELPE, 2018; ABRELPE, 2009). No entanto, o Nordeste ainda está longe da universalização do serviço, como mostra a figura 5.

Figura 5 - Evolução do recurso investido em serviços de coleta X a cobertura da coleta dos RSU gerados no Nordeste brasileiro



Fonte: Histórico dos Panoramas dos Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2009-2018)

De acordo com a figura anterior, entre 2009 e 2017, a cobertura do serviço de coleta de resíduos sólidos da Região Nordeste cresceu aproximadamente 4 pontos

percentuais, passando de 75,4% para 79,1% dos municípios atendidos (ABRELPE, 2018; ABRELPE, 2009). Assim, percebe-se que, apesar da evolução dos valores investidos em serviços de coleta dos RSU, a cobertura dos mesmos ainda é insuficiente, já que aproximadamente 20% dos municípios nordestinos carecem desse tipo de serviço, acarretando em 4,2 milhões de toneladas de resíduos não coletados por ano.

3.1.3 Destinação e disposição dos resíduos sólidos gerados no Brasil e em sua Região Nordeste

De acordo com a Lei Federal Nº 12.305/2010, a disposição ambientalmente adequada é aquela cuja distribuição ordenada de rejeitos é realizada em aterros sanitários (BRASIL, 2010a). Os aterros sanitários são definidos, pela norma ABNT NBR 8419/1992, como uma técnica de disposição de resíduos sólidos que minimiza os impactos ambientais, sem causar danos à saúde pública, utilizando princípios da engenharia para confinar os resíduos na menor área possível, cobrindo-os sempre com uma camada de terra.

Assim sendo, apenas os rejeitos devem ter como destino os aterros sanitários, enquanto os resíduos sólidos orgânicos e recicláveis, por exemplo, devem ter uma destinação ambientalmente adequada, que é definida como a reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético dos resíduos (BRASIL, 2010a). Desse modo, a disposição de resíduos sólidos em lixões e aterros controlados é vetada pela PNRS.

Apesar da definição de disposição ambientalmente adequada considerar apenas os aterros sanitários, os lixões e aterros controlados são comumente utilizados para disposição de resíduos. Os primeiros são caracterizados pela simples descarga de resíduos sobre o solo, sem nenhuma medida de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública (CEMPRE, 2018a). Os aterros controlados diferenciam-se dos aterros sanitários por geralmente não possuírem um sistema de tratamento do percolado e nem impermeabilização da base (CEMPRE, 2018a).

Do total de RSU gerados no Brasil, em 2017, 71,5 milhões de toneladas foram coletadas (91,2%), sendo que o restante (8,8%), aproximadamente 7 milhões de toneladas, não foi sequer recolhido, sendo disposto de forma ambientalmente inadequada em rios, ruas, bueiros, terrenos baldios, etc. (ABRELPE, 2018).

Dos resíduos coletados, apenas 59,1% foram dispostos em aterros sanitários. No entanto, não se pode afirmar que esses resíduos tiveram disposição ambientalmente adequada, já que apenas rejeitos devem ser dispostos em aterros e o levantamento não distingue os rejeitos dos demais resíduos. Um total de 29 milhões de toneladas de resíduos sólidos foram dispostos em aterros controlados ou lixões, em 2017, com uma taxa de 80 mil toneladas por dia. Portanto, no mínimo 40,9% dos RSU gerados, no Brasil, não são dispostos de forma ambientalmente adequada (ABRELPE, 2018).

O Brasil tinha como meta a eliminação dos lixões e aterros controlados até o ano de 2014, proporcionando a disposição ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2012). Contudo, até o ano de 2017, 1.610 municípios brasileiros ainda possuíam lixões ativos. Além disso, o país possuía 1.742 municípios com aterros controlados, nesse mesmo período, totalizando 3.352 municípios com lixões ou aterros controlados ativos (ABRELPE, 2018). Estima-se que a disposição de resíduos sólidos em lixões afete a vida de 76 milhões de brasileiros (ISWA; ABRELPE, 2015).

Segundo a ISWA e ABRELPE (2015), o encerramento dos lixões e aterros controlados proporciona benefícios diversos, abrangendo aspectos ambientais, sociais e econômicos, como:

- redução da poluição do ar, solo, ecossistemas marinhos e de água doce;
- redução do descarte ilegal;
- melhoria do saneamento e da qualidade da água;
- redução das doenças relacionadas aos resíduos;
- recuperação de materiais de valor;
- redução dos custos com saúde pública.

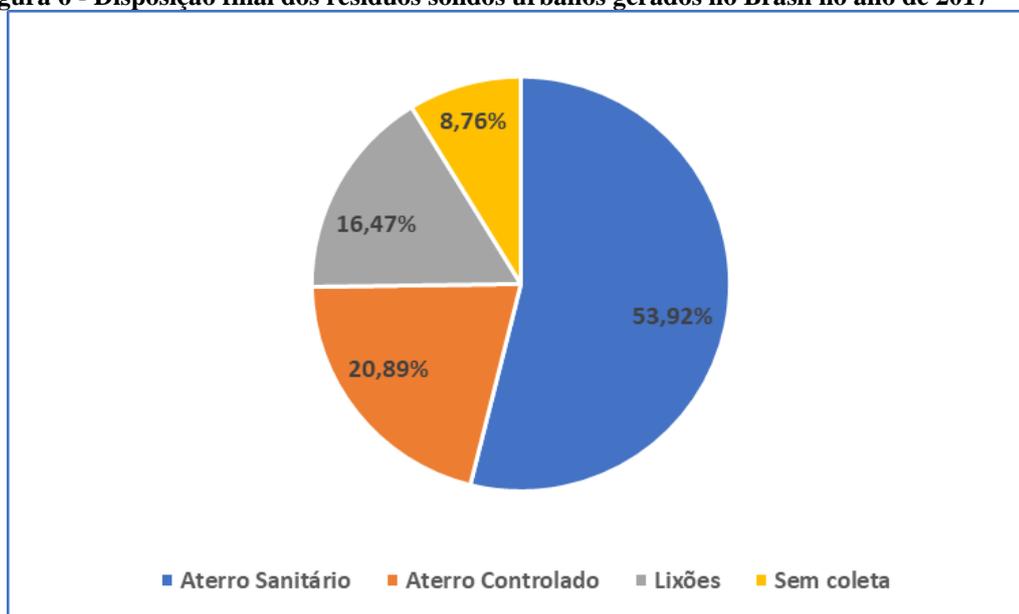
A destinação de resíduos sólidos em locais inadequados, como os lixões, causa vários impactos ambientais, decorrentes principalmente da emissão de poluentes orgânicos, metais pesados e compostos orgânicos voláteis (ISWA; ABRELPE, 2015). Como os lixões e os aterros controlados não possuem um sistema de tratamento do lixiviado, o mesmo poderá infiltrar no solo e contaminar os lençóis freáticos (LUIZ; ROSENDO, 2012).

Além dos danos ambientais, a disposição inadequada dos RSU pode acarretar danos sociais, tanto para os catadores quanto para a população de entorno. Os resíduos

destinados a esses locais podem ser compostos de materiais perigosos, como solventes e perfurocortantes, oriundos de atividades industriais e hospitalares, que em contato com a população poderão trazer prejuízos para a saúde (ISWA; ABRELPE, 2015). Outro impacto social decorrente da disposição inadequada dos resíduos sólidos é a proliferação de doenças urbanas transmitidas por vetores, como mosquitos, moscas, ratos e baratas (ANDRADE; ALCÂNTARA, 2016; GOUVEIA, 2012).

Somando-se com os resíduos que deixaram de ser coletados, o Brasil registrou, em 2017, um total de 36,2 milhões de toneladas de resíduos sólidos dispostos irregularmente em lixões, aterros controlados, ruas, lagos, rios, etc. (ABRELPE, 2018). A figura 6, a seguir, ilustra a disposição dos resíduos sólidos gerados, no Brasil, em 2017.

Figura 6 - Disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil no ano de 2017



Fonte: Panoramas dos Resíduos Sólidos no Brasil. (ABRELPE, 2018)

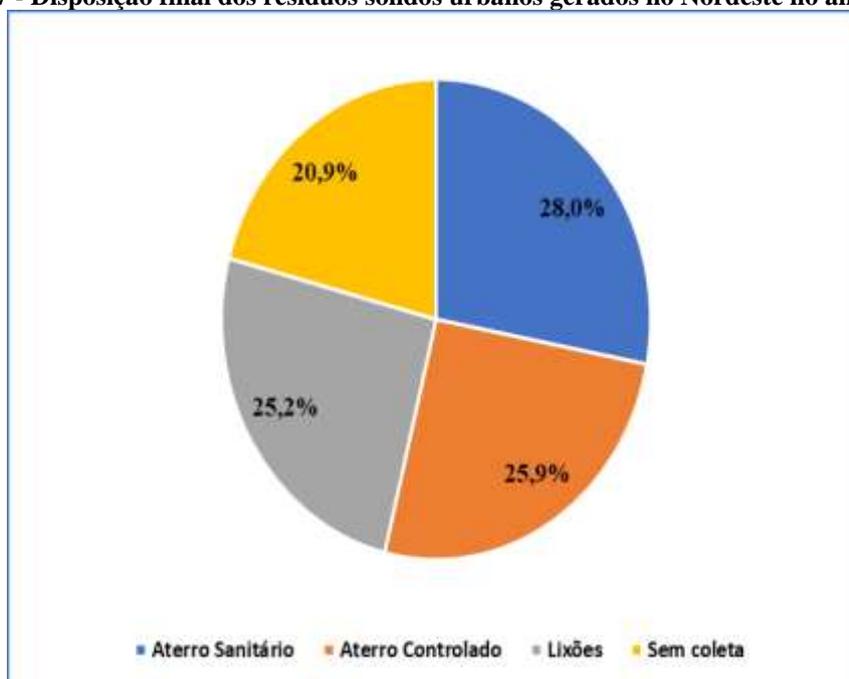
Os resíduos sólidos gerados, no Brasil, são compostos, em sua maioria, 51,4%, por resíduos orgânicos (BRASIL, 2012). De acordo com a *United Nations Environment Programme* (UNEP), tal composição é semelhante a dos RSU gerados na América Latina, onde 50% dos resíduos são materiais de origem orgânica (UNEP, 2017). Os resíduos orgânicos são definidos como sendo a fração de resíduos biodegradáveis com origem em jardins, cozinhas, restaurantes, residências, hotéis, etc. (UNEP, 2017). Os resíduos recicláveis compõem 31,9% dos resíduos sólidos urbanos gerados, no Brasil (BRASIL, 2012). Portanto, 83,3% dos RSU gerados, no país, são passíveis de serem reutilizados ou reciclados.

No entanto, por não serem coletados em separado, acabam sendo encaminhados incorretamente para disposição final junto com os resíduos perigosos e rejeitos (IPEA, 2012). A disposição irregular de resíduos orgânicos e recicláveis em lixões e aterros sanitários traz impactos diversos, como a geração de gases de efeito estufa, diminuição da vida útil dos aterros, devido ao grande volume ocupado por esses resíduos, e o potencial desperdiçado de geração de fonte de renda e energia (UNEP, 2017).

A Região Nordeste concentra o maior número de lixões do Brasil, com 861 unidades, correspondendo a 53% de todos os lixões existentes no país, e é a segunda região com a maior concentração de aterros controlados, com 484 unidades (ABRELPE, 2018). Como consequência, 64,6% dos RSU coletados nessa região são dispostos em lixões ou aterros controlados, com uma taxa de 10,3 milhões de toneladas por ano (ABRELPE, 2018).

Desse modo, dos 20,2 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos gerados no Nordeste brasileiro, 14,5 milhões de toneladas (72%) têm uma disposição ambientalmente inadequada, seja ela em lixões, aterros controlados ou ficando sem coleta. A figura 7, a seguir, demonstra a disposição dos resíduos sólidos gerados no Nordeste brasileiro, em 2017.

Figura 7 - Disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados no Nordeste no ano de 2017



Fonte: Panoramas dos Resíduos Sólidos no Brasil. (ABRELPE, 2018).

3.2 PANORAMA DO SETOR HOTELEIRO

3.2.1 Definições e classificação

A Lei Federal Nº 11.771 de 17 de setembro de 2008 instituiu a Política Nacional de Turismo (PNT), definindo as atribuições do Governo Federal no planejamento e desenvolvimento do setor turístico. A PNT considera atividades turísticas aquelas realizadas por pessoas físicas, durante viagens e estadias em lugares distintos do seu habitual, por um período inferior a um ano, tendo como finalidade o lazer, negócios ou outros interesses (BRASIL, 2008). Essa política trata o desenvolvimento sustentável como sendo parte importante da atividade turística, como visto em seus princípios, objetivos e ao longo do corpo do texto da Lei Federal Nº 11.771, como demonstrado a seguir.

De acordo com o Art. 2º, parágrafo único, da lei supracitada, para serem descritas como turismo, as viagens e estadias devem gerar movimentação econômica, trabalho, emprego, renda e receitas públicas, suscitando em um instrumento de desenvolvimento econômico e social, promovendo a diversidade cultural e a preservação da biodiversidade. Com isso, a PNT tem como princípios a descentralização, regionalização, desenvolvimento econômico, social, justo e sustentável (BRASIL, 2008). São objetivos da PNT:

- Democratizar e propiciar o acesso ao turismo, no país, a todos os segmentos populacionais, contribuindo para a elevação do bem-estar geral;
- Reduzir as disparidades sociais e econômicas de ordem regional, promovendo a inclusão social pelo crescimento da oferta de trabalho e melhor distribuição de renda;
- Propiciar a prática de turismo sustentável nas áreas naturais, promovendo a atividade como veículo de educação e interpretação ambiental e incentivando a adoção de condutas e práticas de mínimo impacto, compatíveis com a conservação do meio ambiente natural;
- Preservar a identidade cultural das comunidades e populações tradicionais eventualmente afetadas pela atividade turística.

Esta pesquisa versa sobre a geração de resíduos sólidos em um meio de hospedagem. Segundo o artigo 23 da Lei Federal Nº 11.771/2008, tais meios são definidos como os empreendimentos destinados a prestar serviços de alojamento temporário, ofertados em unidades de frequência individual e de uso exclusivo do hóspede, bem como outros serviços necessários aos usuários (BRASIL, 2008). A definição de meio de hospedagem é bem ampla, contemplando os hotéis, pousadas, resorts, hotéis fazenda, cama e café, hotéis históricos e flats (BRASIL, 2010b). Conforme o (SBClass), tais categorias possuem as seguintes definições (BRASIL, 2010b):

- Hotel: estabelecimento com serviço de recepção, alojamento temporário, com ou sem alimentação, ofertado em unidades individuais e de uso exclusivo dos hóspedes, mediante a cobrança de diária;
- Resort: hotel com infraestrutura de lazer e entretenimento, que disponha de serviços de estética, atividades físicas, recreação e convívio com a natureza no próprio empreendimento;
- Hotel Fazenda: localizado em ambiente rural, dotado de exploração agropecuária, que ofereça entretenimento e vivência do campo;
- Cama e Café: hospedagem em residência com no máximo três unidades habitacionais para uso turístico, com serviços de café da manhã e limpeza, na qual o possuidor do estabelecimento resida;
- Hotel Histórico: instalado em edificação preservada em sua forma original, restaurada ou que tenha sido palco de fatos histórico-culturais de importância reconhecida;
- Pousada: empreendimento de característica horizontal, composto de no máximo 30 unidades habitacionais e 90 leitos, com serviços de recepção, alimentação e alojamento temporário, podendo ser em um prédio único com até três pavimentos ou contar com chalés ou bangalôs;
- Flat: constituído por unidades habitacionais que disponham de dormitório, banheiro, sala e cozinha equipada, em edifício com administração e comercialização integradas, que possua serviço de recepção, limpeza e arrumação.

Dos meios de hospedagens listados, esta pesquisa aborda os hotéis. A classificação desse empreendimento é realizada pela SBClass, variando de uma a cinco

estrelas. Para que o hotel seja classificado em uma categoria, ele deve atender a uma série de requisitos relacionados à infraestrutura, vinculados às instalações e equipamentos; serviços, atrelados à prestação de serviços; e sustentabilidade, pertinentes às ações de sustentabilidade, como o uso de recursos de maneira ambientalmente adequada, socialmente justa e economicamente viável (BRASIL, 2010b).

Os requisitos podem ser mandatórios, ou seja, os hotéis são obrigados a atendê-los, ou eletivos, estabelecidos em uma lista pré-definida, a partir da qual os empreendimentos optam por adotá-los. É necessário que o empreendimento atenda a 100% dos requisitos obrigatórios e a 30% dos eletivos para obter a classificação requerida (BRASIL, 2010b). A tabela 1 ilustra a diferença entre as categorias em relação a alguns requisitos mandatórios e eletivos no quesito sustentabilidade.

Tabela 1 - Classificação dos hotéis através de requisitos de sustentabilidade

Sustentabilidade	1 estrela	2 estrelas	3 estrelas	4 estrelas	5 estrelas
Redução do consumo de energia elétrica e água	Mandatório	Mandatório	Mandatório	Mandatório	Mandatório
Gerenciamento dos Resíduos Sólidos	Mandatório	Mandatório	Mandatório	Mandatório	Mandatório
Sensibilização dos hóspedes em relação à sustentabilidade	Eletivo	Eletivo	Eletivo	Mandatório	Mandatório
Seleção dos fornecedores mediante critérios socioambientais e econômicos	Eletivo	Eletivo	Eletivo	Mandatório	Mandatório
Apoio a atividades socioculturais	Eletivo	Eletivo	Eletivo	Eletivo	Eletivo
Tratamento de efluentes	Eletivo	Eletivo	Eletivo	Eletivo	Eletivo

Fonte: Sistema Brasileiro de Classificação de Meios de Hospedagem (BRASIL, 2010b)

Percebe-se que os únicos requisitos mandatórios para todas as categorias são os de reduzir o consumo de energia elétrica e água, bem como o gerenciamento de resíduos sólidos. No entanto, resta saber se esses requisitos realmente são cumpridos pelos estabelecimentos hoteleiros. Um item de extrema importância é o de seleção dos fornecedores mediante critérios socioambientais e econômicos, sendo mandatório para os hotéis de quatro e cinco estrelas. A importância desse requisito se justifica pela responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Essa prática envolve desde os fabricantes, comerciantes, consumidores, até os serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, tendo como objetivo a minimização do volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, reduzindo os impactos socioambientais negativos

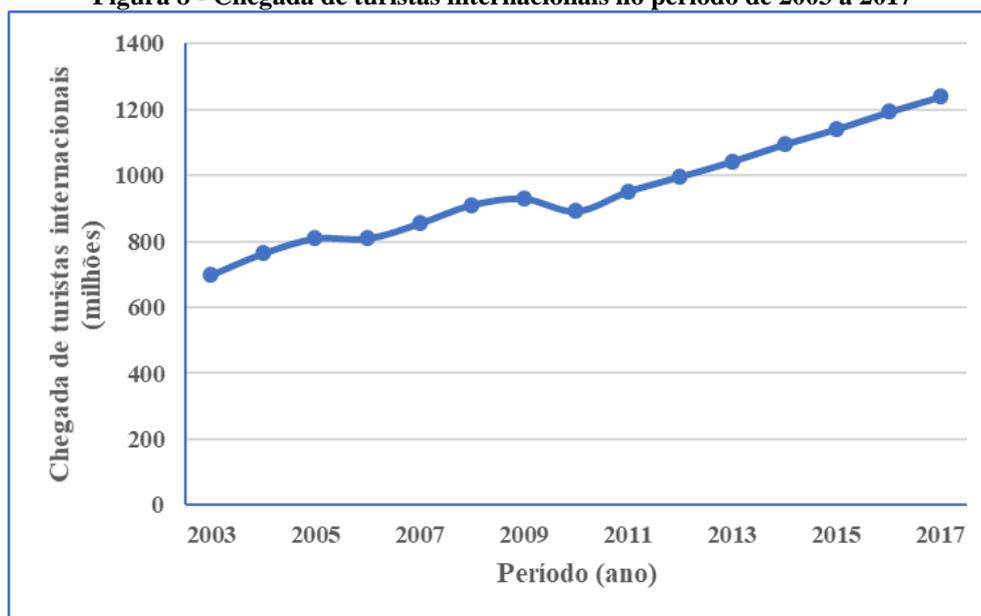
oriundos do ciclo de vida dos produtos (BRASIL, 2010a). Como os hóspedes são os principais atores dos meios de hospedagem em geral, sua sensibilização em relação à sustentabilidade é fundamental para que esses empreendimentos consigam colocar em prática atividades voltadas para esse requisito.

3.2.2 Evolução econômica do setor do turismo

O setor de turismo mundial é um dos maiores responsáveis, direta ou indiretamente, pelo crescimento do Produto Interno Bruto mundial (WTTC, 2018a). Sua contribuição direta está relacionada ao PIB gerado por indústrias que lidam diretamente com as atividades turísticas, como hotéis, agências de viagem e companhias aéreas. Já a contribuição indireta é pertinente a investimentos futuros, marketing, serviços de segurança e serviços ligados a conservação de aparelhos turísticos (WTTC, 2017).

Entre os anos de 2007 e 2017, a contribuição total do setor no PIB mundial saltou de U\$ 6 trilhões para U\$ 8,3 trilhões, representando um crescimento de 3,2% do PIB global. Tal desenvolvimento se explica por meio da criação de empregos, já que o turismo está relacionado direta ou indiretamente com 313 milhões de empregos em todo o mundo (WTTC, 2018a; WTTC, 2017). Outro fator que demonstra a evolução mundial do setor é a chegada de turistas internacionais em diversas localidades, como mostra a figura 8.

Figura 8 - Chegada de turistas internacionais no período de 2003 a 2017



Fonte: Plano Nacional de Turismo – 2018 a 2022. (BRASIL, 2018)

Como mostra a figura 8, entre 2003 e 2017, a chegada de turistas internacionais saltou de 700 milhões para 1,32 bilhões. Para exemplificar tal melhora, a *World Tourism Organization* (UNWTO) destaca que em 2017 a Europa cresceu 8% como destino para turistas internacionais em relação ao ano anterior. Além da Europa, a Ásia e o Pacífico contabilizaram um aumento de 6%. Dos continentes Americanos, quem mais se destacou foi a América do Sul, com uma evolução de 7%, seguida da América Central, com 4% (UNWTO, 2018).

No Brasil, o valor investido no turismo caiu se comparado a 10 anos antes. Em 2008, foram capitalizados cerca de R\$ 70 bilhões, já em 2018 este valor foi de R\$ 63 bilhões. Contudo, espera-se que para os próximos dez anos o setor seja capaz de atrair R\$ 107 bilhões em investimentos (WTTC, 2018b). Mesmo com o investimento no setor tendo sido reduzido, a indústria de turismo e viagens tem grande relevância no PIB do Brasil, fato que segue a tendência mundial. Em 2017, a participação do turismo na economia brasileira foi de R\$ 190,2 bilhões, equivalente a 2,9% de todo o PIB do país. Para 2028, a previsão é que a colaboração do setor para o PIB nacional seja de R\$ 253,1 bilhões, ou 3% do PIB total (WTTC, 2018b).

Contabilizando as contribuições indiretas, a participação total do turismo na economia brasileira foi de R\$ 520,5 bilhões, resultando em um aumento de 7% em relação ao ano de 2016. A contribuição indireta do turismo brasileiro é equivalente a 7,9% do PIB total do país (BRASIL, 2018; WTTC, 2018b). Em relação à criação de empregos, no ano de 2017, a indústria do turismo gerou diretamente 2 milhões de novos empregos. Considerando os empregos indiretos, essa marca é ainda maior, chegando a 6,5 milhões de novos empregos, correspondendo a 7,3% de empregos totais criados no Brasil. Para 2028, a previsão é que o turismo crie, de forma direta ou indireta, aproximadamente 8 milhões de empregos (WTTC, 2018b).

Nos últimos anos, o Brasil foi sede de grandes eventos esportivos, Copa das Confederações, em 2013, Copa do Mundo, em 2014, e Jogos Olímpicos, em 2016, resultando em um aumento de 18% na entrada de turistas no país (IBGE, 2017). Todavia, o turismo brasileiro interno é aproximadamente dez vezes maior que o volume do turismo internacional (BRASIL, 2018). O turismo interno gerou 94,3% do PIB nacional do setor, contra 5,7% do turismo de visitantes internacionais (WTTC, 2018b).

Apesar da redução no valor investido, o turismo nacional apresenta indícios de que vem evoluindo. São evidências desse fato o aumento no número de desembarques domésticos e o crescimento dos meios de hospedagens existentes no país. Entre os anos

de 2006 e 2015, o número de desembarques domésticos saltou de 46,3 milhões para 97,6 milhões, representando um aumento de aproximadamente 105%. (BRASIL, 2018). Entre os anos de 2011 e 2016, o número de meios de hospedagem existentes nas capitais do Brasil saltou 15%, alcançando a marca de 31 mil, que juntos somavam a oferta de 1.011.254 unidades habitacionais (quartos, chalés e suítes), 17% a mais que em 2015, e aproximadamente 2 milhões de leitos, 15% a mais que o ano anterior (IBGE, 2017).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em pesquisa referente aos serviços de hospedagem, constatou que, ao dividir a oferta de meios de hospedagem pelas regiões brasileiras, o Sudeste possui a maior concentração de rede hoteleira, com aproximadamente 42% dos empreendimentos, seguido pelo Nordeste, com 24%, e Centro-Oeste, com 11%. Entre os anos de 2011 e 2016, Belém (51,6%) e Teresina (38,8%) foram as capitais que apresentaram a maior evolução em relação ao número de estabelecimentos de hospedagem. João Pessoa registrou um crescimento de 11,6%. São Paulo é o estado brasileiro com mais opções de meios de hospedagem, com 5.858 empreendimentos, 18,7% de todos os estabelecimentos do país. A Paraíba é um dos estados com menor número de meios de hospedagem do Nordeste, com 381 empreendimentos, ficando à frente apenas do Piauí e Sergipe, que registram 376 e 285 empreendimentos, respectivamente (IBGE, 2017).

O porte dos estabelecimentos hoteleiros é definido de acordo com a quantidade de unidades habitacionais. Segundo o IBGE (2017), um empreendimento com menos que 19 quartos é classificado como pequeno porte, já os meios de hospedagem com mais de 50 unidades habitacionais são considerados de grande porte. Estabelecimentos que possuam entre 20 e 49 quartos são caracterizados como de médio porte. Na Paraíba, 45,4% dos empreendimentos são considerados de pequeno porte, 38,3% de médio porte e 16,3% são meios de hospedagem de grande porte (IBGE, 2017). O porte de um hotel é um fator que contribui para a geração de resíduos sólidos, como mostrará a próxima seção.

3.2.3 Geração e composição de resíduos sólidos no setor hoteleiro

A expansão do setor hoteleiro representa uma crescente preocupação no que diz respeito à degradação do meio ambiente. Subbiah e Kannan (2011) destacam o fato desse setor consumir muitos recursos naturais, como energia e água, aliados a uma grande geração de resíduos sólidos. Zorpas et al. (2014) relatam que até 75% dos resíduos sólidos gerados na cidade de Paralimni, no Chipre, são oriundos de atividades turísticas.

Concordando com os autores, Arbulú et al. (2015) afirmam que o setor turístico contribui mais com a geração de resíduos sólidos em comparação com a agricultura e manufaturas.

Segundo Guidoni et al. (2018), os geradores de resíduos sólidos, dentro de um empreendimento hoteleiro, abarcam vários setores, como a cozinha, quartos, restaurantes e banheiros. A geração de resíduos sólidos, nesse contexto, é influenciada por vários fatores, como número de leitos, número de quartos, valor das diárias, taxa de ocupação, localização, atividades desenvolvidas e, principalmente, o porte do hotel e os serviços por ele prestados, como restaurante, bar e jardinagem (ABDULREDHA et al., 2018; PHU et al., 2018; GHADBAN; SHAMES; MAYALEH, 2017; BASHIR; GOSWAMI, 2016). Espera-se que a geração per capita de resíduos sólidos também apresente variações com alguns fatores. Como exemplo, investigando a geração de resíduos sólidos no restaurante de um hotel cinco estrelas e localizado na Malásia, Papargyropoulou, et al. (2016) calcularam uma taxa de geração per capita de 1 kg/pessoa.dia.

Abdulredha et al. (2018) afirmam que há uma diferença na geração de resíduos de acordo com a classificação do hotel quanto ao número de estrelas, sendo que aqueles de quatro estrelas têm a tendência de gerar mais resíduos, em comparação com os de classificação mais baixa. Ainda de acordo com os autores supracitados, abordando uma amostra de 150 hotéis em Querbala, Iraque, a taxa de geração per capita de resíduos sólidos variou de 0,21 a 2,68 kg/hóspede.dia, com valores médios variando de 0,83 a 1,22 kg/hóspede.dia, conforme a classificação do hotel.

Ao analisarem a geração de resíduos sólidos de 24 hotéis cinco estrelas, localizados no Egito, Ball e Taleb (2011) reportaram que havia uma correlação significativa entre o número de quartos e a taxa de geração per capita de resíduos sólidos. Nesse estudo, a taxa de geração per capita dos hotéis analisados variou de 0,4 kg/hóspede.dia a 2,8 kg/hóspede.dia, com uma média de 1,5 kg/hóspede.dia de resíduos gerados. Em pesquisa realizada em 230 hotéis, na Índia, Bashir e Goswami (2016) corroboraram os autores citados anteriormente e mostraram que hotéis Classe A (57 quartos e 114 camas) apresentavam uma geração de resíduos de 2,9 kg/hóspede.dia, hotéis Classe B (26 quartos e 52 camas) geravam 1,9 kg/hóspede.dia de resíduos sólidos e hotéis Classe C (23 quartos e 46 camas) geravam 1,7 kg/hóspede.dia.

Phu et al. (2018) também destacam a relação entre a geração de resíduos sólidos e o porte do hotel. Em estudo envolvendo 120 hotéis localizados no Vietnã, os autores relataram que hotéis de grande porte (80 a 217 quartos) apresentaram uma geração de resíduos sólidos de 6,29 kg/hóspede.dia, contra 2,69 e 1,34 kg/hóspede.dia para hotéis de

médio (20 a 80 quartos) e pequeno porte (menos de 20 quartos), respectivamente. Ao analisarem um hotel dispoendo de 74 quartos, localizado no Brasil, Guidoni et al. (2018) estimaram uma taxa de geração per capita de 0,32 kg/pessoa.dia, podendo atingir até 0,36 kg/pessoa.dia, mediante realização de eventos.

Contudo, quanto maior o porte do hotel, maior será a quantidade de recursos disponível para investir em estratégias de gerenciamento de resíduos. Em pesquisa realizada com 18 hotéis do Líbano, nove considerados de grande porte, com mais de 100 quartos, e nove de pequeno porte, com menos de 100 quartos, Ghadban, Shames e Mayaleh (2017) reportaram que todos os hotéis de grande porte possuíam programas de gerenciamento de resíduos sólidos, ao passo que esses programas foram identificados em apenas três hotéis de pequeno porte. A tabela 2 apresenta a geração per capita de resíduos sólidos no setor hoteleiro reportada por diferentes autores.

Tabela 2 - Geração per capita de resíduos sólidos no setor hoteleiro

Categoria ou porte	Taxa de geração (kg/hóspede.dia)	Localização	Fonte	
1 estrela	0,83	Iraque	Abdulredha et al. (2018)	
2 estrelas	0,90	Iraque		
3 estrelas	0,83	Iraque		
4 estrelas	1,22	Iraque		
Média	0,89	Iraque	Bashir e Goswami (2016)	
A (grande porte)	2,90	Índia		
B (médio porte)	1,90	Índia		
C (pequeno porte)	1,70	Índia	Phu et al. (2018)	
Grande porte (80 a 217 quartos)	6,29	Vietnã		
Médio porte (20 a 80 quartos)	2,69	Vietnã		
Pequeno porte (<20 quartos)	1,34	Vietnã		
Média	2,28	Vietnã	Guidoni et al. (2018)	
Um Hotel com 74 quartos	0, 32	Brasil		
Um Hotel com 118 quartos	1,00	Malásia		Papargyropoulou, et al. (2016)
Um Hotel 5 estrelas (média)	1,50	Egito		
Hotel com 74 quartos	0,38	Brasil	Peruchinn et al. (2015)	
*	1,00	Europa	Muñoz e Navia, (2015)	

* Sem informações quanto ao porte do hotel

Assim como a geração, a composição dos resíduos sólidos varia de acordo com as características do hotel, como os hábitos alimentares dos hóspedes, padrão de consumo e serviços oferecidos pelo estabelecimento (SINGH; CRANAGE; NATHA, 2014; ZORPAS et al., 2014). Phu et al. (2019), em pesquisa realizada com 120 hotéis do Vietnã, mostraram que, para hotéis de grande porte, a composição dos resíduos sólidos foi de 70% de resíduos orgânicos e 30% de resíduos inorgânicos. Ainda segundo os autores supracitados, em hotéis de pequeno porte, os resíduos consistiram em 60% de orgânicos e 40% de inorgânicos. Em um estudo anterior, esses autores verificaram que a composição

média dos resíduos sólidos gerados nestes hotéis foi de 58,5% de resíduos orgânicos, 30,6% de resíduos recicláveis, 1% de resíduos perigosos e 9,9% de outros tipos de resíduos (PHU et al., 2018).

Peruchinn et al. (2015), em estudo realizado em um hotel localizado na região Sul do Brasil, mostraram que a composição dos resíduos sólidos gerados foi de 49% de resíduos orgânicos, 27% de resíduos recicláveis, 14% de resíduos perigosos e 10% de outros tipos de resíduos. De acordo com Zorpas et al. (2014), a composição média dos resíduos sólidos de hotéis do Chipre era constituída de 42% de resíduos orgânicos, 31% de resíduos recicláveis, 2,2% de resíduos perigosos e 24,7% de outros tipos de resíduos. Segundo Singh, Cranage e Natha, (2014), 60% de resíduos orgânicos e 39% de resíduos recicláveis compunham os resíduos sólidos gerados em resorts localizados na Índia. Por fim, Guidoni et al. (2018) afirmam que a composição de resíduos sólidos oriundos de um hotel no Brasil era de 44% de resíduos orgânicos, 34% de resíduos recicláveis, 15% de resíduos perigosos e 7,2% de outros tipos de resíduos. A tabela 3 ilustra a composição média dos resíduos sólidos gerados no setor hoteleiro.

Tabela 3 - Composição dos resíduos sólidos gerados no setor hoteleiro

Resíduos Orgânicos (%)	Resíduos Recicláveis (%)	Resíduos Perigosos (%)	Resíduos Diversos (%)	Localização	Fonte
58,5	30,6	1,0	9,9	Vietnã	Phu et al. (2018)
43,7	34,0	15,1	7,2	Brasil	Guidoni et al. (2018)
65,0	21,0	0,0	14,0	Índia	Bashir e Goswami, 2016
49,2	26,8	13,9	10,1	Brasil	Peruchinn et al. (2015)
42,0	31,1	2,2	24,7	Chipre	Zorpas et al. (2014)
59,7	39,4	0,0	0,8	Índia	Singh, Cranage e Natha, (2014)
57,8	38,6	0,4	3,2	Nepal	Dangi, et al. (2011)

De acordo com os autores supracitados, os resíduos orgânicos e recicláveis constituem grande parte da composição dos resíduos sólidos gerados no setor hoteleiro, se assemelhando à composição dos RSU gerados no Brasil (BRASIL, 2012). Portanto, o potencial de aproveitamento desses resíduos, seja dos orgânicos, por meio de compostagem, ou dos recicláveis, é bastante elevado. Assim sendo, conforme a tabela 3, o potencial para reutilização ou reciclagem dos resíduos sólidos gerados no setor hoteleiro é elevado, 85,3%, sendo superior aos RSU gerados no Brasil, 83,3% (soma entre resíduos orgânicos e resíduos secos). Tais resíduos podem ser reaproveitados, sem sua

transformação biológica, física ou físico química, ou transformados a partir de alterações de suas propriedades, para que sejam utilizados como insumos ou novos produtos.

3.3 ESTRATÉGIAS DE MINIMIZAÇÃO DO FLUXO DE RESÍDUOS DESTINADOS À UNIDADE DE DISPOSIÇÃO FINAL

Diante do alto potencial para reutilização e reciclagem dos resíduos gerados no setor hoteleiro, é necessário que eles tenham o gerenciamento adequado. Sendo assim, esta pesquisa irá abordar as estratégias de minimização aplicadas em resíduos orgânicos e recicláveis, visando a redução da destinação desses resíduos para aterros sanitários, diminuindo, assim, os impactos ambientais negativos decorrentes de tal prática.

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos, documento ainda em análise, possui diretrizes estratégicas e metas que visam dar suporte para que os objetivos propostos na Política Nacional de Resíduos Sólidos sejam cumpridos. Das diretrizes propostas, duas se destacam (BRASIL, 2012):

1. Redução dos RSU secos dispostos em aterros sanitários.

- **Diretriz 01:** Redução progressiva dos resíduos recicláveis secos dispostos em aterros sanitários, com base composição gravimétrica de 2013.
- **Meta 03:** Reduzir a disposição de resíduos recicláveis em aterros sanitários em 26% em 2019, 29% em 2023 e 36% em 2031, em nível nacional. Para o Nordeste, essa redução é 16% em 2019, 19% em 2023 e 25% em 2031.

2. Redução de RSU úmidos dispostos em aterros sanitários.

- **Diretriz 01:** Induzir a compostagem, o aproveitamento energético do biogás gerado, visando a geração de energia, a partir da parcela úmida de RSU.
- **Meta 04:** Reduzir a disposição de resíduos orgânicos dispostos em aterros sanitários em 28% em 2019, 38% em 2023 e 53% em 2031. Para o Nordeste, a meta é reduzir em 20% em 2019, 30% em 2023 e 50% em 2031.

A aplicação de estratégias de minimização visa auxiliar no cumprimento das metas propostas, por meio da adoção das estratégias e diretrizes sugeridas pelo Plano Nacional de Resíduos Sólidos, já que seu emprego é identificado como uma das

abordagens mais econômicas para lidar com a crescente geração de resíduos sólidos (TING; YEE; WAI, 2016). Dentre as estratégias de minimização que podem ser aplicadas para resíduos orgânicos, a vermicompostagem e a compostagem se destacam. Já para os resíduos recicláveis tem-se a coleta seletiva. Tais estratégias se relacionam, uma vez que o fortalecimento da coleta seletiva é fundamental para o sucesso das unidades de vermicompostagem e compostagem.

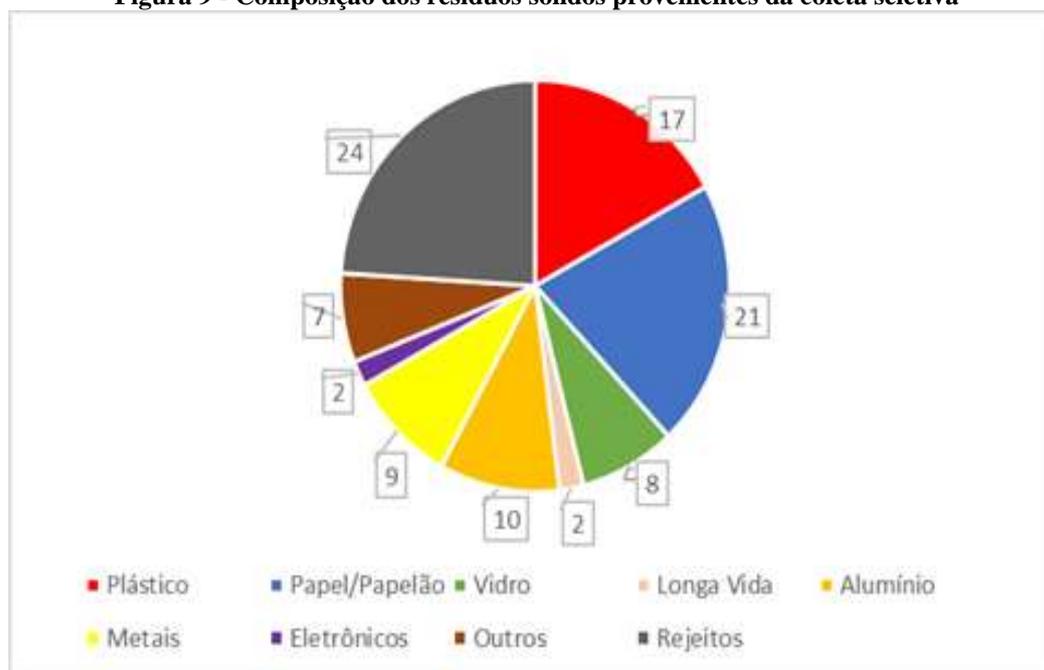
A caracterização e a quantificação dos resíduos sólidos gerados fornecem dados e informações capazes de auxiliar na implementação das estratégias de minimização. O emprego desses procedimentos proporciona o conhecimento do tipo de resíduo, sua composição, quantidade, possíveis formas de tratamento, destinação e disposição final. Intharathirat et al. (2015) apontam que, para se desenvolver um sistema integrado de gestão de resíduos sólidos, é necessária uma previsão precisa da quantidade produzida. Caso contrário, impactos ambientais negativos podem ser gerados, como instalações subdimensionadas para tratar os resíduos gerados.

3.3.1 Coleta seletiva para reciclagem

A coleta seletiva é definida, pela PNRS, como sendo a coleta de resíduos sólidos previamente segregados segundo a sua constituição ou composição, tais como papéis, latas, vidros e outros. Esse processo funciona como um pré-tratamento, já que separa os tipos de resíduos em suas fontes de geração, sendo fundamental para os processos de reciclagem e compostagem (ABRELPE, 2015; BRASIL, 2010a; ABNT, 1993). Além disso, essa estratégia se apresenta como uma das principais ferramentas para a redução da quantidade de resíduos dispostos em aterros sanitários (IPEA, 2012).

De acordo com o Compromisso Empresarial para Reciclagem (2018a) (CEMPRE), a coleta seletiva depende do nível de renda e da densidade demográfica do país. Como exemplo, tem-se a Áustria, país desenvolvido, que recupera 63% dos resíduos gerados, enquanto que para o Brasil, um país em desenvolvimento, esse índice é de apenas 13%. Em 2017, no Brasil, foram geradas aproximadamente 16 milhões de toneladas de resíduos recicláveis, dos quais 31% foram recuperados. O papel/papelão foi o resíduo que apresentou o maior índice de recuperação, 52% (ABRELPE, 2018). Por meio da coleta seletiva, é possível recuperar anualmente até 5,3 kg/hab de papel, 3 kg/hab de plástico, 1,5 kg/hab de metais e 0,9 kg/hab de vidro (IPEA, 2012). A composição dos resíduos recuperados via coleta seletiva é ilustrada na figura 9.

Figura 9 - Composição dos resíduos sólidos provenientes da coleta seletiva



Fonte: Pesquisa Ciclosoft 2018. (CEMPRE, 2018b)

Entre os anos 2000 e 2008, o número de municípios brasileiros com algum sistema de coleta seletiva aumentou 120%, mas o número de municípios que já possuíam algum sistema de coleta seletiva não ultrapassava 18% do total (IPEA, 2012). Esses dados mostram como a coleta seletiva não era bem difundida no país, à época.

Um dos objetivos da segregação dos resíduos sólidos é a reciclagem de seus componentes. A reciclagem é definida pela PNRS como o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos (BRASIL, 2010a). Segundo Ali e Siong (2016), a minimização dos resíduos sólidos por meio da reciclagem é uma estratégia capaz de enfrentar os desafios do gerenciamento integrado dos RSU.

Em pesquisa realizada, visando conhecer as perspectivas do cidadão brasileiro a respeito da reciclagem, a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, aponta que 98% das pessoas entrevistadas entendem a reciclagem como algo importante para o país, 94% concordam que a melhor maneira de descartar os resíduos é segregando-os, porém, 75% afirma que não separam os resíduos sólidos por eles gerados (ABRELPE, 2018). Apoiando esses dados, a Pesquisa Ciclosoft 2018 mostra que apenas 22% dos municípios brasileiros operam algum programa de coleta seletiva,

sendo que a grande maioria se concentra nas Regiões Sul e Sudeste, 87%, e o Nordeste registra 8% do total de municípios com iniciativas de coleta seletiva (CEMPRE, 2018b).

A separação apropriada dos resíduos é capaz de reduzir o volume gerado de rejeitos, diminuindo, assim, os impactos ambientais negativos causados por eles (MATTER, et al., 2013). Além disso, a reciclagem possui vários benefícios, como a diminuição da quantidade de resíduos destinada a aterros sanitários, preservação de recursos naturais, diminuição de impactos ambientais e geração de empregos diretos e indiretos (CEMPRE, 2018a). Desse modo, é preciso aumentar a prática de segregação e coleta seletiva no Brasil, para que se tenha um aumento no índice de resíduos reciclados. Ting, Yee e Wai, (2016) demonstram que existem quatro requisitos mínimos que influenciam a segregação dos resíduos sólidos:

- **Acesso à lixeira:** apresenta a premissa de que quanto mais próximo estiver a lixeira, mais predisposta a pessoa ficará a realizar a segregação. Em pesquisa que aborda a satisfação dos cidadãos com a gestão dos resíduos sólidos, Al-Khatib et al. (2010) dizem que as pessoas se dispõem a andar até 20 metros até a lixeira para segregar os resíduos. Apoiando os autores, Owamah, Izinyon e Igbinewekan (2017) afirmam que a distância máxima percorrida até o contentor de resíduos é de 30 metros.
- **Informações sobre a separação:** É necessário que o público alvo da segregação tenha acesso a informações claras e precisas sobre o modo correto de segregação. Além disso, informações contando os resultados, com os volumes segregados anteriormente, podem ser um incentivo para que os usuários adotem tal prática como rotina (TING; YEE; WAI, 2016).
- **Incentivo para a segregação:** Em pesquisa, Owamah, Izinyon e Igbinewekan (2017) explicam que 60% de seus entrevistados, residentes da Nigéria, estariam dispostos a segregar seus resíduos a partir de uma compensação monetária de US\$ 6,25 dólares por mês. O incentivo para a segregação não é necessariamente monetário, pode vir, por exemplo, por meio de uma recompensa (TING; YEE; WAI, 2016).
- **Lembretes:** Os lembretes são capazes de ajudar o público alvo a manter as práticas de segregação. Os lembretes podem ser verbais ou escritos. No que diz respeito à indústria hoteleira, os verbais podem ser ministrados pela recepção no check-in do cliente, já os escritos podem ser colocados em corredores (TING; YEE; WAI, 2016).

3.3.2 Vermicompostagem

De acordo com Bidone e Povinelli (1999), a vermicompostagem é definida como sendo a degradação aeróbia da matéria orgânica através de sua digestão por minhocas. Segundo Pigatin et al. (2016), a degradação da matéria orgânica ocorre a partir das interações entre minhocas e microorganismos capazes de converter diversos tipos de resíduos orgânicos em um composto rico em nutrientes.

A eficiência da vermicompostagem está no fato dela ser capaz de transformar substâncias orgânicas complexas em um húmus estabilizado, que pode ser aplicado no solo como vermicomposto (AYENEHBAND; GOROOEI; MOEZZI, 2017). Corroborando os autores, Yadav e Garg (2019) explanam que esse composto é denominado de vermicomposto, um material rico em nutrientes, bem estabilizado e esteticamente agradável. Rupani et al. (2018) destacam que o composto oriundo da vermicompostagem é rico em macronutrientes, como o nitrogênio, fósforo e potássio, e em micronutrientes

Para Parthasarath et al. (2016), a aplicação de compostos orgânicos no solo ganhou importância devido ao elevado custo dos fertilizantes. A utilização do vermicomposto como fertilizante orgânico estimula o crescimento e a atividade microbiana do solo, provocando a mineralização dos nutrientes das plantas, aumentando a fertilidade e qualidade do solo (BALASUBRAMANIAN et al., 2013). Além disso, o emprego do vermicomposto estimula a proliferação das raízes no solo, aumentando a capacidade de extração de água e nutrientes de áreas maiores (PADMAVATHIAMMA; LI; KUMARI, 2008).

Mahaly et al. (2018) destacam que a vermicompostagem é uma estratégia de minimização de baixo custo. Concordando com esses autores, Rupani et al. (2018) afirmam que na operação de uma usina de vermicompostagem não são empregados equipamentos sofisticados. Conforme relatado por Sharma e Garg (2018), essa tecnologia é de simples operação e alto benefício/custo na degradação de todos os tipos de resíduos biodegradáveis não tóxicos.

As minhocas californianas (*Eisenia fetida*) são as espécies recomendadas para serem utilizadas na vermicompostagem (ABDOLI et al., 2019; ARORA; KAUR, 2019; YADAV; GARG, 2019; AYENEHBAND; GOROOEI; MOEZZI, 2017; YADAV; GARG, 2016; GOSWAMI et al., 2016; EL-HADDAD et al., 2014). Essa recomendação se dá pelo potencial da espécie em degradar vários tipos de materiais orgânicos (YADAV;

GARG, 2016; SAKAI; MENDES, 2011; AQUINO, 2003). Segundo Cotta et al. (2015) e Sakai e Mendes (2011), os alimentos cítricos e cozidos não devem ser destinados à vermicompostagem, pois são prejudiciais às minhocas.

3.3.3 Compostagem

A compostagem pode ser definida como o processo de decomposição biológica dos resíduos orgânicos, realizado em condições aeróbias, por meio da ação de um conjunto diversificado de organismos (ABNT, 1996). Seu principal objetivo é converter resíduos orgânicos, previamente segregados na fonte geradora, em um rico fertilizante orgânico (UNEP, 2017). De acordo com Soares et al. (2017), o produto final da compostagem é um composto orgânico que pode ser aplicado no solo para melhorar suas propriedades físicas, químicas e biológicas, além de fornecer nutrientes para plantas.

Segundo relatado por Fan et al. (2017), a compostagem é caracterizada por ser uma ferramenta de baixo custo, sendo recomendada para o tratamento de resíduos orgânicos em países em desenvolvimento. Onwosi et al. (2017) destacam a boa relação custo-benefício da compostagem e sua capacidade de mitigar a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE). A redução da emissão de GEE ocorre com mais destaque na compostagem doméstica, já que, além de tratar os resíduos orgânicos, essa tecnologia evita a coleta e o transporte desses resíduos ao aterro sanitário (BARRENA et al., 2014). A compostagem se dá em duas fases (BRASIL, 2017a; PEREIRA NETO, 1996):

- Degradação ativa: fase termofílica, com temperaturas que variam entre 45 e 65°C, tendo duração de 30 a 60 dias, e mesofílica, com temperaturas menores que 45°C e duração de 30 a 60 dias. Nessa fase ocorre a oxidação da matéria orgânica e a eliminação de microrganismos patogênicos.
- Fase de Maturação: quando ocorre a humificação, resultando no composto orgânico mineralizado, com duração de 30 dias. Ambas as fases podem ser identificadas através de parâmetros de controle, como a temperatura, relação carbono/nitrogênio e atividade microbiológica.

A composição dos resíduos sólidos gerados em hotéis é, em grande maioria, formada por resíduos orgânicos (PHU et al., 2018; GUIDONI et al., 2018; BASHIR; GOSWAMI, 2016; PERUCHINN et al., 2015; ZORPAS et al., 2014; SINGH;

CRANAGE; NATHA, 2014; DANGI, et al., 2011), algo que se assemelha ao cenário dos resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil, onde 51,4% desses resíduos têm origem orgânica (BRASIL, 2012). Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a compostagem é uma das destinações ambientalmente adequadas para os resíduos sólidos. Ainda conforme a referida Política, cabe ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana a implantação de um sistema de compostagem e a articulação socioeconômica para utilização do composto produzido (BRASIL, 2010a).

Contudo, segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (2012), no Brasil, apenas 1,6% dos resíduos orgânicos são destinados para unidades de compostagem. Esse índice é semelhante ao da América Latina, onde apenas 1,5% dos RSU gerados são destinados para usinas de compostagem (UNEP, 2017). Na Região Nordeste do Brasil, o cenário é ainda pior: menos de 0,1% dos resíduos orgânicos gerados são destinados para usinas de compostagem (IPEA, 2012). Esse baixo índice pode estar relacionado a não segregação do resíduo na fonte geradora, onde muitas vezes os resíduos orgânicos são misturados com demais resíduos.

A forma de aeração e de alimentação são duas das maneiras de classificar os sistemas de compostagem. De acordo com a CEMPRE (2018a), quanto a aeração, existem duas modalidades de compostagem, método natural e método acelerado. O método natural ocorre através da aeração manual da leira, com seu revolvimento periódico. Por esse método, a compostagem dura em torno de 120 dias. Na compostagem acelerada, a aeração é forçada por tubulações que injetam ar nas leiras. O tempo necessário para que o composto orgânico seja formado é de 60 a 90 dias (CEMPRE, 2018a). A compostagem também pode ser tipificada de acordo com o tamanho de sua operação, como: (1) centralizada, caracterizada por ser de larga escala, ocupando grandes áreas; (2) descentralizada, operada em menor escala, atendendo domicílios, áreas residenciais ou a níveis de comunidade (PAI; AI; ZHENGE, 2019). A seguir, a compostagem descentralizada será aprofundada.

3.3.3.1 Compostagem descentralizada

A compostagem descentralizada pode ser definida como uma classe de tratamento de resíduos orgânicos que dispõe de instalações relativamente pequenas e capazes de reciclar, aproximadamente, 10 toneladas/ano de resíduos. (BORTOLOTTI; KAMPELMANN; MUYNCK, 2018). Essa tecnologia é caracterizada por seu trabalho

em rede, sendo operada em quintais e bairros residenciais, e tem como objetivo o desvio dos resíduos orgânicos que teriam como destino final os sistemas centralizados, como a compostagem em escala industrial e os aterros sanitários (PAI; AI; ZHENGE, 2019). Segundo Arrigoni et al. (2018), a compostagem descentralizada é uma ferramenta eficaz para o tratamento de resíduos orgânicos. A tabela 4 ilustra alguns trabalhos referentes à compostagem descentralizada, nos últimos cinco anos.

Tabela 4 - Pesquisas referentes a sistemas de compostagem descentralizadas

Autores	Forma de Alimentação	Localização	Temperatura Termofílica (>45°)
Bhave e Kulkarni (2019)	Contínua	Índia	Não
Manu, Kumar e Garg (2019)	Contínua	Índia	Sim
Zanta, Guedes e Queiroz (2019)	Batelada	Brasil	Sim
Arrigoni et al. (2018)	Contínua	Argentina	Sim
Fan et al. (2017)	Batelada	Malásia	Sim
Lima et al. (2018)	Batelada	Brasil	Não
Lima et al. (2017)	Contínua	Brasil	Não especificou
Vich et al. (2017)	Contínua e Batelada	Brasil	Sim
Storino et al. (2016)	Contínua	Espanha	Sim
Melo e Zanta (2016)	Contínua	Brasil	Não
Tatano et al. (2015)	Contínua	Itália	Sim

De acordo com a tabela 4, a alimentação contínua é a forma mais comum para a operação do sistema de compostagem descentralizada. Contudo, poucas pesquisas avaliam o efeito dessa forma de alimentação sobre o sistema. Em sistemas de compostagem com alimentação contínua, há a percepção de que os primeiros lotes de resíduos orgânicos destinados teriam um grau de estabilidade maior que os encaminhados posteriormente. No entanto, Arrigoni et al. (2018) demonstram que a estabilização da matéria orgânica está relacionada de forma inversa com a ordem das incorporações, de forma que os primeiros lotes destinados necessitariam de um período maior de estabilização, devido à compactação e ao acúmulo de líquido. Os autores ainda destacam que o processo de compostagem é alterado quando um lote de resíduos frescos é adicionado ao material que já está em fase de estabilização. Outro fator que carece de atenção, em sistemas de alimentação contínua, é a temperatura. Manu, Kumar e Garg (2019) e Barrena et al. (2014) destacam que, em alguns casos, as temperaturas termofílicas não são atingidas em sistemas de compostagem descentralizadas, dificultando a redução de patógenos.

Bhave e Kulkarni (2019), em estudo cujo objetivo foi analisar o papel da aeração na compostagem descentralizada, mostram que, durante a maturação, a temperatura do sistema variou entre 28°C e 38°C, se estabilizando em 32°C, no fim da operação do sistema. Os autores atribuem esse resultado ao mecanismo de aeração ativa, no qual a remoção de calor é realizada através do resfriamento evaporativo, e à temperatura ambiente de 10°C. Lima et al. (2018), em pesquisa realizada para investigar a compostagem como alternativa para a valorização do lodo de esgoto de um reator UASB, expõem que o perfil de temperatura da compostagem descentralizada ficou próximo da temperatura ambiente, não excedeu 36°C, não atingindo a fase termofílica.

Por outro lado, Fan et al. (2017) demonstram que a compostagem descentralizada de resíduos orgânicos domésticos, com a adição ou não de inóculo (microrganismos eficazes - EM), é capaz de atingir temperaturas termofílicas. Os autores ainda reportam que o inóculo mostrou boa capacidade para elevar a temperatura da massa de resíduos e prolongar a fase termofílica do processo de compostagem. Por sua vez, Manu, Kumar e Garg (2019) relatam que 43°C foi a temperatura máxima alcançada para a compostagem de resíduos orgânicos domésticos na ausência do inóculo EM, não atingindo a fase termofílica. No entanto, os autores destacam que temperaturas termofílicas foram identificadas em todos os experimentos realizados na presença dos microrganismos eficazes. A fase termofílica em sistemas descentralizados também foi registrada por Zanta, Guedes e Queiroz (2019), em pesquisa para avaliar o processo de compostagem da urina humana e resíduos lignocelulósicos, reportando uma temperatura máxima de 51,3°C.

Arrigoni et al. (2018), em estudo com o objetivo de analisar a evolução da temperatura em um sistema de compostagem descentralizado de alimentação contínua, evidenciaram um desempenho variável da temperatura em diferentes profundidades da composteira, apresentando uma estratificação vertical. Nas camadas inferiores, de 0 a 20 cm de altura, as temperaturas permaneceram na faixa termofílica por 20 dias. Nas camadas intermediárias, 20 a 40 cm e 40 a 60 cm de altura, as temperaturas ficaram acima de 40° por pelo menos 25 dias. A camada superior, de 60 a 80 cm de altura, repetiu o resultado da camada inferior, permanecendo com temperaturas termofílicas por 20 dias. Porém, ainda segundos os autores, apenas as camadas intermediárias alcançaram referências de higienização.

Os benefícios da compostagem descentralizada podem ser sintetizados em quatro categorias: logísticos, ecológicos, econômicos e sociais (PAI; AI; ZHENGE, 2019). A

logística é beneficiada na medida em que, no sistema descentralizado, há a redução do volume de resíduos a serem coletados e transportados para seu respectivo tratamento, bem como no custo associado a essa atividade (BARRENA et al., 2014). Com a operação de sistemas de compostagem descentralizados, o volume de resíduos orgânicos desviados para esses sistemas irá prolongar a vida útil de aterros sanitários, reduzindo a necessidade de construção de novas instalações (PAI; AI; ZHENGE, 2019).

A compostagem descentralizada permite que a reutilização dos resíduos orgânicos, por meio do composto gerado, ocorra no próprio local de origem e por membros da comunidade, sendo esse um insumo capaz de substituir o fertilizante químico (BHAVE; KULKARN, 2019). Além disso, essa tecnologia se destaca pela capacidade de envolvimento dos geradores de resíduos como atores-chave na operação de seu tratamento (ARRIGONI; PALADINO; LAOS, 2015).

Os benefícios econômicos e sociais da compostagem descentralizada estão relacionados à promoção e geração de renda da comunidade, engajamento político e empoderamento econômico (LIMA et al., 2018). Corroborando os autores, Bhave e Kulkarn (2019) destacam que a compostagem em menor escala é capaz de oferecer e criar novas oportunidades de emprego e renda para os menos favorecidos. Além disso, esses autores ressaltam que esse sistema torna os membros de comunidades cuja situação de coleta de resíduos é precária menos dependentes dos sistemas centralizados existentes. Melo e Zanta (2016), analisando o sistema de compostagem descentralizado em conjuntos habitacionais, destacam a visão dos moradores, que afirmam que, ao realizarem a compostagem doméstica, há uma redução significativa da quantidade de resíduos dispostos para a coleta municipal. A seção a seguir irá abordar os principais fatores que influenciam no processo descentralizado de compostagem e vermicompostagem.

3.3.4 Fatores que influenciam os processos de vermicompostagem e compostagem

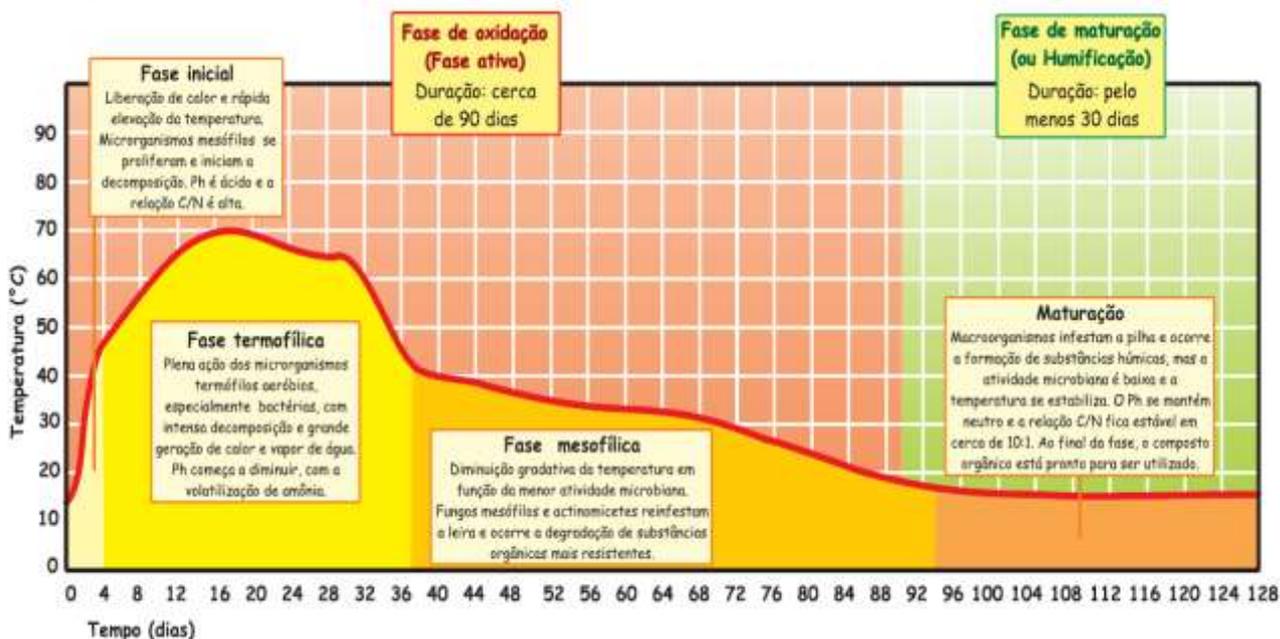
Os principais parâmetros que interferem no processo de vermicompostagem e compostagem são a aeração, temperatura, teor de umidade e relação carbono/nitrogênio (C/N) (BRIETZKE, 2016; FEAM, 2002; BIDONE; POVINELLI, 1999; PEREIRA NETO, 1996). Segundo Zhu et. al. (2019), temperatura, teor de umidade e relação C/N são os parâmetros mais significativos para a composição da comunidade bacteriana no processo de compostagem. Tais parâmetros serão abordados a seguir.

a) Temperatura

De acordo com Shrestha et al. (2011); Tejada, García-Martínez e Parrado (2009), a vermicompostagem se diferencia da compostagem por não ser um processo termofílico, ou seja, a estabilização da matéria orgânica ocorre em temperaturas menores que 45°C. Segundo Singh; Shrivastava (2018) e El-Haddad et al. (2014) na vermicompostagem a degradação dos resíduos orgânicos ocorre em temperatura próxima à ambiente. Em contrapartida, Rupani et al. (2018) afirmam que a manutenção deste parâmetro é um fator necessário para a reprodução e crescimento adequado das minhocas.

De acordo com Manu, Kumar e Garg (2019), a temperatura é um parâmetro essencial para avaliar o progresso do processo de compostagem, já que indica a taxa de atividade microbiana. O aumento da temperatura durante esse processo é, portanto, uma sinalização da ocorrência de intensa atividade microbiológica (LIMA et al., 2017). Esse parâmetro é responsável pelo equilíbrio biológico da leira, levando em consideração que o grupo de microrganismos ocupantes dependerá da faixa de temperatura podendo incluir bactérias termófilas aeróbias fungos mesófilos e actinomicetes (SOARES et al., 2017; BRASIL, 2017a). Pereira Neto (1996) recomenda que a temperatura seja medida diariamente em três pontos da leira: topo, centro e base. Além disso, sugere a análise de sua variação com o tempo de compostagem (figura 10).

Figura 10 - Variação de temperatura da pilha em relação a idade da leira de compostagem



Fonte: Compostagem Doméstica, Comunitária e Institucional de Resíduos Orgânicos. (BRASIL, 2017a)

De acordo com a Resolução CONAMA 481/ 2017, durante o processo de compostagem deverá ser garantido um período termofílico mínimo, visando a redução de agentes patogênicos. Corroborando a Resolução, Fan et al. (2017) mostram que garantir a temperatura termofílica em um processo de compostagem é importante para reduzir o número de microrganismos patogênicos, desinfetando o composto. Pereira Neto (1996) afirma que a temperatura pode indicar a fase em que o processo se encontra, degradação ativa, com temperaturas termofílicas e mesofílicas, ou maturação, com temperaturas estáveis e próximas a ambiente.

b) Teor de Umidade

Tanto para a vermicompostagem como para a compostagem, o teor de umidade é um parâmetro de suma importância no monitoramento dos processos, pois seu controle é um dos responsáveis por garantir a condição aeróbica, possibilitando, assim, a atividade microbológica (FEAM, 2002). O teor de umidade é um fator limitante para a vermicompostagem, levando em consideração que a faixa recomendada é de 60 a 70%, sendo esse o intervalo em que ocorre a degradação da matéria orgânica mais rapidamente (CONTRERAS-RAMOS; ESCAMILLA-SILVA; DENDOOVE, 2005; AQUINO, 2003).

Para a compostagem, o teor recomendado é de 55% (FEAM, 2002). Teores maiores que 65% irão tornar o processo anaeróbio, pois os poros do material decomposto serão ocupados por água, impossibilitando, assim, a oxigenação da massa e acarretando maus odores (SOARES et al., 2017; FEAM, 2002). Por outro lado, o teor de umidade abaixo de 40% pode inibir a atividade microbológica, diminuindo a capacidade de degradação da matéria orgânica (PIRES, 2013; BIDONE; POVINELLI, 1999; PEREIRA, 1996).

c) Relação Carbono/Nitrogênio (C/N)

Para o processo de vermicompostagem, Arora e Kaur (2019) e Parthasarathi et al. (2016) afirmam que a relação C/N é utilizada para indicar a maturação do vermicomposto. Uma proporção C/N de 20:1 indica uma maturação aceitável e a relação abaixo de 15:1 demonstra que o vermicomposto é apropriado para ser aplicado no solo (SHARMA; GARG, 2018). A redução da relação C/N ocorre ao longo do período de

vermicompostagem e indica a humificação da matéria orgânica (PIGATIN et al., 2016). Tal redução se deve à perda de carbono total e ao ganho de nitrogênio total (YADAV; GARG 2016).

Mahaly et al. (2018), Sharma e Garg (2018) e Pigatin et al. (2016) afirmam que a perda de carbono total ocorre devido a conversão para gás carbônico através da respiração microbiana e mineralização da matéria orgânica. Além disso, Yadav e Garg (2016) explanam que a utilização do carbono como fonte de energia, para os microrganismos e minhocas, é um dos motivos para sua redução ao longo da vermicompostagem. A diminuição da concentração de carbono total, ao longo do processo, foi relatada por vários autores (ABDOLI et al., 2019; SHARMA; GARG, 2018; MAHALY et al., 2018; PIGATIN et al., 2016; YADAV; GARG, 2016; CONTRERAS–RAMOS; ESCAMILLA-SILVA; DENDOOVE, 2005).

De acordo com Yadav e Garg (2019) e Mahaly et al. (2018), o aumento no teor de nitrogênio total, durante o período de vermicompostagem, se dá pela mineralização da matéria orgânica. Segundo Singh e Shrivastava (2018), esse processo ocorre devido ao aumento das atividades das minhocas e dos microrganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica.

Para a compostagem, a relação C/N é o padrão que determina o ponto de maturação que o composto se encontra, sendo responsável pelo tempo de decomposição dos resíduos orgânicos, já que o excesso de carbono poderá aumentar o período de compostagem (FEAM, 2002). Por outro lado, se a concentração de nitrogênio for elevada, o elemento será liberado na forma de amônia, podendo gerar maus odores (BRIETZKE, 2016).

No início do processo de compostagem, é recomendável que a relação C/N esteja entre 25:1 e 35:1 (INÁCIO; MILLER, 2009). De acordo com a Resolução CONAMA 481/2017, ao final do processo de compostagem, o composto orgânico deve possuir uma relação C/N inferior a 20:1 (BRASIL, 2017b). Corroborando com essa afirmação, a CEMPRE (2018a) afirma que a relação C/N inferior a 18:1 indica que o composto está semicurado; o mesmo está curado quando a relação é inferior a 12:1. Segundo Inácio e Miller (2009), uma relação menor que 20:1 se relaciona a um período de decomposição curto, sendo essa a faixa recomendada para resíduos orgânicos de fácil degradação.

Se o húmus apresentar uma relação C/N muito elevada (>60), os microrganismos poderão utilizar o nitrogênio mineral disponível no solo para equilibrar a relação, produzindo uma deficiência que poderá acarretar no empobrecimento do solo (BIDONE;

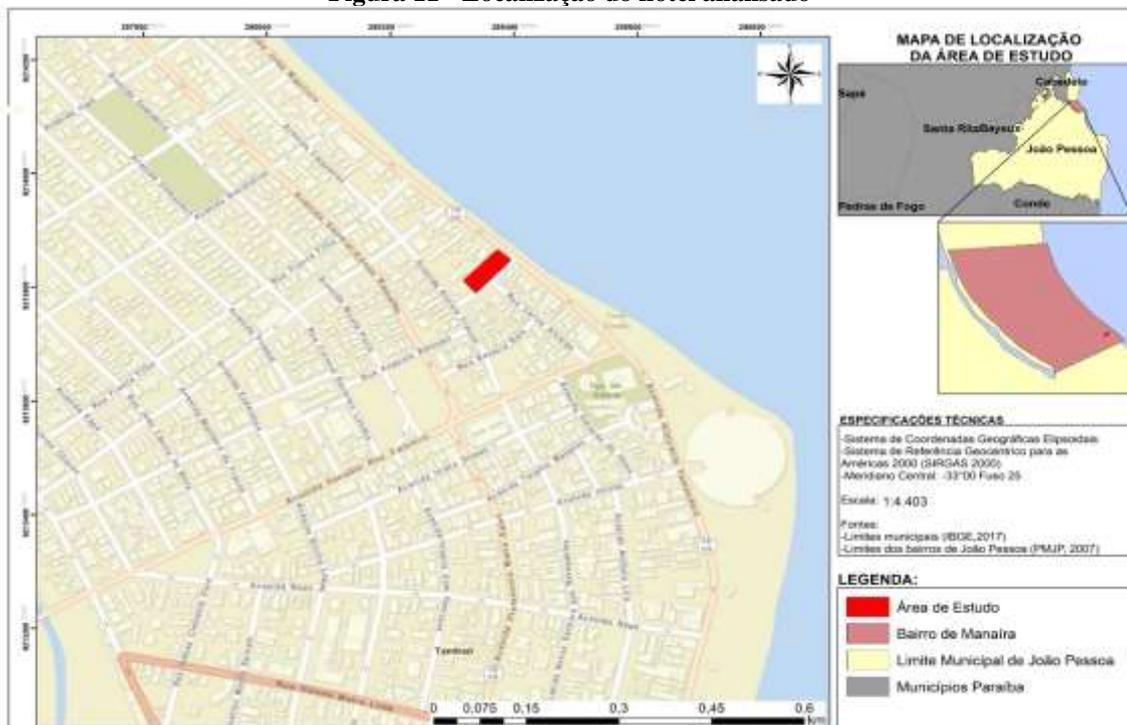
POVINELLI, 1999). No entanto, quando a relação C/N é muito baixa, os microrganismos podem mineralizar o excesso de nitrogênio em vez de armazená-lo em composto (ZHU et. al., 2019).

4. MÉTODO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O hotel, objeto de estudo, está localizado na orla marítima da cidade de João Pessoa, capital da Paraíba, nordeste do Brasil (Figura 11). O estabelecimento possui uma área construída de 7690 m², distribuída em seis pavimentos, totalizando 140 quartos com 299 leitos. A quantidade de quartos classifica o hotel analisado como de grande porte (PHU et al., 2018; IBGE, 2017; BASHIR; GOSWAMI, 2016). No interstício de tempo desta pesquisa, o hotel apresentava um quadro de 57 colaboradores. No geral, o espaço dispõe de quatro auditórios com áreas que variam de 32m² a 112m² e são disponibilizados para a utilização em eventos corporativos. Além disso, há um restaurante-bar, que serve café da manhã, almoço e jantar. Esse restaurante é aberto ao público em geral, além dos hóspedes.

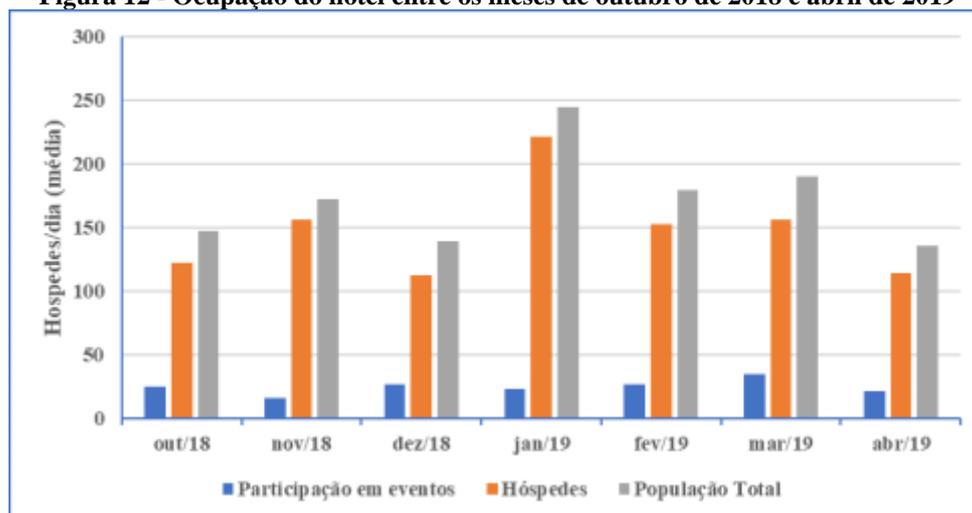
Figura 11 - Localização do hotel analisado



O hotel foi escolhido como objeto de estudo por possuir um perfil voltado para sustentabilidade e desenvolver um projeto ambiental que executa ações de

responsabilidade socioambiental, como a utilização de madeira de reflorestamento, iluminação natural na área social, aquecimento de água através de energia solar, reutilização de água da chuva e horta orgânica. Tais práticas resultaram na certificação do hotel pela ISO 14.001 (Sistema de Gestão Ambiental), norma que estabelece diretrizes para a gestão ambiental em empresas. O perfil de ocupação do empreendimento, durante o período de análise desta pesquisa, pode ser visualizado na figura 12.

Figura 12 - Ocupação do hotel entre os meses de outubro de 2018 e abril de 2019



4.2 QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS

A quantificação dos resíduos sólidos gerados no hotel foi realizada mediante a pesagem dos resíduos orgânicos, rejeitos e recicláveis. Esse processo foi realizado de segunda-feira a sábado, de modo que os resíduos gerados em um dia eram pesados na manhã do dia seguinte, antes da coleta feita pela empresa responsável. As pesagens foram realizadas entre os meses de outubro de 2018 e abril de 2019, em um total de 181 dias. No mês de maio/2019, houve inconstância na coleta dos resíduos sólidos, pois a empresa responsável pela atividade passou a não realizar as coletas de segunda a sábado, impossibilitando a pesagem diária dos resíduos. Assim, o período de quantificação foi entre outubro de 2018 e abril de 2019. Ademais, uma balança de capacidade de 200 kg e com incerteza 0,05 kg foi utilizada nessa etapa da pesquisa (figura 13).

Tal medida permitiu o cálculo da taxa de geração per capita dos resíduos gerados pelo hotel. Essa taxa foi calculada dividindo a massa gerada em um dia pela população correspondente (Equação 1). Para esse cálculo, a população considerada no estudo foi o

somatório dos hóspedes com os clientes corporativos que utilizam os auditórios do hotel para eventos, contabilizados diariamente.

Figura 13 - Balança utilizada para a quantificação dos resíduos sólidos gerados



Eq. (1)

$$T = \frac{M}{P} = \left(\frac{kg}{pessoa.dia} \right)$$

Sendo:

- T: taxa de geração per capita de resíduos (kg/pessoa.dia)
- M: massa de resíduos gerada diariamente (kg/dia)
- P: população (pessoa)

4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS

A composição dos resíduos sólidos gerados foi efetuada por meio da quantificação e segregação dos resíduos na fonte geradora. Com a separação efetiva, foi possível quantificar cada tipo de resíduo separadamente e, assim, caracterizar a composição dos resíduos sólidos gerados. Dessa forma, os resíduos sólidos gerados no hotel foram segregados em resíduos orgânicos, resíduos recicláveis (resíduos secos) e rejeitos. O armazenamento interno desses resíduos foi realizado na Central de Resíduos Sólidos do

hotel, um ambiente específico com baias de separação para cada tipo de resíduo, onde os mesmos eram armazenados até sua coleta.

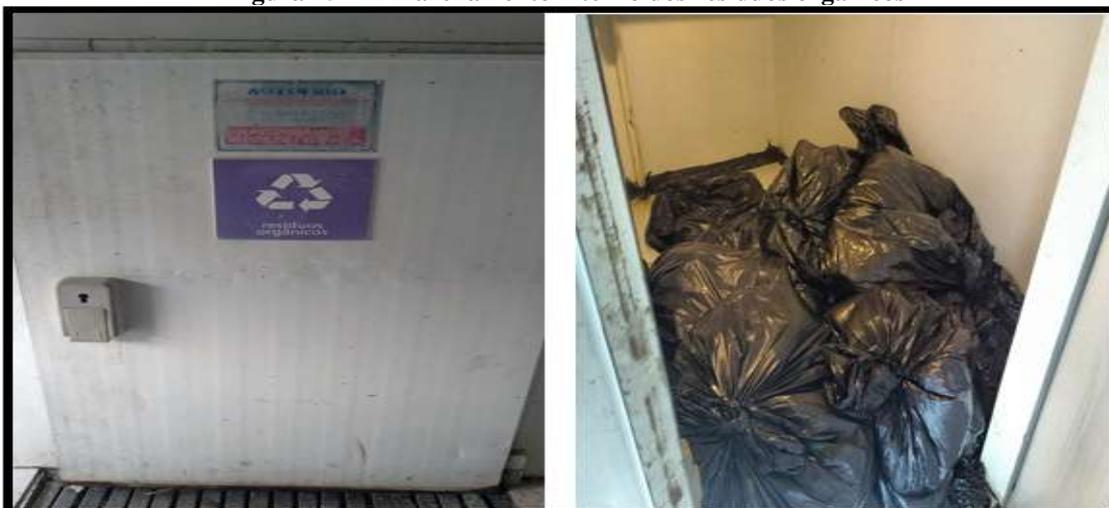
4.3.1 Resíduos Orgânicos

Os resíduos eram gerados nos setores de cozinha, restaurante-bar, auditórios e quartos, sendo segregados em suas fontes de geração com o suporte das equipes de cada setor gerador, como mostra a figura 14. Verduras, cascas de ovo, legumes, frutas e alimentos cozidos são exemplos de resíduos orgânicos gerados no empreendimento hoteleiro analisado. Os resíduos orgânicos eram armazenados internamente, em uma câmara de refrigeração, na Central de Resíduos do hotel (figura 15).

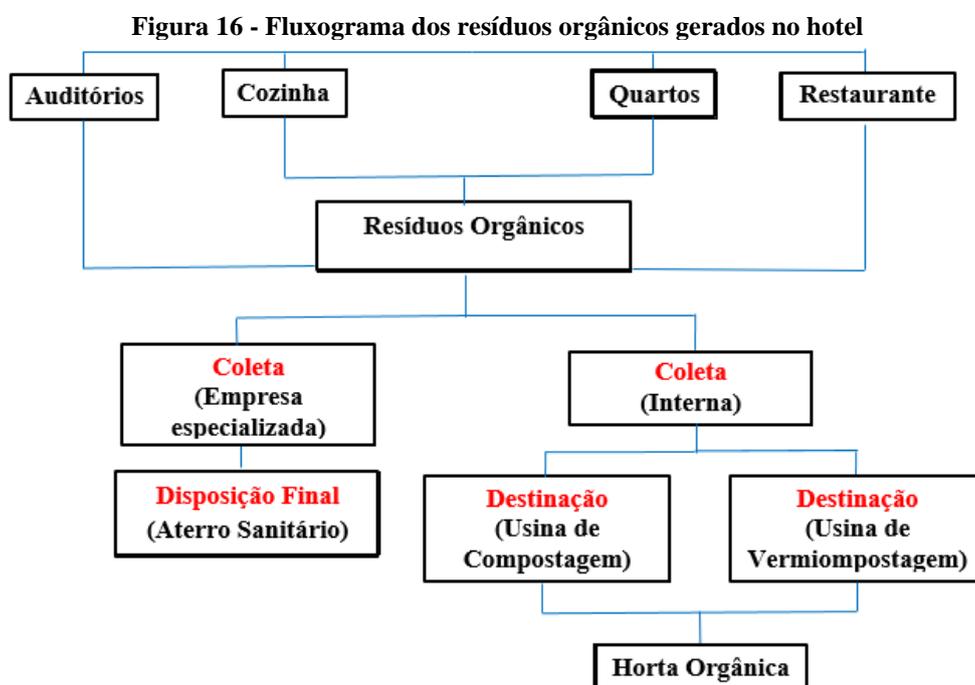
Figura 14 - Contentor utilizado para segregar os resíduos orgânicos gerados na cozinha do hotel



Figura 15 - Armazenamento interno dos resíduos orgânicos



Grande parte dos resíduos era coletada pela empresa responsável pelos resíduos municipais, tendo sua disposição final no Aterro Sanitário da região metropolitana de João Pessoa. No início desta pesquisa, o hotel encontrava-se em fase de implementação de um sistema de vermicompostagem e compostagem, com o objetivo de reduzir a destinação dos resíduos orgânicos ao aterro sanitário da cidade. Assim, uma parcela menor dos resíduos orgânicos era segregada e destinada à compostagem e vermicompostagem, localizadas nas dependências do hotel e analisadas como parte das estratégias de minimização aplicadas ao estabelecimento. A figura 16 ilustra o fluxograma de gerenciamento dos resíduos orgânicos gerados no hotel.



4.3.2 Resíduos Recicláveis (Secos)

Os resíduos recicláveis gerados no hotel eram constituídos de papel, papelão, plástico filme, PET, ferro, alumínio e vidro. Esses resíduos tinham como principais fontes de geração os escritórios administrativos, auditórios, cozinha, restaurante-bar e quartos, sendo segregados dos demais resíduos em cada setor gerador. Os coletores utilizados na segregação dos resíduos recicláveis seguiam a recomendação da Resolução CONAMA Nº 275 de 2001, que estabelece o código de cores para diferentes tipos de resíduos (BRASIL, 2001). Assim, os resíduos de papel, plástico, metal e vidro eram segregados nos coletores de cor azul, vermelho, amarelo e verde, respectivamente (BRASIL, 2001).

A figura 17 ilustra a separação dos resíduos recicláveis a partir dos coletores mencionados acima. O armazenamento interno dos resíduos recicláveis era realizado na Central de Resíduos, em baias separadas para cada tipo de resíduo (figura 18). Além disso, a coleta e destinação era de responsabilidade de uma cooperativa de catadores.

Figura 17 - Contentores utilizados para segregação de resíduos recicláveis

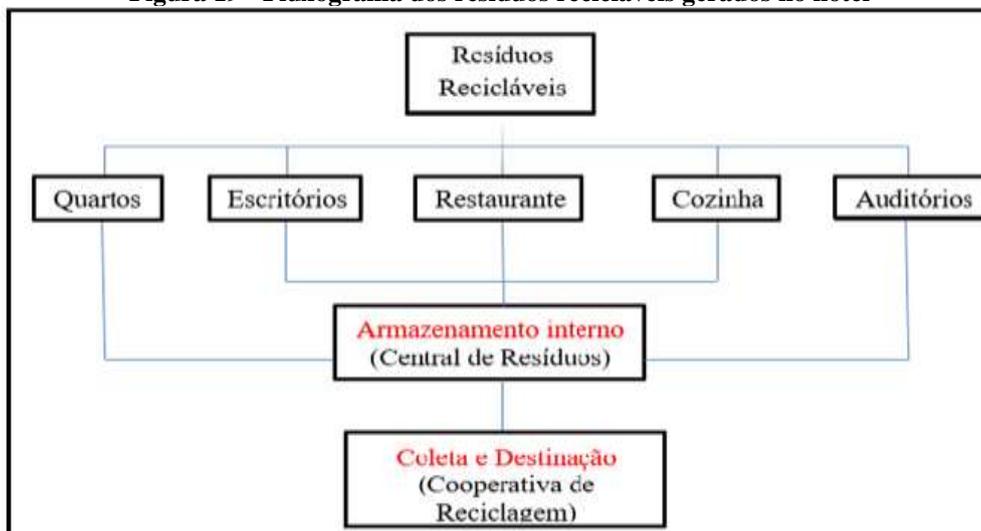


Figura 18 - Armazenamento dos resíduos recicláveis



A figura 19 ilustra o fluxograma de gerenciamento dos resíduos recicláveis gerados no empreendimento analisado.

Figura 19 - Fluxograma dos resíduos recicláveis gerados no hotel



4.3.3 Rejeitos

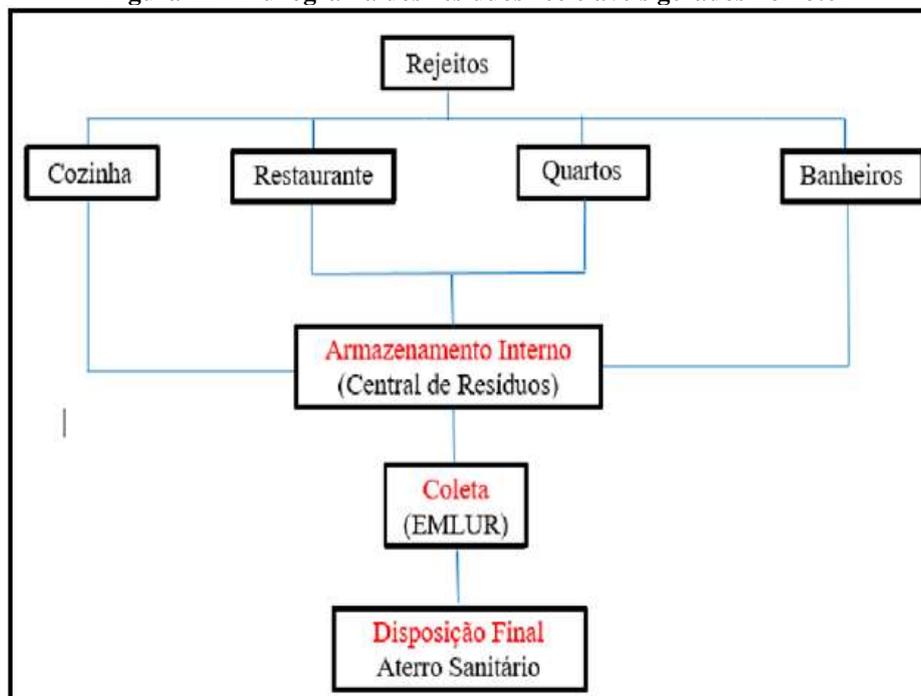
As fontes de geração de rejeitos eram os quartos, cozinha, restaurante-bar e banheiros. Os rejeitos eram separados em sua fonte por um contentor cinza (BRASIL, 2001) (figura 20). Esses resíduos eram armazenados internamente na Central de Resíduos (figura 21) e destinados, posteriormente, ao aterro sanitário da cidade de João Pessoa, pela empresa responsável pela coleta dos resíduos municipais, a Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (EMLUR).

Figura 20 - Contentor utilizado para segregação dos rejeitos



Figura 21 - Armazenamento interno dos rejeitos

Podem ser citados como rejeitos: papel higiênico, luvas e toucas descartáveis, embalagens metalizadas e guardanapos sujos. A figura 22 ilustra o fluxograma de gerenciamento dos rejeitos gerados no empreendimento analisado.

Figura 22 - Fluxograma dos resíduos recicláveis gerados no hotel

4.4 ESTRATÉGIAS DE MINIMIZAÇÃO DO FLUXO DESTINADO À UNIDADE DE DISPOSIÇÃO FINAL

A compostagem e a vermicompostagem, em sistemas descentralizados de alimentação contínua, foram as estratégias de minimização adotadas para os resíduos orgânicos. A estratégia adotada para os resíduos recicláveis foi a coleta seletiva para reciclagem. As três estratégias já eram aplicadas pelo hotel anteriormente à pesquisa, portanto, foram analisados aspectos quantitativos e qualitativos das estratégias, como a quantidade de resíduos destinados à vermicompostagem e compostagem, seus parâmetros de controle e a quantidade de resíduos secos (recicláveis) gerados.

4.4.1 Coleta Seletiva para reciclagem

A coleta seletiva foi realizada através do gerenciamento e gestão integrada dos resíduos sólidos, abarcando as etapas de segregação, armazenamento interno, coleta interna e externa, tratamento e destinação final ambientalmente adequada. Para que a gestão integrada fosse alcançada, essa estratégia de minimização envolveu todos os setores operacionais e administrativos do hotel: gerência, recursos humanos, governança, serviços gerais, manutenção, restaurante e cozinha.

Seguindo a Resolução CONAMA 275/2001, a segregação dos resíduos foi realizada na fonte geradora e em contentores específicos para cada tipo de resíduo, sendo de responsabilidade das equipes de colaboradores de cada setor gerador (BRASIL, 2001). O armazenamento interno dos resíduos recicláveis foi realizado na Central de Resíduos Sólidos, onde cada resíduo tinha uma baia específica de coleta. O período de análise dessa estratégia ocorreu entre os meses de outubro de 2018 e abril de 2019.

4.4.2 Vermicompostagem

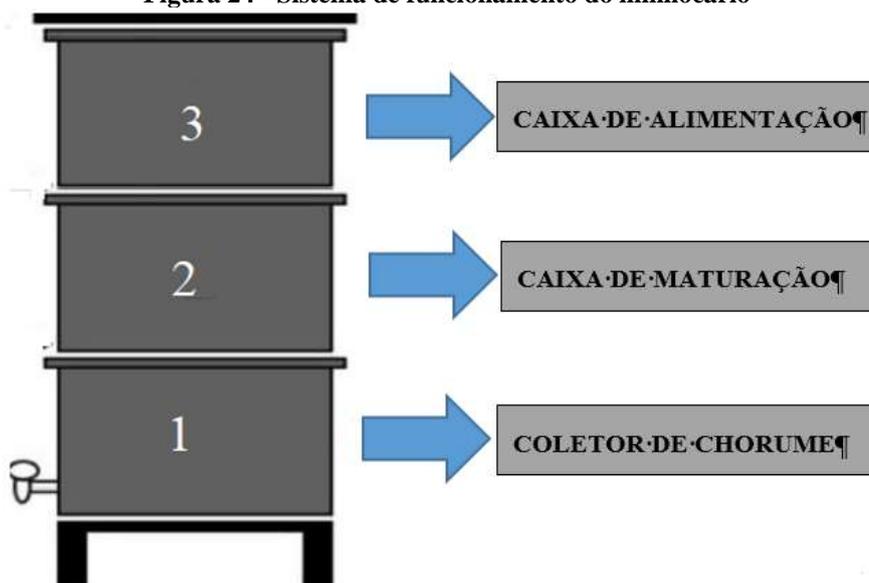
A primeira estratégia adotada foi a destinação de parte dos resíduos orgânicos para uma unidade descentralizada de vermicompostagem, instalada nas dependências do hotel. Essa estratégia foi analisada por meio da montagem de seis minhocários, cada um com três andares e 120 litros de capacidade (figura 23). Cada andar do minhocário possuía uma função específica: o primeiro era formado por uma caixa coletora de chorume, o segundo era composto por uma caixa de maturação e o terceiro por uma caixa de

alimentação. O segundo e terceiro andar funcionavam de forma cíclica: o sistema começava com apenas dois andares, a caixa coletora e uma caixa de alimentação, mas, quando a caixa de alimentação era totalmente preenchida, ela se convertia em caixa de maturação e o terceiro andar se tornava caixa de alimentação (figura 24). Este sistema pode ser considerado como sendo descentralizado, já que é uma instalação relativamente pequena e recicla menos que 10 toneladas/ano de resíduos orgânico.

Figura 23 - Unidade de Vermicompostagem



Figura 24 - Sistema de funcionamento do minhocário



Os resíduos orgânicos destinados aos minhocários eram oriundos da cozinha e do restaurante do hotel, constituindo-se basicamente de cascas de ovos, verduras, legumes e frutas. Os resíduos cítricos e cozidos não foram destinados à vermicompostagem, seguindo a orientação de Cotta et al. (2015) e Sakai e Mendes (2011). Os resíduos oriundos do consumo do coco também não foram destinados aos minhocários. As minhocas californianas (*Eisenia fetida*) foram utilizadas na vermicompostagem, seguindo a recomendação da literatura. A serragem foi empregada como material estruturante, visando equilibrar a relação C/N, condições de aerobiose, e evitar a proliferação de mosquitos (LEAL, et al., 2013). Essa estratégia foi analisada entre os meses de outubro de 2018 e julho de 2019.

Os resíduos orgânicos foram destinados aos minhocários de forma contínua, de duas a três vezes por semana – frequência recomendada pela literatura para sistemas de alimentação contínua (ARRIGONI et al., 2018; TATANO et al., 2015) –, até que o terceiro andar fosse totalmente preenchido. O reviramento dos minhocários foi realizado de forma manual, na mesma frequência de sua alimentação. Os resíduos foram distribuídos de forma igualitária entre os seis minhocários, visando alcançar o mesmo período de enchimento. Para fins de comparação e representatividade do experimento, foram realizados dois ciclos de alimentação.

A instalação e operação da unidade de vermicompostagem envolveu os setores da manutenção, cozinha e restaurante. A manutenção foi o setor responsável pela instalação dos minhocários, a cozinha e o restaurante do hotel foram responsáveis pela segregação dos resíduos orgânicos que seriam destinados à vermicompostagem e os que teriam como destino a compostagem. Um colaborador da cozinha foi o responsável pelo monitoramento dos minhocários e pela destinação dos resíduos orgânicos, envolvendo atividades de revolvimento e coleta do chorume.

4.4.3 Compostagem

A compostagem foi analisada por meio de um sistema descentralizado, a partir da montagem de uma composteira utilizando um container cujas dimensões foram as seguintes: 1,5 m de altura, 0,94 m de largura e 0,8 m de profundidade (figura 25). A aeração da composteira foi realizada de forma manual, com ciclos de reviramentos a cada dois dias. Além disso, a composteira continha furos laterais que possibilitavam a entrada de ar atmosférico. Os resíduos destinados para compostagem eram gerados,

principalmente, na cozinha e restaurante do hotel, sendo constituídos de restos de alimentos em geral, não havendo restrição quanto aos resíduos cozidos ou cítricos.

Figura 25 – Container utilizado para formação da composteira



A fibra do coco foi utilizada como material estruturante, visando equilibrar a aerobiose da composteira e evitar a proliferação de mosquitos e larvas. O coco era triturado por meio de um triturador com potência de 5 CV, e, em seguida, sua fibra era posta para secar em um container vazio, pois a umidade era elevada mesmo após a trituração (figura 26). Tal medida permitiu um destino adequado ao coco, um resíduo cuja destinação anterior era o aterro sanitário da cidade de João Pessoa.

Figura 26 - Coco triturado e posto para secagem



Para facilitar o processo de compostagem, nenhum tipo de pré-tratamento foi realizado, como o corte de alimentos, por exemplo. A alimentação da composteira foi contínua, com frequência de três vezes por semana – como recomendado pela literatura para sistemas de alimentação contínua (ARRIGONI et al., 2018; TATANO et al., 2015) –, sendo considerada a montagem finalizada quando sua altura impossibilitasse a aeração manual – aproximadamente 110 cm. Essa estratégia de minimização envolveu os seguintes setores do hotel: cozinha, restaurante, governança, serviços gerais e manutenção. Os setores da cozinha e restaurante foram os responsáveis pela segregação dos resíduos orgânicos nas fontes de geração, a governança e serviços gerais foram encarregados do transporte interno e monitoramento da composteira, que envolvia o reviramento e retirada de chorume. A manutenção foi responsável pela trituração do coco e destinação dos resíduos à composteira. Essa estratégia foi analisada entre os meses de janeiro e abril de 2019.

4.4.4 Parâmetros analisados

Nesta pesquisa, foram analisados os principais parâmetros que interferem na vermicompostagem e compostagem: temperatura, relação C/N e teor de umidade (BRIETZKE, 2016; FEAM, 2002; BIDONE; POVINELLI, 1999; PEREIRA NETO, 1996). As análises do carbono total e nitrogênio total foram realizadas em triplicatas.

Os parâmetros de controle da compostagem foram analisados durante a alimentação da composteira, por meio do monitoramento da temperatura e após a finalização de sua montagem, dando continuidade à medição da temperatura e mediante a análise do teor de umidade e relação carbono/nitrogênio. A amostra coletada para análise da relação C/N e teor de umidade da unidade de compostagem foi constituída por porções uniformes do topo, centro e base da composteira. A idade da composteira foi contada a partir do início de sua alimentação.

As análises dos parâmetros de controle da vermicompostagem foram iniciadas com a alimentação dos minhocários já em andamento. Assim, o experimento 01 (referente ao primeiro ciclo de alimentação) e as análises ocorreram no mês de outubro de 2018, entre o 50º e 77º dia de alimentação. A amostra coletada para análise do teor de umidade e relação C/N foi constituída por porções iguais dos seis minhocários, analisando-os como uma única unidade de vermicompostagem. Por fim, a temperatura de cada minhocário foi medida de forma individual.

As análises referentes ao segundo ciclo foram realizadas a partir do início da alimentação da unidade de vermicompostagem. Um dos seis minhocários foi escolhido, de forma aleatória, para representar a unidade como um todo. Foram realizadas quatro análises, entre os meses de maio e julho de 2019, do teor de umidade e relação carbono/nitrogênio a partir do 20º dia de alimentação. Por fim, o encerramento do ciclo, com a temperatura sendo medida continuamente, finalizou o experimento. A idade dos minhocários foi contada a partir do primeiro dia de alimentação.

a) **Temperatura**

Para o primeiro ciclo de alimentação da unidade de vermicompostagem, a temperatura foi medida apenas no ato da coleta da amostra que seria analisada, em um ponto central de cada um dos seis minhocários. Essa análise foi efetuada através de um termômetro de mercúrio com precisão de 1°C. No segundo ciclo de alimentação, a temperatura foi medida duas vezes por semana, por meio de um termômetro digital Agetherm (TPM-10), com incerteza de 0,1°C, como mostra a figura 27. A temperatura foi medida em um ponto central do minhocário. Procurando dissipar as temperaturas elevadas, foi realizado um ciclo de reviramento manual na mesma frequência de alimentação dos minhocários.

Figura 27 - Monitoramento da temperatura da unidade de vermicompostagem



Para a composteira, a temperatura foi medida quatro vezes por semana, entre os meses de fevereiro e abril de 2019, utilizando um termômetro digital Agetherm (TPM-10), com incerteza de $0,1^{\circ}\text{C}$. Foram realizadas medições em três pontos da composteira: topo, centro e base, bem como o monitoramento da temperatura ambiente (PEREIRA NETO, 1996). O ciclo de reviramento manual da composteira ocorreu a cada dois dias, tendo como objetivo a dissipação das altas temperaturas. A figura 28 exibe a medição da temperatura da composteira.

Figura 28 - Monitoramento da temperatura da composteira



b) Teor de Umidade

Tanto para a composteira quanto para a unidade de vermicompostagem, o teor de umidade foi obtido por meio de uma balança térmica, modelo MAC 210/WH). A análise foi realizada para uma amostra sólida de composto orgânico, sob uma temperatura de 105°C , por 60 minutos. O período de 60 minutos foi estabelecido após análises preliminares em que se percebeu que esse era o tempo necessário para que o teor de umidade se tornasse constante. O teor de umidade de ambas estratégias foi analisado a cada dez dias. Com o intuito de controlar a umidade dos minhocários e da composteira, respectivamente, o pó de serragem e a fibra de coco foram utilizados como material estruturante.

c) **Relação Carbono/Nitrogênio**

Após a análise na balança térmica, o composto orgânico restante era macerado e 500 mg de massa era diluída em 100 ml de água destilada, formando a amostra passível de análise de Carbono Total e Nitrogênio Total. O resultado era, portanto, expresso em mg/g de material seco. O Carbono Total foi analisado por meio do método Hach – Method 10173 - Test N Tube™ Vials (HACH, 2014a). A análise do Nitrogênio Total foi efetuada por meio do método Hach – Method 10071 - Powder Pillows or AccuVac® Ampuls (HACH, 2014b). Esses métodos foram utilizados para ambas as estratégias de minimização.

4.4.5 Aplicação do vermicomposto e do composto orgânico

Para a aplicação do vermicomposto e do composto orgânico, foi necessário realizar um peneiramento em ambos, para que os materiais grosseiros não degradados fossem separados. Em seguida, os compostos eram pesados e ensacados para seu uso posterior como fertilizante orgânico (figura 29). Os compostos gerados foram aplicados na horta orgânica do hotel e doados tanto para colaboradores quanto para clientes do estabelecimento. Os rejeitos oriundos do processo de peneiramento eram reintroduzidos no ciclo de alimentação da compostagem e vermicompostagem.

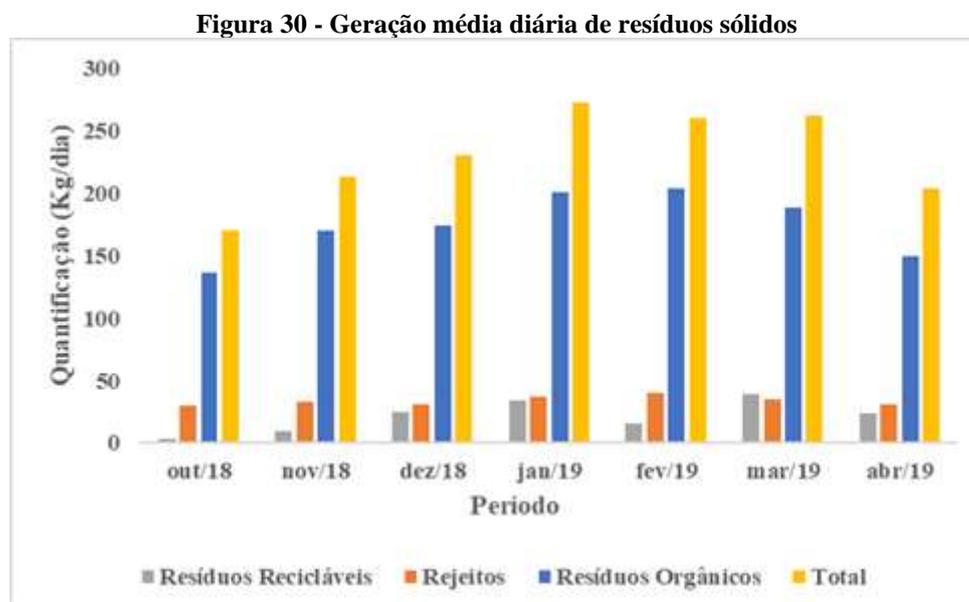
Figura 29 - Peneiramento e pesagem do vermicomposto



5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 QUANTIFICAÇÃO E COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS

A figura 30 ilustra a geração média diária, durante os meses de outubro de 2018 e abril de 2019, de diferentes tipologias de resíduos sólidos. O mês de janeiro foi o período com a maior geração média, com um total de 272 kg/dia, seguido de fevereiro com 260 kg/dia de resíduos sólidos. Os meses que registraram a menor geração média diária foram outubro, 170 kg/dia, e abril, com 204 kg/dia.



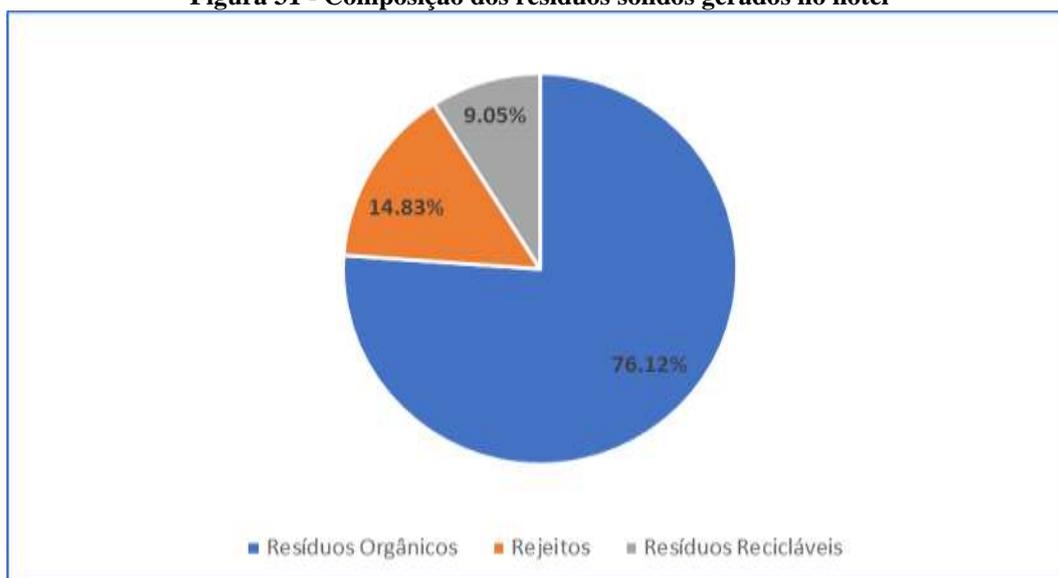
Janeiro apresentou uma geração diária de resíduos orgânicos de 201 kg/dia, a segunda maior geração diária registrada nesta pesquisa. Além disso, nesse mês a geração de resíduos recicláveis foi superior em comparação aos outros, sendo similar à geração de rejeitos: 34 kg/dia e 36 kg/dia, respectivamente. Portanto, a geração elevada dos resíduos recicláveis e orgânicos foi determinante para que janeiro fosse o período com a maior geração média diária de resíduos sólidos. No mês de fevereiro, a geração de resíduos recicláveis foi de apenas 16 kg/dia, ficando à frente apenas dos meses de outubro e novembro, com 4 kg/dia e 10 kg/dia, respectivamente. Contudo, esse mês foi responsável pela maior geração diária de resíduos orgânicos: 204 kg/dia, e de rejeitos, 40

kg/dia. Sendo assim, a elevada geração de resíduos orgânicos e rejeitos foi determinante para que fevereiro apresentasse a segunda maior geração diária de resíduos sólidos.

A grande geração de resíduos sólidos entre os meses de janeiro e abril coincide com o período de alta estação do hotel, decorrente de datas comemorativas como o natal, ano novo e carnaval, fatores que potencializam a demanda turística para a região, podendo ser esse um dos motivos pela elevada geração de resíduos sólidos nesse intervalo de tempo. A quantificação dos resíduos sólidos permite identificar a variação temporal de sua geração, descobrindo, por exemplo, em quais meses do ano há maior produção de resíduos sólidos. No caso do hotel analisado, nos meses de alta estação, poderiam ser realizadas práticas e oficinas de educação ambiental, por exemplo, tendo como foco a não geração de resíduos sólidos, com o público alvo sendo os hóspedes e colaboradores do hotel.

O montante total de resíduos sólidos gerados, entre os meses de outubro de 2018 e abril de 2019, foi de 41.199,22 kg, a uma taxa de 227,62 kg/dia. Do total de resíduos gerados, 31.460, 29 kg, ou 173,26 kg/dia eram constituídos de resíduos orgânicos, 6.109, 93 kg, 33,76 kg/dia de rejeitos e 3.729 kg de resíduos recicláveis (secos), a uma taxa de geração de 20,60 kg/dia. Portanto, pode-se afirmar que os resíduos sólidos oriundos do hotel eram compostos por 76,12% de resíduos orgânicos, 14,83% de rejeitos e 9,05% de resíduos recicláveis (figura 31).

Figura 31 - Composição dos resíduos sólidos gerados no hotel

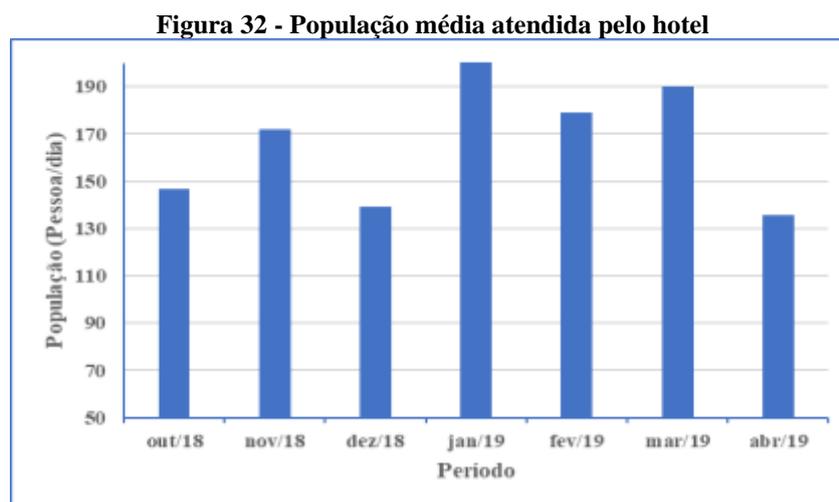


Os resíduos orgânicos são representados primordialmente por restos de comida em geral, como frutas, verduras, legumes, grãos e pães, e também por matéria verde

oriunda do jardim do hotel. Contudo, uma parcela significativa destes resíduos é gerada através do consumo do coco: 46,55% contra 53,45% de outros tipos de orgânicos. Isso demonstra que é necessário um gerenciamento singular para os resíduos orgânicos. Os resíduos recicláveis são constituídos basicamente por papel, papelão, latas de alumínio, plástico, garrafas PET e garrafas de vidro. Os rejeitos são compostos por papel higiênico, embalagens metalizadas, guardanapos sujos, resíduos recicláveis e orgânicos cuja segregação não foi realizada corretamente. Dos resíduos gerados, 9,05% já são destinados a cooperativas de catadores e 76,14% podem ser reciclados por meio da compostagem. Portanto, o hotel em questão mostra um grande potencial para a reciclagem, pois 85% de seus resíduos sólidos podem ser reciclados, diminuindo, assim, a disposição de resíduos sólidos no aterro sanitário da cidade de João Pessoa e reduzindo os impactos ambientais causados por tal atividade.

5.1.1 Taxa de geração per capita de resíduos sólidos

A partir da quantificação dos resíduos sólidos gerados foi possível determinar sua taxa de geração per capita. O montante de resíduos sólidos gerado entre os meses de outubro de 2018 e abril de 2019 foi de 41.199,22 kg, com uma geração média mensal de 5.885,60 kg/mês de resíduos sólidos e uma média diária de 227,62 kg/dia. A média diária de clientes atendida pelo hotel, nesse período, foi de 169,50 pessoas (figura 32).

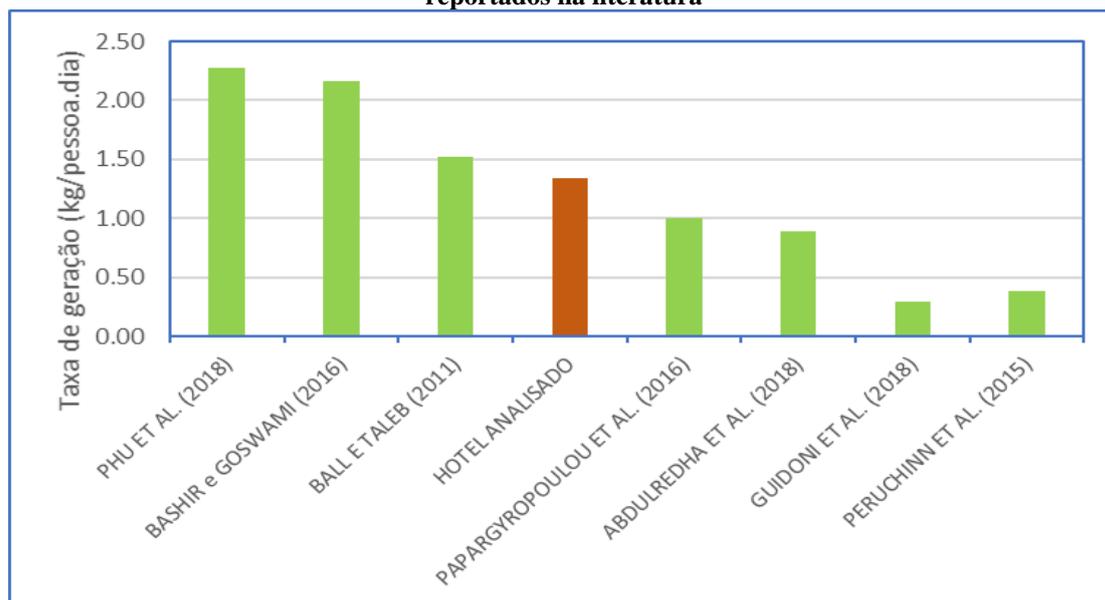


Assim, a taxa de geração per capita de resíduos sólidos resultante é de 1,343 kg/pessoa.dia, sejam eles resíduos orgânicos, com uma taxa média de 1,023 kg/pessoa.dia

(76,12%); recicláveis, 0,122 kg/pessoa.dia (9,05%); rejeitos, com 0,199 kg/pessoa.dia (14,83%). Como o hotel selecionado para o estudo dispõe de 140 unidades habitacionais e 299 leitos, ele é classificado como de grande porte (PHU et al., 2018; IBGE (2017); BASHIR; GOSWAMI, 2016). Contudo, sua geração per capita de resíduos sólidos (1,343 kg/pessoa.dia) é bem menor que a relatada por Phu et al. (2018) e Bashir e Goswami (2016).

Para Phu et al. (2018), a geração de resíduos sólidos de um hotel de grande porte é estimada em 6,29 kg/pessoa.dia, ou seja, superior quatro vezes em relação ao hotel analisado nesta pesquisa. Ainda para os autores, um hotel de pequeno porte, aquele que dispõe de menos de 20 quartos, gera em torno de 1,34 kg/pessoa.dia. Já para Bashir e Goswami (2016), a geração per capita de um hotel de grande porte é estimada em 2,90 kg/pessoa.dia, contra 1,70 kg/pessoa.dia de um hotel de pequeno porte.

Figura 33 - Comparativo entre a taxa de geração per capita do hotel analisado com valores médios reportados na literatura



Como mostra a figura 33, a taxa de geração per capita de resíduos sólidos do hotel estudado foi menor que a média relatada por Phu et al. (2018); Bashir e Goswami (2016); Ball e Taleb (2011) e maior que a geração per capita identificadas por Abdulredha et al. (2018) e Papargyropoulou et al. (2016), Guidoni et al. (2018), Peruchin et al. (2015). Salienta-se o fato de Papargyropoulou, et al. (2016) investigar apenas os resíduos oriundos do restaurante do hotel e a diferença de porte entre o empreendimento analisado nesta pesquisa (140 quartos) em relação aos estudados por Guidoni et al. (2018) e Peruchin et al. (2015), ambos com 74 quartos.

Assim, mesmo sendo classificado como grande porte, o hotel analisado pode ser equiparado, em termos de geração de resíduos sólidos, com um hotel de pequeno e médio porte. Isso pode ocorrer devido a fatores que influenciam na geração de resíduos sólidos no setor hoteleiro, como os serviços ofertados pelo empreendimento, e também pela diferença de cultura entre os países analisados – Vietnã, Índia e Brasil (ABDULREDHA et al., 2018; PHU et al., 2018; BASHIR; GOSWAMI, 2016). A tabela 5 apresenta a taxa de geração per capita dos resíduos sólidos produzidos, entre outubro de 2018 e abril de 2019, pelo hotel analisado.

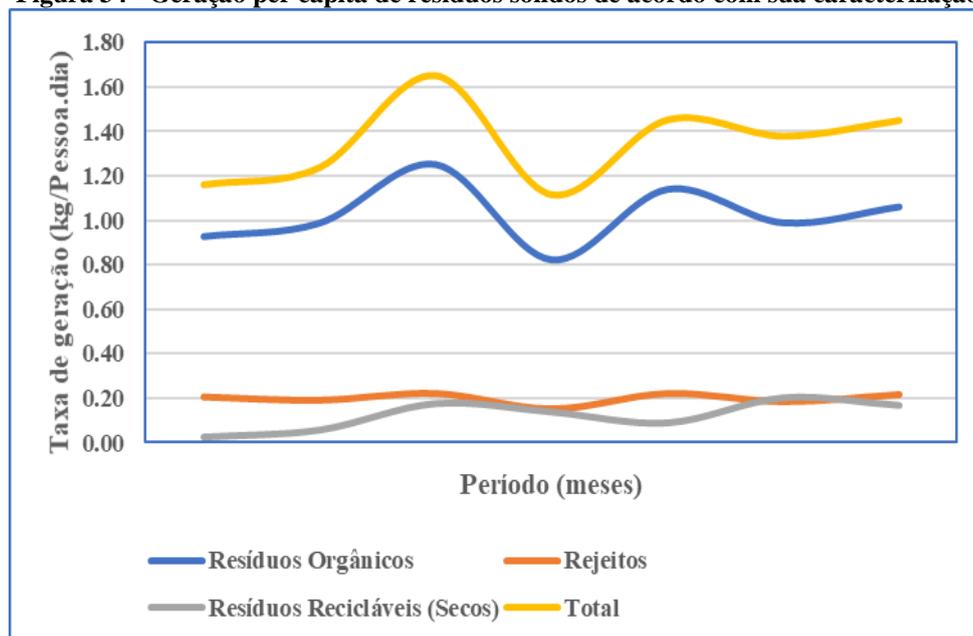
Tabela 5 - Taxa de geração per capita de resíduos sólidos

Período (mês)	População (Média diária) (pessoa)	Massa de resíduo gerada (kg/dia)	Taxa de geração per capita (kg/pessoa.dia)
Outubro/2018	146,89	170,21	1,159
Novembro/2018	171,90	212,61	1,237
Dezembro/2018	139,35	230,23	1,652
Janeiro/2019	244,33	272,18	1,114
Fevereiro/2019	179,00	259,93	1,452
Março/2019	190,15	262,13	1,379
Abri/2019	135,56	203,87	1,504
Média	169,50	227,62	1,343

De acordo com a tabela 5, o mês de dezembro/2018 foi aquele com a maior taxa de geração per capita, sendo gerados 1,652 kg/pessoa.dia de resíduos sólidos. Mesmo tendo uma das menores populações, com uma média de 139,35 pessoas/dia, esse mês registrou uma elevada geração média diária, 230,23 kg/dia de resíduos sólidos, fato que potencializou sua taxa de geração per capita. Da mesma forma, o mês de abril/2019 foi aquele com a menor população média registrada, com 135,56 pessoas/dia, e uma geração média de 203,87 kg/dia, resultando na segunda maior taxa de geração per capita, com 1,504 kg/pessoa.dia de resíduos sólidos.

Ao contrário, janeiro e março de 2019 foram os meses em que a população média diária do hotel foi superior aos demais, com 244,33 pessoas/dia e 190,15 pessoas/dia, respectivamente. Além disso, esses meses registraram as maiores gerações médias, com 272,18 kg/dia e 262,13 kg/dia. No entanto, a taxa de geração per capita do mês de janeiro foi a menor dentre os meses analisados, com 1,114 kg/pessoa.dia, e a do mês de março ficou abaixo dos meses de abril/2019, fevereiro/2019 e dezembro/2018. A figura 34 ilustra a taxa de geração per capita dos diferentes tipos de resíduos sólidos gerados no hotel.

Figura 34 - Geração per capita de resíduos sólidos de acordo com sua caracterização



A taxa de geração per capita total é reflexo, principalmente, da geração de resíduos orgânicos, sendo que o mês de dezembro foi aquele com a maior taxa de geração de resíduos orgânicos, com 1,251 kg/pessoa.dia e, também, com a maior taxa total de geração per capita com 1,652 kg/pessoa.dia, seguido do mês de abril, com uma taxa per capita total 1,504 kg/pessoa.dia, e uma taxa de geração resíduos orgânicos de 1,101 kg/pessoa.dia. As menores taxas de geração per capita também são encontradas nos meses que ocorreram as menores taxas de resíduos orgânicos, outubro e janeiro, com taxas de 0,928 e 0,823kg/pessoa.dia, respectivamente, e geração per capita de resíduos sólidos de 1,159 e 1,114 kg/pessoa.dia, Assim, a geração de resíduos sólidos no hotel analisado é bastante afetada pela produção de resíduos orgânicos.

Os resíduos orgânicos constituem a grande maioria dos resíduos sólidos gerados no hotel analisado, 76,12%, sendo um índice superior ao registrado por outros pesquisadores, como Phu et al. (2018), Guidoni et al. (2018), Bashir e Goswami (2016), Peruchinn et al. (2015), Zorpas et al. (2014), Singh, Cranage e Natha. (2014) e Dangi et al. (2011). Além disso, esse tipo de resíduo influencia na taxa de geração per capita dos resíduos sólidos. Sendo assim, a aplicação de estratégias de minimização do fluxo desses resíduos a serem dispostos em aterro sanitário é justificada.

5.2 ESTRATÉGIAS DE MINIMIZAÇÃO DO FLUXO DE RESÍDUOS DESTINADOS À UNIDADE DE DISPOSIÇÃO FINAL

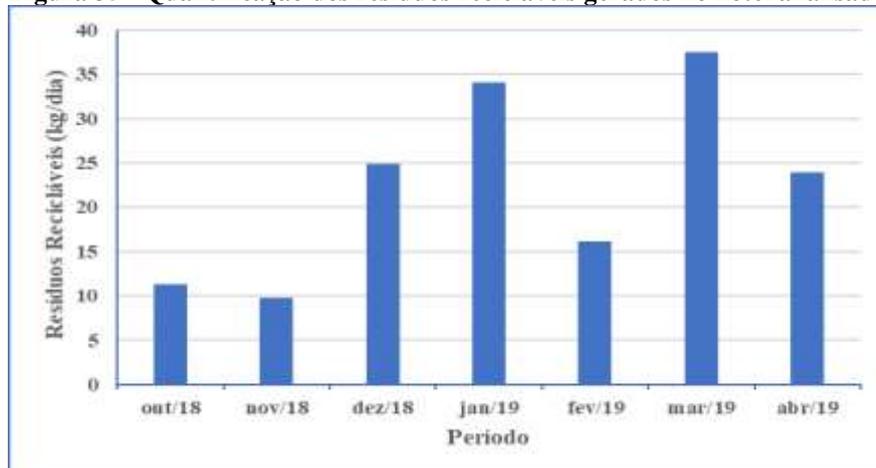
Diante do exposto e do elevado potencial de reciclagem dos resíduos sólidos gerados no hotel, foram aplicadas estratégias de minimização com o objetivo de reduzir a disposição final dos resíduos sólidos em aterro sanitário.

5.2.1 Coleta Seletiva para reciclagem dos resíduos secos

A coleta seletiva já era uma prática consolidada na rotina do hotel, com a segregação dos resíduos sólidos e, anteriormente à pesquisa, seu envio a uma empresa privada responsável pela coleta externa e destinação ambientalmente adequada. No entanto, a partir de outubro de 2018, a coleta externa dos resíduos recicláveis (secos) passou a ser de responsabilidade de uma cooperativa de catadores. Tal medida foi uma iniciativa do hotel para baratear os custos com o gerenciamento dos resíduos recicláveis, pois não há despesas com a cooperativa. Portanto, todos os resíduos secos e corretamente segregados são coletados por uma cooperativa de catadores.

Durante a pesquisa, a coleta dos resíduos variou de três a oito vezes por mês. Ao fim de cada coleta, a cooperativa fazia a quantificação dos resíduos coletados, não diferenciando-os quanto ao tipo de resíduo reciclável. A figura 35 ilustra a quantificação dos resíduos secos gerados e coletados pela cooperativa de catadores entre os meses de outubro/2018 e abril/2019.

Figura 35 - Quantificação dos resíduos recicláveis gerados no hotel analisado



De acordo com a figura 35, os meses de outubro e novembro apresentaram geração média de resíduos recicláveis semelhantes, 11,33 kg/dia e 9,8 kg/dia, respectivamente. Isso ocorre por ser o início da prestação de serviços da cooperativa de catadores, com as coletas sendo realizadas em menor frequência em relação aos meses seguintes. Além disso, a geração de resíduos sólidos em outubro foi a menor dentre todos os meses, com os resíduos recicláveis representando 2,1% do total de resíduos gerados. Em novembro, a geração de resíduos sólidos ficou à frente apenas dos meses de outubro e abril de 2019 e os resíduos recicláveis representaram 4,6% do total de resíduos gerados, com uma frequência de coleta de três vezes por mês. Assim, a baixa geração de resíduos recicláveis nesses meses pode estar relacionada a uma pequena produção de resíduos sólidos de maneira geral.

Os meses de dezembro e janeiro apresentaram um aumento na geração de resíduos recicláveis. De novembro para dezembro, por exemplo, a coleta dos resíduos passou de 9,8 kg/dia para 24,83 kg/dia. Houve um pico de geração de resíduos recicláveis nos meses de janeiro e março, sendo gerados e coletados 34,11 kg/dia e 38,93 kg/dia de resíduos secos, respectivamente. Tal fato pode ser justificado pela alta geração de resíduos sólidos nesses meses, que foram os períodos com as maiores gerações. Em janeiro, os resíduos recicláveis representaram 12,5% do total de resíduos sólidos gerados. Para atender a demanda da geração de resíduos secos no mês de janeiro, a frequência de coleta foi de seis vezes ao mês. Já em março, quando esse tipo de resíduo correspondeu a 14,8%, foram necessárias oito coletas. Assim, a alta produção de resíduos secos pode estar relacionada a uma grande geração de resíduos sólidos.

Portanto, durante a pesquisa, foram gerados e coletados 3.729 kg de resíduos secos, a uma taxa de 20,60 kg/dia. Com a aplicação da estratégia de minimização, 100% dos resíduos recicláveis (secos) gerados no empreendimento hoteleiro foram destinados à cooperativa de catadores. O percentual de resíduos destinados para coleta atende a meta proposta no Plano Nacional de Resíduos Sólidos para o Nordeste, que diz que o envio de resíduos recicláveis para aterros deve ser reduzido em 16% até o ano de 2019 (BRASIL, 2012). Sendo assim, a coleta seletiva foi uma estratégia de viável aplicação no hotel analisado e contribuiu para a minimização da destinação dos resíduos recicláveis a serem dispostos no aterro sanitário da cidade de João Pessoa. Esta estratégia de minimização é de fácil aplicação, dependendo apenas da segregação efetiva dos diversos tipos de resíduos sólidos gerados. Assim, considera-se que a coleta seletiva para reciclagem pode ser implementada em outros empreendimentos da mesma natureza.

5.2.2 Vermicompostagem

O primeiro ciclo de alimentação dos minhocários teve duração de 81 dias, quando foram gerados 12.929, 95 kg de resíduos orgânicos, com uma taxa de geração diária de 159,63 kg/dia (tabela 6). Dos resíduos gerados, 279 kg foram destinados aos minhocários para a vermicompostagem, com uma destinação diária de 3,44 kg/dia, representando 2,2% de todo o resíduo orgânico gerado. Assim, durante o primeiro ciclo de alimentação, os minhocários foram alimentados a uma taxa de 0,57 kg/dia por minhocário. O período de alimentação de um andar do minhocário durou 81 dias, sendo necessários 46 kg de resíduos orgânicos para seu preenchimento. Após o fim do ciclo de alimentação, o vermicomposto ficou em maturação por 30 dias. Sendo assim, o ciclo completo para a geração do composto orgânico durou 111 dias.

Tabela 6 - Quantificação dos resíduos orgânicos destinados à Vermicompostagem

Ciclos	Período (dias)	Resíduo Orgânico gerado (kg/dia)	Resíduo Orgânico Destinado (kg/dia)
Primeiro	81	159,63	3,44 (2,2%)
Segundo	67	102,90	1,99 (1,9%)

O segundo ciclo de alimentação teve uma duração de 67 dias, sendo gerados 6.899 kg de resíduos orgânicos, em uma taxa diária de 102,90 kg/dia, como mostra a tabela 6. Nesse período, foram destinados 133 kg, em uma média de 1,99 kg/dia de resíduos orgânicos, correspondendo a 1,9% do total de resíduo orgânico gerado no empreendimento hoteleiro para o mesmo período. Portanto, durante o segundo ciclo de alimentação a taxa de alimentação dos minhocários foi de 0,33 kg/dia para cada minhocário, sendo necessário 67 dias e 22 kg para o preenchimento de um minhocário. A quantificação dos resíduos gerados e destinados à vermicompostagem não inclui os cocos, já que os mesmos foram destinados à compostagem.

Da mesma forma que o primeiro ciclo, o vermicomposto ficou em repouso por 30 dias para maturação, totalizando 97 para sua produção. O segundo ciclo de alimentação foi iniciado com aproximadamente 1/3 do volume dos minhocários, sendo ocupado por composto orgânico oriundo do primeiro ciclo de alimentação, funcionando como ponto de partida do processo – o que explica a redução na quantidade de resíduos necessária para o preenchimento dos minhocários.

A unidade de vermicompostagem conseguiu o envolvimento direto de três setores do hotel: cozinha, manutenção e restaurante. Os colaboradores do estabelecimento foram responsáveis por toda a operação da vermicompostagem, desde a implantação, ao monitoramento e operação. Além disso, a vermicompostagem gerou um insumo para o hotel, o vermicomposto, possibilitando uma economia na compra de fertilizante convencional, já que o mesmo foi aplicado na horta orgânica do empreendimento.

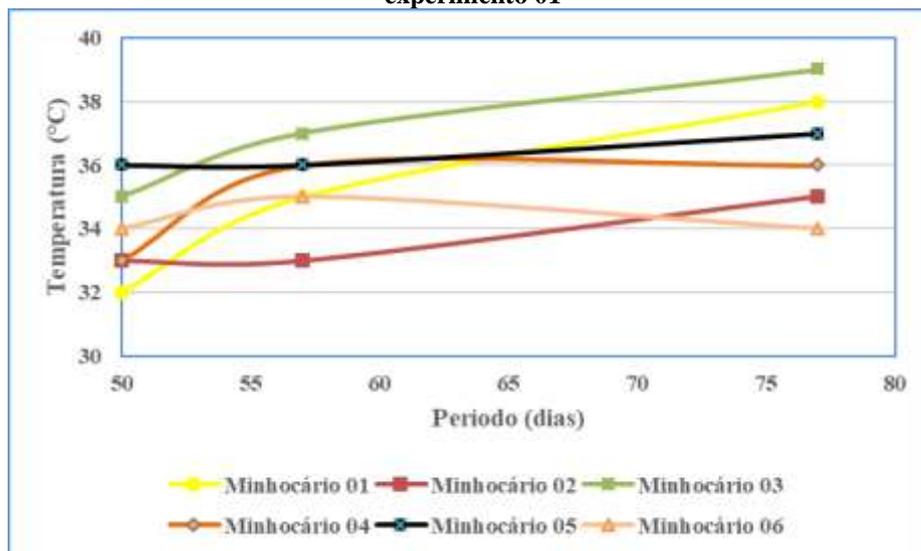
Sendo assim, a estratégia de minimização conseguiu dar destinação ambientalmente adequada para até 2,2% dos resíduos orgânicos gerados no estabelecimento, que foram encaminhados para vermicompostagem e deixaram de ser dispostos no aterro sanitário da cidade de João Pessoa, estando em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Salienta-se que esse resultado foi obtido com a implantação de apenas uma composteira, o que sugere o potencial para reciclar uma quantidade maior de resíduos, desde que seja aplicada uma taxa diária maior de destinação de resíduos orgânicos, o que reduziria, conseqüentemente, o tempo do ciclo de alimentação.

5.2.2.1 Parâmetros analisados

a) Temperatura

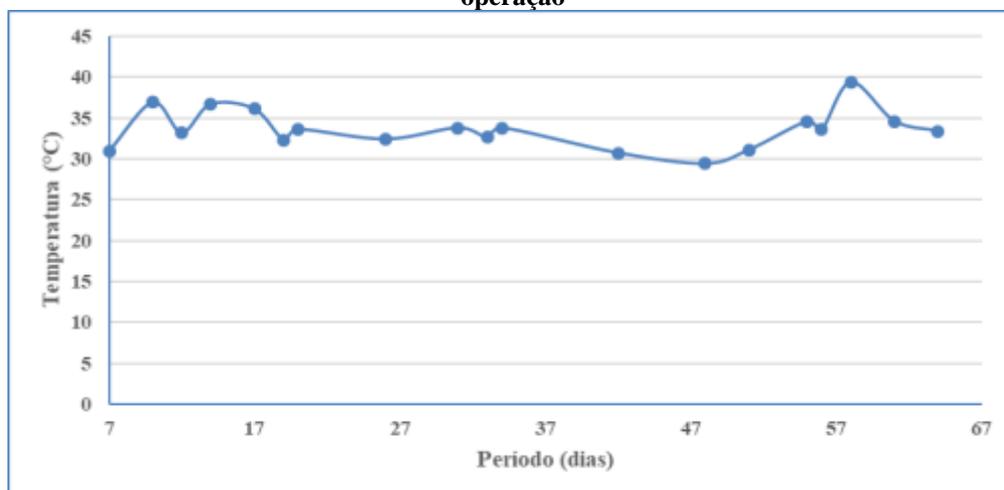
Para o primeiro ciclo de alimentação, não houve grande variação entre as temperaturas dos seis minhocários (figura 36). O minhocário 01 foi aquele que a temperatura apresentou a maior variação, entre 32°C e 38°C, seguido do minhocário 03, com temperatura entre 35°C e 39°C, sendo essa a maior temperatura registrada durante as análises. Os minhocários 04, 05 e 06 apresentaram temperaturas quase que constantes em 36°C e 34°C, respectivamente. A temperatura média dos minhocários variou entre 33°C e 37°C. Assim, durante toda a alimentação da unidade de vermicompostagem, foram registradas temperaturas mesofílicas, não atingindo a fase termofílica de um processo de compostagem convencional. Então, pode-se dizer que a vermicompostagem ocorreu apenas em fase mesofílica.

Figura 36 - Variação da temperatura em relação ao período de operação dos minhocários para o experimento 01



No segundo ciclo de alimentação, também não houve grande variação na temperatura do minhocário analisado (figura 37). A temperatura máxima registrada foi de 39,4°C, coincidindo com a maior temperatura identificada no experimento 01. A menor temperatura notada, durante as análises, foi de 29,4°C, abaixo da mínima para o experimento 01. A temperatura média do minhocário analisado foi de 33,6°C, se assemelhando as médias identificadas no primeiro ciclo de alimentação. Portanto, a estabilização da matéria orgânica ocorreu em temperaturas menores que 45°C em ambos experimentos. Desse modo, assim como no experimento 01, a vermicompostagem do segundo ciclo de alimentação ocorreu em temperaturas mesofílicas, corroborando Shrestha et al. (2011) e Tejada, García-Martínez e Parrado (2009).

Figura 37 - Variação da temperatura do minhocário analisado em relação a seu período de operação

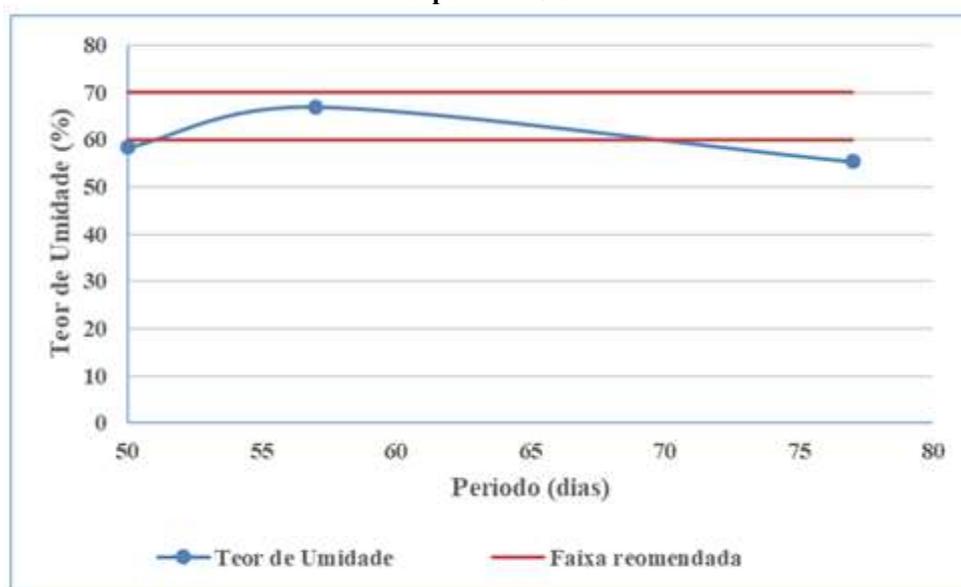


A temperatura máxima média da cidade de João Pessoa pode ultrapassar 30°C (PEREIRA et al., 2012). Como a temperatura média dos minhocários para o experimento 01 variou de 33°C a 37°C, e 33,6°C no experimento 02, ela não difere muito da temperatura máxima média da cidade de João Pessoa. Pode-se afirmar, então, que a estabilização da matéria orgânica por meio da vermicompostagem ocorreu em temperatura próxima a ambiente.

b) Teor de umidade

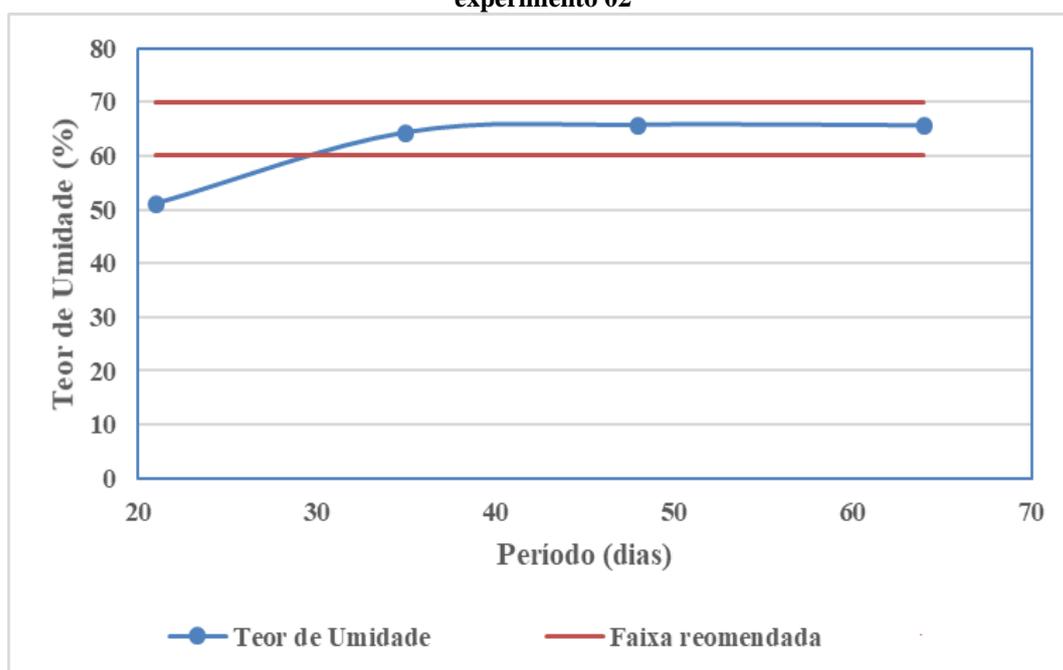
Durante as análises realizadas para o primeiro ciclo de vermicompostagem, o teor de umidade se encontrou sempre próximo à faixa ótima recomendada, variando entre 55 e 67% (figura 38). Para a primeira análise, realizada no 50º dia de alimentação, foi identificado um teor de umidade de 58,3%, menor que a taxa recomendada. Da primeira para a segunda análise, em um intervalo de sete dias, o teor de umidade aumentou em aproximadamente 9%, passando para 66,8%. Contudo, após 20 dias, o teor de umidade decaiu e se estabilizou em 55,4%. Assim, o teor de umidade médio identificado, durante as análises do experimento 01, foi de 60%. Portanto, em média, o teor de umidade dos minhocários obedeceu a faixa ótima recomendada para o processo de vermicompostagem (CONTRERAS-RAMOS; ESCAMILLA-SILVA; DENDOOVE, 2005; AQUINO, 2003).

Figura 38 - Variação do teor de umidade em relação ao período de operação dos minhocários do experimento 01



As análises do experimento 02 indicam que o teor de umidade do minhocário atingiu a faixa ótima recomendada com aproximadamente 30 dias de operação, como mostra a figura 39. Nesse experimento, o teor de umidade foi subindo à medida que os resíduos orgânicos eram dispostos no minhocário, sendo que a primeira análise registrou teor de 51,1%, aumentando para 64,3% após 35 dias de operação, e se estabilizando em 66% em um período de 48 dias de alimentação, obedecendo a faixa ótima recomendada para vermicompostagem (CONTRERAS–RAMOS; ESCAMILLA-SILVA; DENDOOVE 2005; AQUINO, 2003). Assim, o teor de umidade inicial do experimento 02 encontrava-se fora da faixa ótima recomendada, atingindo-a com aproximadamente 30 dias de operação e se estabilizando dentro do teor de umidade ideal, com uma umidade média de 61%.

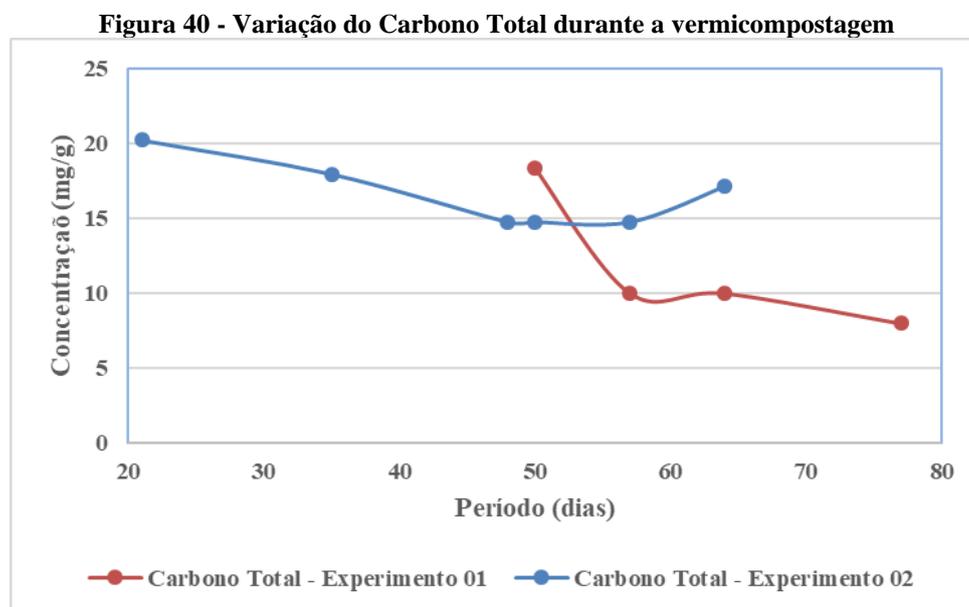
Figura 39 - Variação do teor de umidade em relação ao período de operação do minhocário do experimento 02



Portanto, o teor de umidade médio de ambos experimentos esteve sempre próximo da faixa ótima recomendada para vermicompostagem, sendo 51,1% o teor mais baixo registrado e 66,8% o mais elevado. O teor médio dos experimentos foi similar, 60% para o experimento 01 e 61% para o experimento 02. Com isso, pode-se dizer que a serragem foi um material eficiente no controle do teor de umidade do processo de vermicompostagem.

c) Relação Carbono/Nitrogênio

Em ambos experimentos, as análises realizadas demonstram que houve uma queda na concentração do Carbono total ao longo da vermicompostagem. No primeiro ciclo de alimentação, referente ao experimento 01, o carbono total inicial foi de 18,30 mg/g, decaindo para 8,00 mg/g ao final da análise, o que representa uma redução de aproximadamente 56%. Essa porcentagem de diminuição é superior a relatada por Yadav e Garg (2019), que registraram uma redução de 26% a 42% no Carbono Total de diferentes recipientes de vermicompostagem. A figura 40 apresenta a variação do Carbono Total em relação ao período de operação dos minhocários dos experimentos 01 e 02.



Para o experimento 02, a concentração de carbono total inicial foi de 20,2 mg/g, reduzindo para 17,13 mg/g após 64 dias de operação do minhocário, o que corresponde a uma diminuição de aproximadamente 18%, estando dentro da faixa de redução reportada por Sharma e Garg (2018), que encontraram uma redução de Carbono Total entre 9% e 29%. Assim, a redução do carbono total do experimento 02 foi menor em comparação ao primeiro ciclo de alimentação. A queda do carbono total é justificada e está em conformidade com a literatura (ABDOLI et al., 2019; SHARMA; GARG, 2018; MAHALY et al., 2018; PIGATIN et al., 2016; YADAV; GARG 2016; CONTRERAS–RAMOS; ESCAMILLA-SILVA; DENDOOVE, 2005).

É possível observar um aumento na concentração do Nitrogênio total de ambos experimentos ao longo da operação dos minhocários (figura 41), ou seja, esse parâmetro aumenta à medida que os resíduos orgânicos são degradados. Para o primeiro ciclo de alimentação, o nitrogênio inicial foi de 1,7 mg/g, aumentando para 4mg/g ao fim das análises, representando um acréscimo superior ao dobro da concentração inicial. O Nitrogênio inicial do experimento 02 foi de 0,68 mg/g, passando para 1,4 mg/g durante a operação do minhocário analisado. O aumento da concentração de Nitrogênio total também foi registrado por Yadav e Garg (2019) e Mahaly et al. (2018). A figura 42 ilustra a relação C/N de ambos experimentos.

Figura 41 - Variação do Nitrogênio Total durante a vermicompostagem

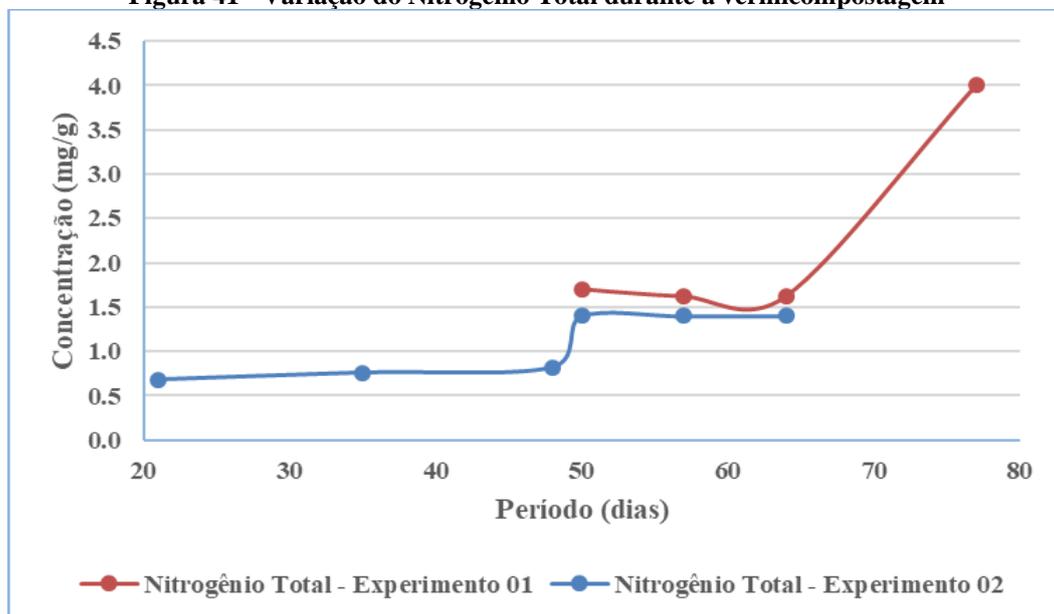
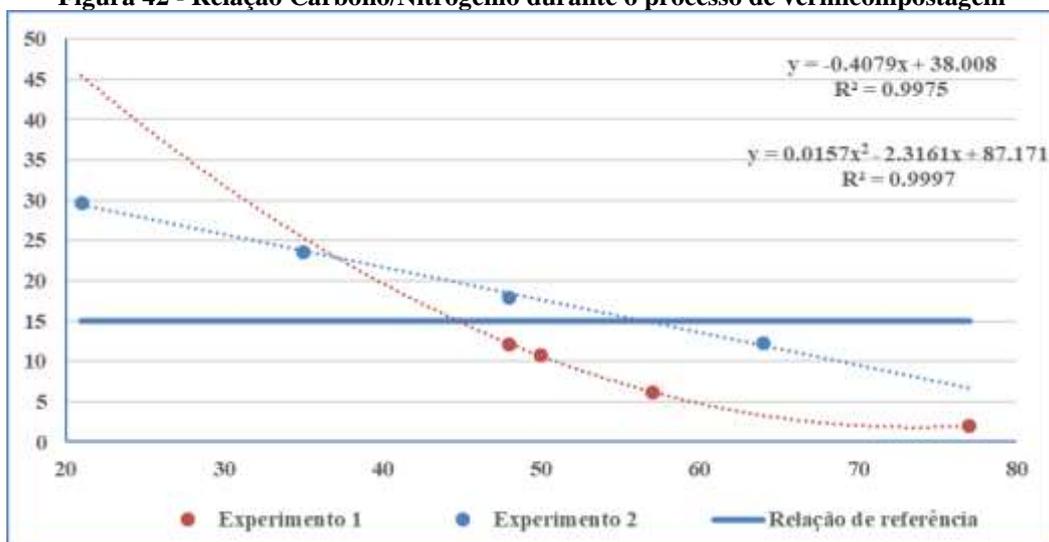


Figura 42 - Relação Carbono/Nitrogênio durante o processo de vermicompostagem



De acordo com a figura 42, a relação C/N ideal foi alcançada, no primeiro experimento, após 50 dias de operação da unidade de vermicompostagem, quando essa relação era de 11:1. Extrapolando o gráfico do experimento 01 para a equação polinomial $Y = 0,0157x^2 - 2,3161x + 72,171$, com $R^2 = 0,9997$, tem-se que para $Y=15$, o tempo necessário para que a relação C/N alcance o valor recomendado é de aproximadamente 45 dias.

Para o segundo ciclo de alimentação, a relação C/N inicial era de 30:1, sendo reduzida para 12:1 após 64 dias de alimentação do minhocário. Extrapolando o gráfico do experimento 02 para a equação da reta $Y = -0,4079x + 38,008$, com $R^2 = 0,9975$, tem-se que para $Y=15$, o tempo necessário para que a relação C/N alcance o valor recomendado é de aproximadamente 56 dias. Portanto, conclui-se que a relação carbono/nitrogênio ideal pode ser alcançada entre 45 e 56 dias de operação de uma unidade de vermicompostagem. Esse período corrobora Mahaly et al. (2018), que demonstraram que são necessários no mínimo 45 dias para alcançar uma relação C/N ideal para a vermicompostagem.

A relação C/N de ambos experimentos decaiu naturalmente, de acordo com o aumento da concentração de nitrogênio total e com a diminuição do teor de carbono total. A redução da relação C/N em função do tempo de vermicompostagem indica um aumento na humificação da matéria orgânica, estando diretamente relacionada com a qualidade e maturidade do vermicomposto (PIGATIN et al., 2016; PARTHASARATHI et al., 2016). As relações C/N aqui identificadas estão próximas do intervalo reportado por Sharma e Garg (2018), que calcularam uma C/N final variando de 12:1 e 24:1 para diferentes tipos de vermicompostagem, e por Arora e Kaur (2019), que relataram um intervalo da relação C/N de 13:1 a 17:1 para diferentes tipos de vermicompostagem.

Sendo assim, considera-se que a estratégia de minimização conseguiu cumprir seu objetivo, reduzindo a disposição de resíduos orgânicos para o aterro sanitário da cidade de João Pessoa, já que 593,26 kg de resíduos orgânicos foram reciclados no próprio empreendimento ao longo da operação de uma unidade de vermicompostagem. O envolvimento dos colaboradores do hotel para o desenvolvimento dessa estratégia foi fundamental, já que os mesmos participaram de todas as atividades relacionadas ao seu funcionamento, como a destinação dos resíduos orgânicos e reviramento dos minhocários.

Salienta-se que há margem para crescimento do percentual de resíduos orgânicos reciclados por essa estratégia de minimização, aumentando a quantidade de resíduos

destinados mensalmente aos minhocários e, conseqüentemente, reduzindo o tempo de duração de um ciclo de reciclagem. Por meio da vermicompostagem, foi possível gerar um aditivo para o hotel, o vermicomposto. As análises dos parâmetros de controle comprovaram a qualidade do composto e que o mesmo está apto para ser utilizado como vermicomposto, obtendo a relação carbono/nitrogênio ideal entre 45 e 56 dias de operação.

5.2.3 Compostagem

O ciclo de alimentação da composteira foi iniciado em 28 de janeiro de 2019, quando foram destinados 98 kg de resíduos orgânicos, sendo 30 kg de restos de alimentos em geral e 68 kg de fibra de coco. Nesse mesmo dia, a geração de resíduos orgânicos no hotel foi de 207 kg, ou seja, aproximadamente 47% do total gerado foi destinado para compostagem. Ao final do mês de janeiro, foram destinados um total de 237,70 kg de resíduos orgânicos à composteira, sendo gerados, nesse período, 771,90 kg de resíduos orgânicos. Portanto, aproximadamente 31% dos resíduos orgânicos gerados no período de alimentação da composteira foram destinados de forma ambientalmente adequada (BRASIL, 2010a).

Figura 43 - Alimentação da composteira



O ciclo de alimentação foi finalizado no dia 22 de fevereiro, com os resíduos atingindo uma altura de 110 cm no interior da composteira. Neste mês, durante o período de alimentação da composteira, foram gerados um total de 4.279, 19 kg de resíduos

orgânicos, dos quais 628,50 kg foram destinados para compostagem. Assim sendo, aproximadamente 15% dos resíduos orgânicos gerados nesse período foram destinados de forma ambientalmente adequada (BRASIL, 2010a).

A montagem da composteira ocorreu entre 28 de janeiro de 22 de fevereiro, totalizando 26 dias, havendo destinação de resíduos orgânicos em 12 deles. Assim, de acordo com a tabela 7, durante o período de montagem da composteira, foram gerados 5.051,10 kg de resíduos orgânicos, uma média de 194,27 kg/dia, dos quais 866,20 kg foram destinados para compostagem, correspondendo a 33,31 kg/dia de resíduos orgânicos que deixaram de ser dispostos de forma ambientalmente inadequada no aterro sanitário da cidade de João Pessoa. A figura 44 ilustra a composteira com sua montagem finalizada.

Tabela 7 - Quantificação dos resíduos orgânicos gerados e destinados para compostagem

Período	Resíduos orgânicos gerados (kg/dia)	Resíduos orgânicos destinados (kg/dia)
Ciclo de Alimentação	194,27	33,31 (17,15%)

Figura 44 - Composteira com a montagem finalizada



Dos resíduos orgânicos destinados para compostagem, 68% são representados por fibras, resultantes da trituração do resíduo do coco, e 32% por restos alimentícios em geral. Assim, a composteira foi montada com aproximadamente 70% de fibra de coco e 30% de outros resíduos orgânicos. Portanto, essa estratégia de minimização se mostrou viável como destino de resíduos oriundos do coco. Com isso, a compostagem contribuiu para a redução dos resíduos orgânicos dispostos no aterro sanitário, já que, entre janeiro e fevereiro, 17,15% foram destinados à composteira.

Desse modo, a estratégia de minimização conseguiu dar destinação ambientalmente adequada para 17,15% dos resíduos orgânicos gerados no estabelecimento, incluindo os cocos, que foram encaminhados para compostagem e deixaram de ser dispostos no aterro sanitário da cidade de João Pessoa. Esse resultado, obtido com a implementação de uma composteira, apresenta potencial para ser expandido mediante a disponibilidade de espaço do hotel.

A operação da composteira conseguiu o envolvimento direto de quatro setores do hotel: cozinha, restaurante, manutenção e serviços gerais/governança, que foram responsáveis por toda operação e manutenção da compostagem. A diferença em relação a vermicompostagem está na inclusão dos colaboradores dos serviços gerais e governança nas atividades relacionadas à compostagem. Da mesma forma que a vermicompostagem, a compostagem gerou um insumo para o empreendimento, o composto orgânico, também aplicado na horta orgânica do hotel. A aplicação do composto orgânico e do vermicomposto será discutida no item 5.2.4.

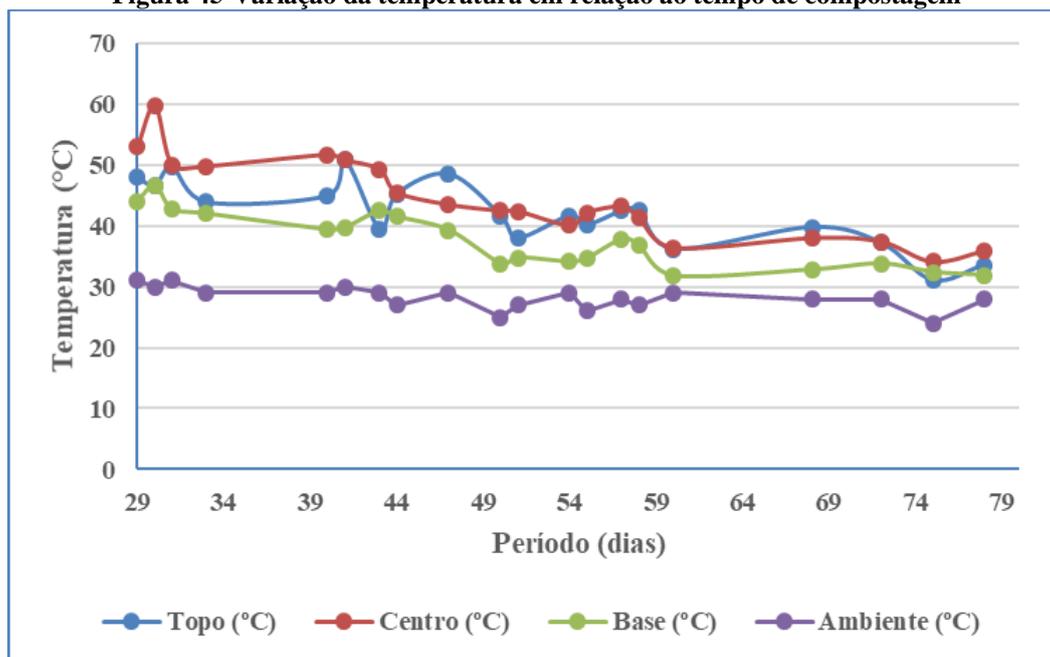
5.2.3.1 Parâmetros Analisados

a) Temperatura

A variação da temperatura em relação ao período de operação da composteira pode ser analisada através da figura 45, que ilustra as temperaturas no topo, centro e base. A fase termofílica durou aproximadamente 47 dias, com temperaturas superiores a 45° C nas camadas de centro e topo. A fase mesofílica durou aproximadamente 25 dias, com temperaturas abaixo de 45°C em todos os pontos da composteira. Após 72 dias de operação, a temperatura ficou estável e próxima a temperatura ambiente média da cidade de João Pessoa, 28°C.

Assim, a degradação ativa da matéria orgânica teve duração de 72 dias, corroborando Brasil (2017a) e Pereira Neto (1996), que mostram que essa fase tem duração de 60 a 120 dias. Tal resultado é superior ao descrito por Arrigoni et al. (2018), que mostram em seu experimento que a fase ativa da compostagem de resíduos orgânicos oriundos de cozinhas e jardins durou 50 dias. Manu, Kumar e Garg (2019) relatam a fase ativa de resíduos orgânicos domésticos com duração variável entre 35 e 51 dias.

Figura 45-Variação da temperatura em relação ao tempo de compostagem



A temperatura da composteira não atingiu a faixa de higienização recomendada pela Resolução CONAMA 481/2017, já que o sistema não permaneceu com temperaturas superiores a 60°C por três dias consecutivos (BRASIL, 2017b). Salienta-se que as medições foram realizadas a partir do 29º dia, podendo ter mascarado essa verificação. A temperatura máxima registrada durante a operação da composteira foi de 59,8°C no centro da composteira, com 30 dias de operação, já a mínima foi de 34,1°C, após 75 dias. A temperatura média desse ponto foi de 44,3°C, sendo a maior dentre as demais camadas. As temperaturas elevadas foram sendo dissipadas ao longo dos ciclos de reviramento e esse ponto atingiu a fase mesofílica após 47 dias de operação do sistema, apresentando uma temperatura de 43,5°C.

O topo da composteira registrou uma temperatura mesofílica de 43,9°C após 33 dias de operação, contudo, uma semana depois, esse ponto voltou a apresentar temperaturas superiores a 45°C. Assim, a temperatura máxima identificada, nesse ponto, foi de 50,8°C após 41 dias de operação do sistema. Logo, o topo da composteira foi atingido

a fase mesofílica apenas em 50 dias de operação, sendo identificada uma temperatura mínima de 31°C e média de 42,1°C.

A base da composteira registrou temperatura termofílica por um único dia, com 46,7°C após 30 dias de operação do sistema, apresentando temperaturas mesofílicas nos demais dias, com uma temperatura mínima de 31,8°C e média de 37°C. Esta foi a primeira camada da composteira a atingir a fase mesofílica, com uma temperatura de 42,7°C, após 31 dias de operação. Portanto, a fase mesofílica foi alcançada em todos os pontos com 50 dias de operação, durando aproximadamente 25 dias, com temperaturas variando entre 43,5°C e 31°C. A figura 46 registra uma temperatura mesofílica identificada ao longo do processo de compostagem.

Figura 46 - Temperatura mesofílica no topo na composteira



Portanto, houve uma estratificação térmica nas camadas da composteira, onde as maiores temperaturas foram alcançadas no centro, no topo e na base, respectivamente. No topo e no centro, as temperaturas permaneceram na faixa termofílica por 47 e 44 dias, respectivamente, com temperatura máxima de 59,8°C e 50,8°C. A fase termofílica da base da composteira durou 30 dias, com uma máxima de 46,7°C. O curto período dessa fase, na base da composteira, pode ser explicado pelo excesso de umidade, por sua compactação e pela dificuldade em se realizar a aeração manual até esse ponto. Tal resultado é semelhante ao descrito por Arrigoni et al. (2018), que apontam uma estratificação térmica em um sistema descentralizado de compostagem de alimentação contínua.

Através do ciclo de reviramento, ilustrado na figura 47, a temperatura seguiu reduzindo e se estabilizou próximo ao 72º dia de operação da composteira, sendo

registradas temperaturas de 31°C, 34,1°C, 32°C, para o topo, centro e base, respectivamente. Essas temperaturas são próximas da temperatura média da cidade de João Pessoa no período de análise, 28°C. A temperatura estável indica o fim da fase mesofílica e o início da fase de maturação do composto orgânico (BRASIL, 2017a). Sendo assim, a operação da composteira durou 98 dias, sendo 26 dias para sua alimentação e 72 dias na fase de degradação ativa.

Figura 47 - Reviramento manual da composteira

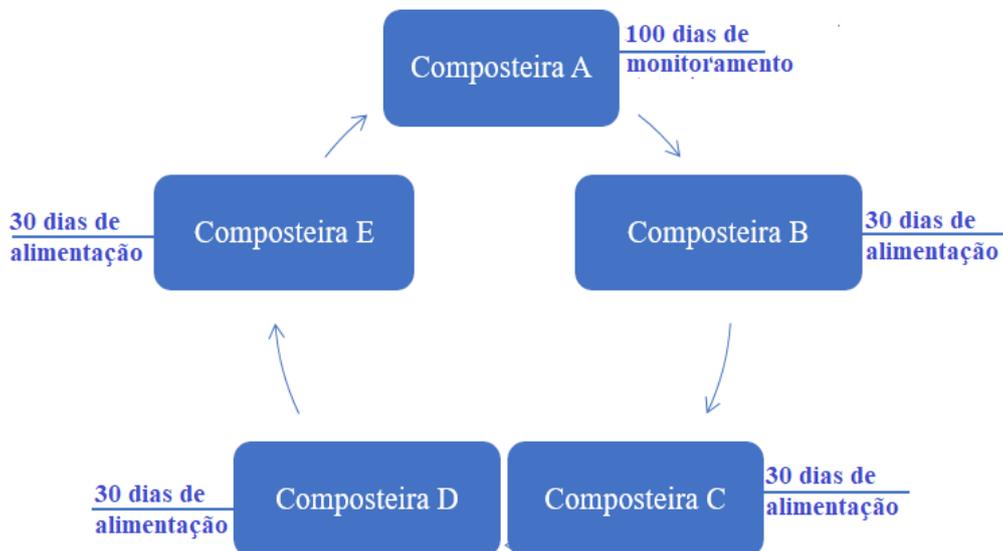


Adotando a temperatura como um parâmetro de dimensionamento, com um período de alimentação de 30 dias, mais 70 dias para a degradação ativa e 30 dias para a maturação do composto, o tempo de operação de uma composteira de 130 dias, sendo 100 dias dedicados a seu monitoramento (figura 48). Assim, são necessárias, no mínimo, cinco composteiras operando em ciclo para que o hotel consiga reciclar 33,31 kg/dia de resíduos orgânicos de forma contínua, de modo que, no momento em que a alimentação da quarta composteira for encerrada, a primeira estará apta para ser realimentada.

Com base em preços de mercado, o custo para a implementação desse sistema é de aproximadamente R\$ 1.450,00 por composteira, totalizando R\$ 7.250,00. Esse resultado é referente ao tratamento de 17,15% dos resíduos orgânicos gerados no hotel. Para que a totalidade dos resíduos orgânicos seja reciclada no próprio estabelecimento, é necessário que se tenha cinco composteiras operando de forma simultânea por dia, já que são gerados 173,26 kg/dia de resíduos orgânicos e uma composteira tem a capacidade de reciclar 33,15 kg/dia. Assim, o ciclo da figura 48 seria multiplicado por cinco, totalizando

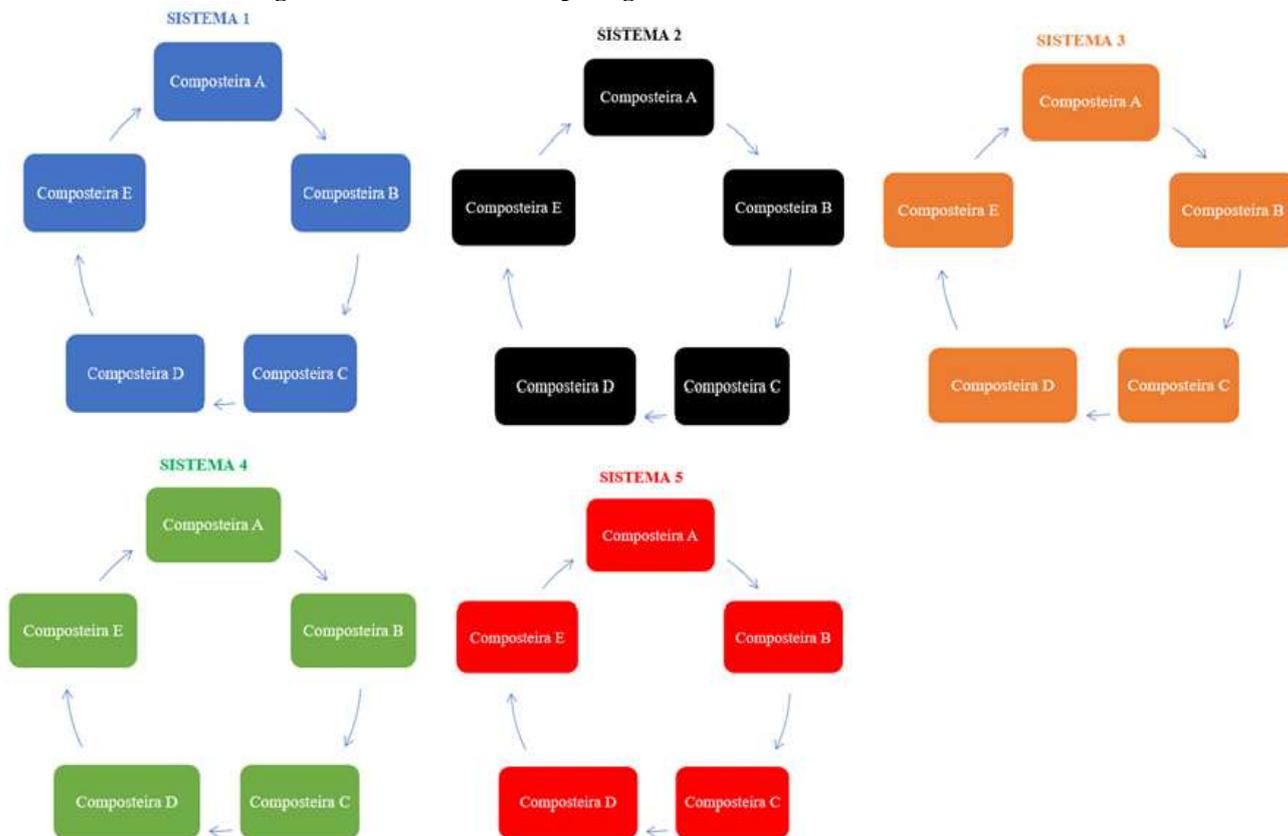
25 composteiras, como mostra a figura 49. Portanto, o custo total do sistema seria de R\$ 36.250,00, ou R\$ 5,33 por kg/ de resíduo orgânico reciclado, considerando a vida útil do equipamento como sendo de cinco anos.

Figura 48 - Operação do sistema de compostagem descentralizada



Ativar

Figura 49 - Sistema de compostagem descentralizada



b) Teor de Umidade

Uma das formas de controle do teor de umidade na compostagem é a retirada periódica do chorume gerado no processo. O sistema de coleta e armazenamento do chorume da composteira foi implementado após 20 dias de sua montagem, tornando o processo bastante úmido. Tal sistema é constituído por uma bandeja, utilizada para coleta do chorume (figura 50), um tambor, para seu armazenamento (figura 51), e um sistema de bombeamento, aplicado para o transporte do líquido do tambor para outros recipientes menores, proporcionando a distribuição adequada do chorume gerado.

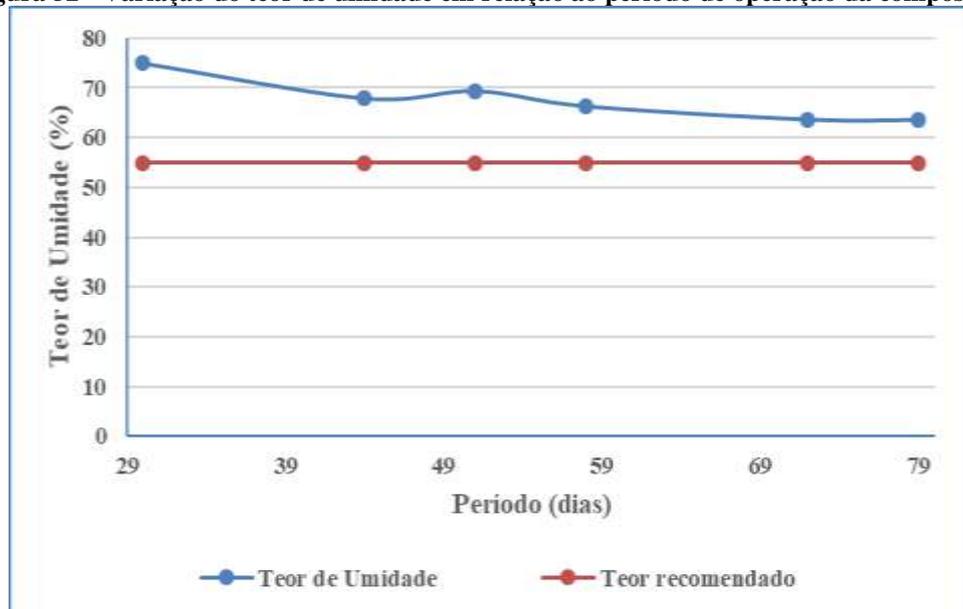
Após a implantação do sistema, o chorume foi coletado semanalmente, sendo armazenado e distribuído para sua devida utilização. O chorume coletado era diluído em água em uma proporção 1:10 e utilizado como biofertilizante na horta orgânica do hotel. Além disso, ao longo da operação da composteira foram doados aproximadamente 100 litros de chorume à Prefeitura João Pessoa, através da Secretaria de Educação. O órgão tinha como objetivo utilizá-lo como biofertilizante em projetos de educação ambiental, desenvolvidos em hortas localizadas nas escolas municipais da cidade.

Figura 50 - Bandeja utilizada para coleta do chorume gerado na composteira



Figura 51 - Sistema de armazenamento do chorume gerado na composteira

Até a implantação do sistema de coleta e armazenamento do chorume, o líquido gerado ficou acumulado por 20 dias na própria composteira, elevando bastante seu teor de umidade. Assim, afim de verificar a influência do chorume acumulado, a primeira análise do teor de umidade foi realizada no dia da implantação do sistema de coleta e armazenamento. A figura 52 ilustra a variação do teor de umidade em relação ao período de operação da composteira.

Figura 52 - Variação do teor de umidade em relação ao período de operação da composteira

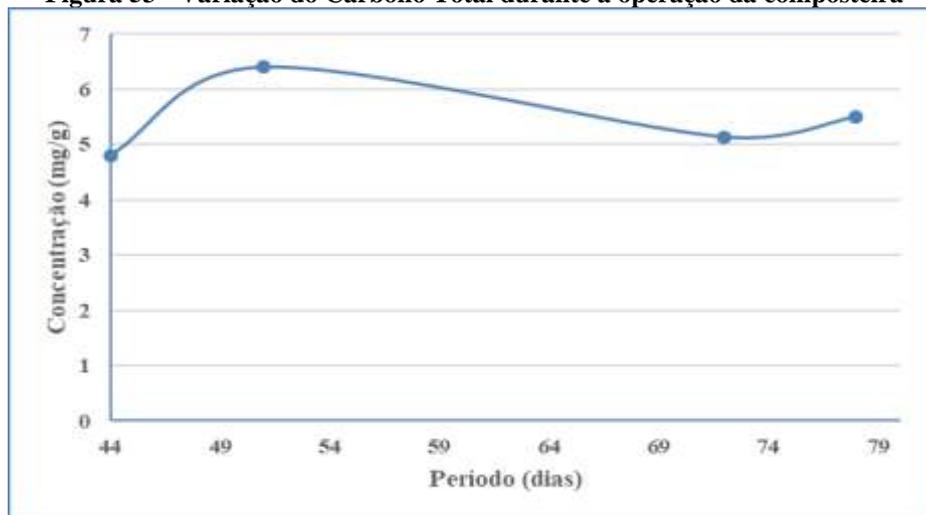
De acordo com a figura 52, o teor de umidade da composteira registrada na primeira análise foi de 75%. Esse alto percentual pode ser explicado pelo acúmulo de chorume durante os primeiros 20 dias de operação da composteira. Após a implementação

do sistema de coleta e armazenamento do chorume, o teor de umidade reduziu gradativamente, se estabilizando em 63% após 79 dias de operação, tendo um teor médio de 67%. Contudo, ainda segundo a figura 52, as análises indicam que o teor de umidade permaneceu acima do teor recomendado durante toda a operação da composteira (FEAM, 2002). O decréscimo no teor de umidade durante o processo de compostagem descentralizada também foi registrado em outras pesquisas, como Melo e Zanta (2016), que apontaram uma redução média de 79% para 58%. Bhave e Joshi (2017) relataram uma diminuição gradual de 75% para 40% ao longo da compostagem com resíduos orgânicos domésticos. Tal redução também foi apontada por Vich et al. (2017), em um processo de compostagem de resíduos orgânicos domiciliares com aparas de madeira.

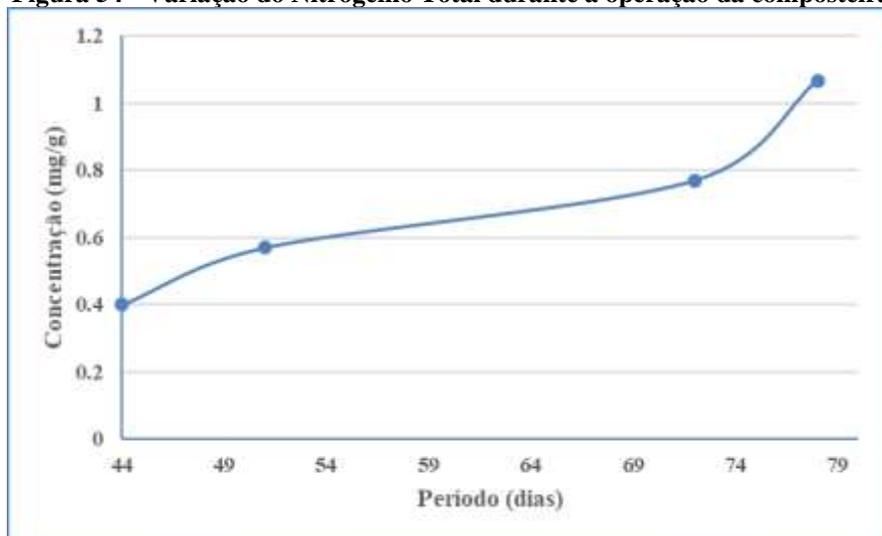
A fibra do coco foi utilizada como material seco para a cobertura dos resíduos orgânicos. O teor de umidade médio da composteira foi superior ao encontrado na vermicompostagem, onde foi utilizada a serragem, apresentando um teor de umidade médio de aproximadamente 60%. Essa diferença pode ser explicada pela maior eficiência da serragem em comparação à fibra de coco para reter umidade. Além disso, a compactação da composteira pode contribuir para manter o teor de umidade elevado, condição que não ocorreu durante a operação da unidade de vermicompostagem.

c) **Relação Carbono/Nitrogênio**

Diferentemente da vermicompostagem, a concentração do Carbono Total não foi decrescente ao longo de todo o período de operação da composteira (figura 53). A análise inicial indicou uma concentração de carbono de 4,80 mg/g, aumentando para 6,40 mg/g sete dias após a primeira análise. A concentração de Carbono Total final da composteira foi de 5,50 mg/g, correspondendo a 78 dias de operação, tendo uma concentração média de 5,45 mg/g. Esse resultado difere de Bhave e Kulkarni (2019) e Leal et al. (2013), que apresentaram uma redução da concentração de carbono ao longo do período de compostagem da matéria orgânica. Uma das justificativas para essa redução é o uso do carbono como fonte de energia para os microrganismos (BHAVE; JOSHI, 2017).

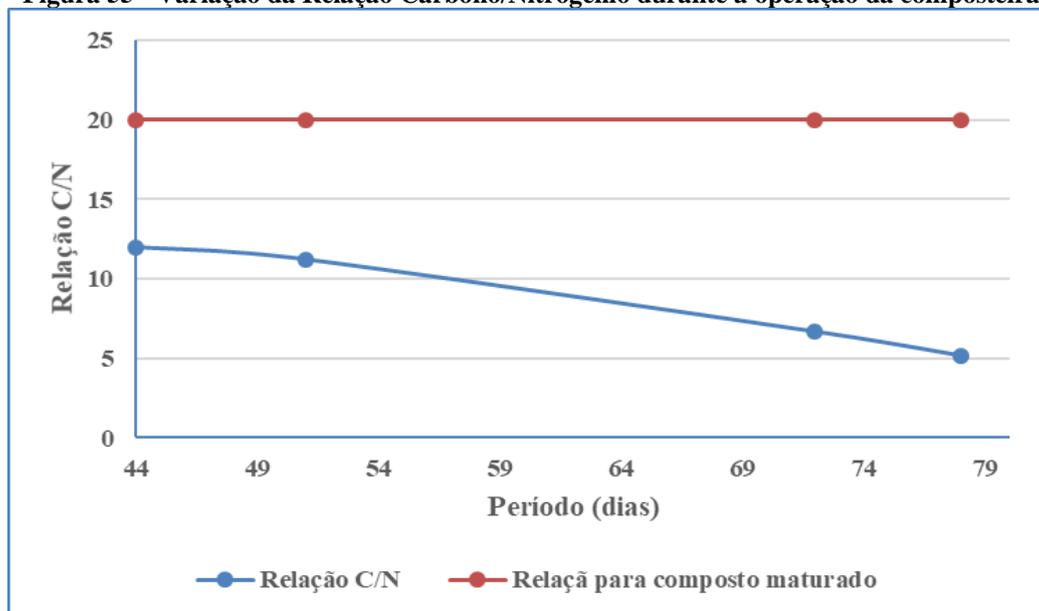
Figura 53 - Variação do Carbono Total durante a operação da composteira

Semelhante ao processo de vermicompostagem, a concentração do Nitrogênio Total ao longo da execução da composteira foi crescente (figura 54). A análise inicial resultou em uma concentração de 0,40 mg/g, correspondendo a 44 dias de operação, aumentando para 0,57 após sete dias. O Nitrogênio Total final da composteira foi de 1,06 mg/g, com uma média de 0,70 mg/g. Esse resultado corrobora Bhave e Kulkarni (2019), Ren et al. (2019), Zanta, Guedes e Queiroz (2019) e Leal et al. (2013), que relataram o aumento do teor de Nitrogênio Total ao longo do processo de compostagem. Esse aumento pode ser explicado pela redução da volatilização de amônia, redução da taxa de mineralização do nitrogênio em relação ao carbono (REN et al., 2019; MANU; KUMAR; GARG, 2019).

Figura 54 - Variação do Nitrogênio Total durante a operação da composteira

Assim como no resultado obtido na vermicompostagem, a relação C/N da composteira decaiu ao longo de sua operação (figura 55). Esse resultado corrobora Manu, Kumar e Garg (2019), Lima et al. (2017) e Leal et al. (2013). Essa redução se deve a concentração constante de carbono total e ao aumento do nitrogênio total.

Figura 55 - Variação da Relação Carbono/Nitrogênio durante a operação da composteira



A primeira análise de C/N foi realizada após a finalização da montagem da composteira, com 30 dias de operação, contudo, apresentou erro na leitura, que foi repetida 14 dias depois. Assim, a relação C/N da análise inicial foi de 12:1, estando abaixo do indicado por Inácio e Miller (2009). No entanto, essa relação corresponde ao 44º dia de operação da composteira, não sendo representativa para o início do processo de compostagem. A relação C/N ao final do período de operação da composteira foi de 5:1. É importante considerar a manutenção do composto por menos tempo, já que sua relação C/N final foi muito inferior a recomendada (BRASIL, 2017b).

A relação C/N indicada para o final do processo de compostagem é aquela abaixo de 20:1 (BRASIL, 2017b), sendo a relação menor que 18:1 um indicativo de que o composto orgânico está semicurado, e curado quando estiver inferior a 12:1 (CEMPRE, 2018a). Então, pode-se dizer que a maturação do composto orgânico oriundo da composteira foi alcançada com aproximadamente 44 dias de operação. A alimentação contínua da composteira é um fator que pode contribuir para que a matéria orgânica seja degradada de forma desigual em relação a sua ordem de destinação. Assim, os resíduos

orgânicos dispostos em um primeiro momento na composteira teriam um grau de estabilidade menor em comparação com os posteriores (ARRIGONI et al., 2018).

Logo, considera-se que essa estratégia de minimização obteve resultado satisfatório, visto que conseguiu reduzir a quantidade de resíduos orgânicos a serem dispostos no aterro sanitário da cidade de João Pessoa, com 866,2 kg sendo reciclados no próprio empreendimento hoteleiro. Tal resultado foi obtido com a operação de uma única composteira, podendo ser ampliado mediante a instalação de outras unidades. Assim como a vermicompostagem, a compostagem gerou um aditivo para o hotel, o composto orgânico. A qualidade desse insumo foi comprovada mediante análises da temperatura, teor de umidade e relação C/N.

Durante esta pesquisa, foram destinados 866,2 kg de resíduos orgânicos à compostagem, representando 17,15% do total gerado no período. A vermicompostagem mostrou capacidade para reciclar até 2,2% dos resíduos orgânicos gerados no hotel analisado. Logo, com a adoção destas estratégias de minimização, o hotel pode evitar o envio de até 19,35% de resíduos orgânicos para o aterro sanitário da cidade de João Pessoa. Esse percentual se aproxima da meta proposta no Plano Nacional de Resíduos Sólidos para o Nordeste, que diz que o envio de resíduos orgânicos para aterros deve ser reduzido em 20% até o ano de 2019 (BRASIL, 2012). Então, ambas estratégias conseguiram cumprir com seus objetivos, reduzindo a destinação e disposição ambientalmente inadequada dos resíduos orgânicos gerados no empreendimento hoteleiro.

5.2.4 Aplicação do Vermicomposto e Composto Orgânico

Com a finalização dos ciclos de alimentação, o vermicomposto ficou em repouso por 30 dias, até sua maturação. Para o primeiro ciclo, a produção do vermicomposto foi finalizada com aproximadamente 110 dias, desde a alimentação dos minhocários até sua maturação. O segundo ciclo durou aproximadamente 100 dias, desde a alimentação até a maturação do composto. De acordo com Singh e Shrivastava (2018), a produção de um adubo orgânico convencional leva no mínimo um ano, enquanto o vermicomposto foi produzido com aproximadamente quatro meses. Para a compostagem, o período de degradação ativa do composto orgânico foi de 72 dias, sendo o mesmo produzido em aproximadamente 130 dias, desde a alimentação da composteira até a maturação do composto orgânico.

As unidades de vermicompostagem e compostagem produziram 136 kg de vermicomposto e 440 kg de composto orgânico, respectivamente, totalizando 576 kg de fertilizante orgânico. Após a maturação do vermicomposto e do composto orgânico, ambos foram utilizados na horta orgânica do hotel, fazendo com que o empreendimento economizasse com a compra de fertilizantes e proporcionando o aumento da qualidade do solo, por meio do uso de um composto rico em macro e micronutrientes (YADAV; GARG, 2019; RUPANI et al., 2018; BALASUBRAMANIAN et al., 2013; PADMAVATHIAMMA; LI; KUMARI, 2008). O excedente foi doado para os clientes do empreendimento, hortas comunitárias e produtores orgânicos. As figuras a seguir ilustram o vermicomposto e o composto orgânico aplicados na horta orgânica do hotel.

Figura 56 - Fertilizante orgânico distribuído para hóspedes e funcionários do hotel



Figura 57 - Fertilizante orgânico aplicado na horta do hotel



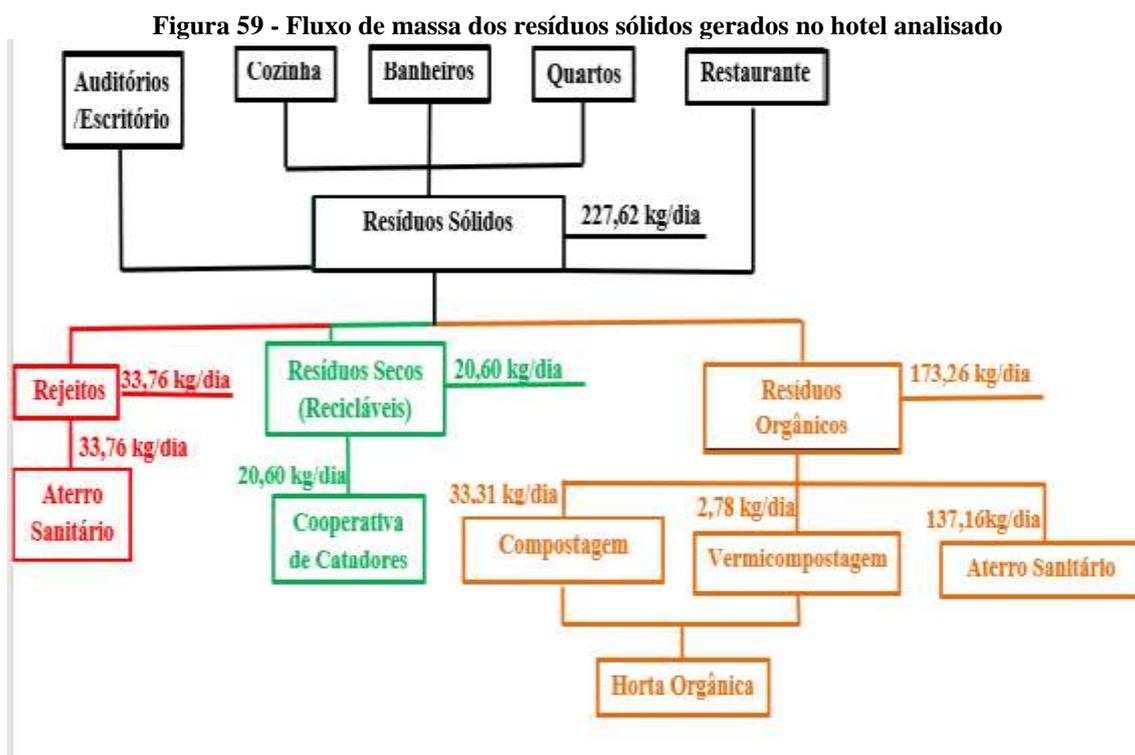
Figura 58 - Horta Orgânica após aplicação do fertilizante orgânico

5.3 REDUÇÃO DA TAXA DE DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO SETOR HOTELEIRO

Os resultados anteriores demonstraram que 100% dos resíduos recicláveis (secos) são destinados a cooperativas de catadores e aproximadamente 19% dos resíduos orgânicos gerados no empreendimento são reciclados, por meio de compostagem e vermicompostagem. Ao longo da pesquisa, foram reciclados aproximadamente 5000 kg de resíduos sólidos, a uma taxa de 56,70 kg/dia, representados por 33,31 kg/dia de resíduos orgânicos destinados a compostagem, 2,78 kg/dia encaminhados para vermicompostagem e 20,60 kg/dia de resíduos secos coletados por uma cooperativa de catadores.

Assim, a pesquisa obteve como resultado a redução de 56,70 kg/dia de resíduos sólidos a serem dispostos de forma ambientalmente inadequada no aterro sanitário da cidade de João Pessoa, sendo destinados para compostagem, vermicompostagem e reciclagem. A forma de disposição ambientalmente adequada dos rejeitos é o aterro sanitário (BRASIL, 2010a). Portanto, somando a taxa de geração de rejeitos (33,76 kg/dia) com os resíduos reciclados (56,70 kg/dia), temos que 90,45 kg/dia de resíduos sólidos foram destinados de forma ambientalmente adequada no hotel analisado durante a pesquisa.

A partir da taxa de resíduos reciclados, a destinação dos resíduos sólidos ao aterro sanitário de João Pessoa foi reduzida de 1,343 kg/pessoa.dia para 1,008 kg/pessoa.dia, representando 24,91% a menos de resíduos a serem dispostos no aterro sanitário diariamente. Dessa forma, 137,16 kg/dia de resíduos orgânicos ainda seriam dispostos de forma ambientalmente inadequada e, em conjunto com os rejeitos, totalizam 170,92 kg/dia de resíduos dispostos no aterro sanitário da cidade de João Pessoa. A figura 59 ilustra o fluxo de massa dos resíduos sólidos gerados no empreendimento hoteleiro.



As estratégias de minimização apresentaram potencial para destinar de forma ambientalmente adequada cerca de 85% os resíduos sólidos gerados no hotel. Para que isso seja viável, é necessário que haja um melhor aproveitamento da unidade de vermicompostagem e a instalação de novas composteiras. A primeira condição poderia ser alcançada pelo aumento na taxa de destinação de resíduos orgânicos aos minhocários, reduzindo o tempo necessário para a realização do ciclo de alimentação e maturação do composto.

A composteira mostrou capacidade para reciclar aproximadamente 17% dos resíduos orgânicos gerados pelo hotel, sendo necessário um ciclo com cinco composteiras para garantir a destinação contínua dos resíduos orgânicos para essa estratégia de minimização. Assim, para que todos os resíduos orgânicos sejam reciclados a partir da

compostagem, em composteiras das dimensões aqui adotadas, e com o mesmo sistema de operação, são necessárias um total de 25 composteiras, operando em ciclo, de modo que cinco sejam operadas simultaneamente.

Contudo, essa ampliação depende do aporte financeiro do hotel e da disponibilidade de área, para que possam ser instaladas novas composteiras. O custo para implantação desse sistema seria de aproximadamente R\$ 36.000,00. Os resíduos sólidos gerados pelo hotel são compostos por 76% de orgânicos e sua destinação à compostagem poderá reduzir o volume coletado pela empresa municipal. Atualmente, o hotel paga uma taxa mensal de aproximadamente R\$ 2.000,00 referente a coleta de seus resíduos, no entanto, com a redução do volume a ser coletado, essa taxa pode ser diminuída. Considerando a redução da taxa proporcional à redução do volume, com uma diminuição de 76%, a taxa de coleta passaria a ser de R\$ 480,00, e o investimento com a instalação do sistema poderá ser recuperado em aproximadamente 24 meses.

Portanto, há um cenário hipotético e potencial onde todos os resíduos orgânicos gerados seriam destinados para compostagem, os resíduos recicláveis às cooperativas de catadores e apenas os rejeitos seriam dispostos no aterro sanitário da cidade de João Pessoa. A partir do cenário proposto, é possível estimar um valor de geração per capita para a unidade hoteleira investigada e uma taxa potencial de destinação de resíduos sólidos ao aterro da cidade (figura 60).

Figura 60 - Comparativo entre as taxas de geração com e sem a aplicação de estratégias de minimização



A taxa de geração de resíduos sólidos do hotel analisado é de 1,343 kg/pessoa.dia. Esse dado é fundamental para o dimensionamento adequado da infraestrutura referente ao gerenciamento de resíduos, como as instalações de armazenamento, deliberando a quantidade de coletores, por exemplo, logística de coleta (frequência, horários etc.), e a definição das melhores estratégias de reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos.

Conforme a figura 60, a aplicação de estratégias de minimização apresenta um potencial para reduzir a taxa de destinação per capita de resíduos sólidos ao aterro sanitário para 0,199 kg/pessoa.dia, taxa referente à geração de rejeitos, desde que todos os resíduos orgânicos gerados pelo hotel sejam reciclados por meio compostagem, e que os resíduos secos continuem sendo destinados à cooperativa de catadores. Assim sendo, tais estratégias se mostram eficazes na redução da disposição ambientalmente inadequada de resíduos sólidos em aterros sanitários, diminuindo a degradação social e ambiental decorrente da prática.

6. CONCLUSÃO

A taxa média de geração per capita dos resíduos sólidos no hotel foi de 1,343 kg/pessoa.dia, tendo variado de 1,114 kg/pessoa.dia a 1,652 kg/pessoa.dia. A produção de resíduos orgânicos é um fator que afeta bastante a taxa de geração per capita de resíduos sólidos, uma vez que os maiores valores para a taxa foram identificados em meses onde a geração de resíduos orgânicos foi elevada. Os resíduos produzidos pelo empreendimento são constituídos primordialmente por resíduos orgânicos (76,12%), seguidos por rejeitos (14,83%) e de resíduos recicláveis secos (9,05%). Assim, o hotel em questão mostra um grande potencial para a reciclagem, já que 85% (soma de orgânicos e secos) de seus resíduos sólidos são passíveis de reciclagem, o que reduziria a disposição desses resíduos no aterro sanitário local.

As estratégias aplicadas para a minimização do fluxo de resíduos a serem dispostos no aterro sanitário (coleta seletiva para reciclagem, sistema vermicompostagem e compostagem) se mostraram eficazes no atendimento da PNRS, pois apresentaram impacto positivo na redução de resíduos sólidos a serem destinados ao aterro sanitário da cidade de João Pessoa. Essas iniciativas poderiam aumentar substancialmente a vida útil do equipamento, uma vez que a taxa de destinação per capita foi reduzida em mais de 24%, passando de 1,343 para 1,008 kg/pessoa.dia. Caso a totalidade dos resíduos orgânicos fosse tratada via compostagem e/ou vermicompostagem, tal taxa se reduziria a 0,199 kg/pessoa.dia, referente apenas aos rejeitos gerados no hotel, representando uma redução de 85% dos resíduos a serem destinados ao aterro sanitário. Destaca-se, ainda, que as estratégias de minimização são de fácil replicação, não sendo necessário mão de obra especializada, podendo ser implantadas em outros estabelecimentos de mesma natureza. Portanto, conclui-se que esta pesquisa pôde contribuir para o gerenciamento e gestão integrada dos resíduos sólidos gerados no hotel analisado.

7. REFERÊNCIAS

ABDOLI, M. A.; OMRANI, G.; SAFA, M.; SAMAVAT, S. Comparison between aerated static piles and vermicomposting in producing co compost from rural organic wastes and cow manure. **Int. J. Environ. Sci. Technol**, v. 16, p. 1551–1562, 2019.: [10.1007/s13762-017-1607-5](https://doi.org/10.1007/s13762-017-1607-5)

ABDULREDHA, M.; AL KHADDAR, R.; JORDAN, D.; KOT, P.; ABDULRIDHA, A.; HASHIM, K. Estimating solid waste generation by hospitality industry during major festivals: A quantification model based on multiple regression. **Waste Management**, v. 77, p. 388–400, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.025>

ALI, N. E. H.; SIONG, H. C. **Social Factors Influencing Household Solid Waste Minimisation**. MATEC Web of Conferences. Kuala Lumpur, Malásia, 2016.

AL-KHATIB, I. A.; MONOU, M.; ZAHRA, A. S. F.A.; SHAHEEN, H. Q.; KASSINOS, D. Solid waste characterization, quantification and management practices in developing countries. A case study: Nablus district – Palestine. **Journal of Environmental Management**, v. 91, p.1131–1138, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.01.003>

ANDRADE, A. T. S.; ALCÂNTARA, R. L. Resíduos Sólidos Urbanos e Impactos Socioambientais no Bairro “Lagoa do Ferreiro”, Assu/RN. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria**, v. 20, n. 1, p. 16-31. 2016.

AQUINO, A. M. de. Aspectos práticos vermicompostagem. In: Adriana Maria de Aquino; Renato Linhares de Assis. (Org.). **Agroecologia: Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003, p. 423-434.

ARBULÚ, I.; LOZANO, J.; MAQUIEIRA, R. J. Tourism and solid waste generation in Europe: A panel data assessment of the Environmental Kuznets Curve. **Waste Management**, v. 46, p. 628–636, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.04.014>.

ARORA, M.; KAUR., A. Azolla pinnata, Aspergillus terreus and Eisenia fetida for enhancing agronomic value of paddy straw. **Scientific Reports**, v. 9, 2019. [10.1038/s41598-018-37880-1](https://doi.org/10.1038/s41598-018-37880-1)

ARRIGONI, J.P.; PALADINO, G.; GARIBALDI, L.A.; LAOS, F. Inside the small-scal composting of kitchen and garden wastes: thermal performance and stratification effect in vertical compost bins. **Waste Manag**, v. 76, p. 284-293, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.03.010>

ARRIGONI, J. P.; PALADINO, G. L.; LAOS, F. Feasibility and Performance Evaluation of Different Low-Tech Composter Prototypes. **International Journal of Environmental Protection**, v. 5, p. 1-8, 2015. 10.5963/IJEP0501001

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10004: resíduos sólidos - classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13591:** Compostagem. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12980:** Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8419:** Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.** São Paulo: ABRELPE, 2018. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/panorama>. Acesso em: 20 jan. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.** São Paulo: ABRELPE, 2016. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/download-panorama-2016/>. Acesso em: 20 jan. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.** São Paulo: ABRELPE, 2015. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/download-panorama-2015/>. Acesso em: 28 jan. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.** São Paulo: ABRELPE, 2014. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/download-panorama-2014/>. Acesso em: 28 jan. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.** São Paulo: ABRELPE, 2013. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/download-panorama-2013/>. Acesso em: 15 jan. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.** São Paulo: ABRELPE, 2012. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/download-panorama-2012/>. Acesso em: 14 jan. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.** São Paulo: ABRELPE, 2011. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/download-panorama-2011/>. Acesso em: 14 jan. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.** São Paulo: ABRELPE, 2010. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/download-panorama-2010/>. Acesso em: 16 jan. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo: ABRELPE, 2009. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/download-panorama-2009/>. Acesso em: 16 jan. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo: ABRELPE, 2008. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/download-panorama-2009/>. Acesso em: 16 jan. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo: ABRELPE, 2007. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/download-panorama-2016/>. Acesso em: 16 jan. 2019.

AYENEHBAND, A.; GOROOEI, A.; MOEZZI, A. A. Vermicomposting: An Eco-Friendly Technology for crop residue management in organic agriculture. **Energy Procedia**, Berlin, p. 667-671, set. 2017. 141. Trabalho apresentado no 4th International Conference on Power and Energy Systems Engineering, 2017, [Berlin, Alemanha].

BALASUBRAMANIAN, D.; ARUNACHALAM, K.; ARUNACHALAM, V. Water hyacinth [*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.] engineered soil nutrient availability in a low-land rain-fed rice farming system of north-east India. **Ecol Engineering**, v. 58, p. 3–12, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.06.001>

BALL, S.; TALEB, M. A. Benchmarking waste disposal in the Egyptian hotel industry. **Tourism and Hospitality Research**, v. 11, p. 1-18, 2011. <https://doi.org/10.1057/thr.2010.16>

BARRENA, R.; FONT, X.; GABARRELL, X.; SÁNCHEZ, A. Home composting versus industrial composting: Influence of composting system on compost quality with focus on compost stability. **Waste Management**, v. 34, p. 1109–1116, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2014.02.008>

BASHIR, S.; GOSWAMI, S. Tourism induced Challenges in Municipal Solid Waste Management in Hill Towns: Case of Pahalgam. **Procedia Environmental Sciences**, v. 35, p. 77 – 89, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.048>

BHAVE, P.P.; KULKARNI, B. N. Effect of active and passive aeration on composting of household biodegradable wastes: a decentralized approach. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 8, p. 335-344, 2019. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40093-019-00306-7>

BHAVE, P.; JOSHI, Y. S. Accelerated In-vessel Composting for Household Waste. **J. Inst. Eng. India Ser. A**, v. 98, n. 4, p. 367–376, 2017. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40030-017-0258-3>

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos, São Paulo, 1999: EESC-USP.

BORTOLOTTI, A.; KAMPELMANN, S.; MUYNCK, S. Decentralised Organic Resource Treatments e Classification and comparison through Extended Material Flow Analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 183, p. 515-526, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.104>

BRASIL. Ministério do Turismo. **Plano Nacional de Turismo 2018-2022- Mais emprego e renda para o Brasil**. Brasília, DF: Ministério do Turismo, 2018. Disponível em: <http://www.unirio.br/cch/escoladeturismologia/pasta-virtuais-de-docentes/izabel-cristina-augusto-de-souza-faria/marketing-turistico/plano-nacional-de-turismo-2018-2022-1/view>. Acesso em: 21 de jun. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Compostagem Doméstica, Comunitária e Institucional de Resíduos Orgânicos – Manual de Orientação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2017a. Disponível em: < http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/municipioverdeazul/2016/07/rs6-compostagem-manualorientacao_mma_2017-06-20.pdf> Acesso em: 12 de jun. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 481, de 3 de outubro de 2017**. Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2017b. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=728>. Acesso em: 22 de jan. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2012. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/253/publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf>. Acesso em: 29 de jun. 2019.

BRASIL. **Lei Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, 2 ago. 2010a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 15 de jul. 2019.

BRASIL. Ministério do Turismo. **Cartilha de Orientação Básica – Sistema Brasileiro de Classificação de Meios de Hospedagem**. Brasília, DF: Ministério do Turismo, 2010b. Disponível em: http://www.turismo.gov.br/sites/default/turismo/programas_acoes/Arquivos/1_CARTILHA_PROCESSO_CLASSIFICAxO.pdf. Acesso em 14 de jun. 2019.

BRASIL. **Lei Nº 11.771 de 17 de setembro de 2008**. Dispõe sobre a Política Nacional de Turismo, define as atribuições do Governo Federal no planejamento, desenvolvimento e estímulo ao setor turístico; revoga a Lei no 6.505, de 13 de dezembro de 1977, o Decreto-Lei no 2.294, de 21 de novembro de 1986, e dispositivos da Lei no 8.181, de 28 de março de 1991; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Ato2007-2010/2008/Lei/L11771.htm. Acesso em: 29 de jun. 2019.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 275, de 25 de abril de 2001. Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, nº 117-E, p. 80, 19 jun. 2001. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=273>. Acesso em: 22 de jan. 2019.

BRIETZKE, D. T. **Avaliação do processo de compostagem considerando a relação Carbono/Nitrogênio**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, Rio Grande do Sul, 2016.

CONTRERAS-RAMOS, S. M.; ESCAMILLA-SILVA, E. M.; DENDOOVE, Vermicomposting of biosolids with cow manure and oat straw. **Biol Fertil Soils**, v. 41, p. 190 – 198, 2005. 10.1 007/~OO374-004-0821-8

COOPERATIVA EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **Lixo Municipal – Manual do Gerenciamento Integrado**. São Paulo, SP: CEMPRE, 2018a. Disponível em: [http://www.turismo.gov.br/sites/default/turismo/programas_acoes/Arquivos/1 CARTILHA PROCESSO CLASSIFICAxO.pdf](http://www.turismo.gov.br/sites/default/turismo/programas_acoes/Arquivos/1_CARTILHA_PROCESSO_CLASSIFICAxO.pdf). Acesso em: 31 de jul. 2019.

COOPERATIVA EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **Pesquisa Ciclosoft 2018**. São Paulo, SP: CEMPRE, 2018b. Disponível em: <http://cempre.org.br/ciclosoft/id/9>. Acesso em 31 de jul. 2019.

COTTA, J. A. P. O.; CARVALHO, N. L. C.; BRUM, T. S.; REZENDE, M. O. O. Compostagem versus vermicompostagem comparação das técnicas utilizando resíduo vegetais, esterco bovino e serragem. **Eng Sanit Ambient**, v. 20, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522015020000111864>

DANGI, M. B.; PRETZ, C. R.; URYNOWICZ, M. A.; GEROW, K. G.; REDDY, J. M. Municipal solid waste generation in Kathmandu, Nepal. **Journal of Environmental Management**, v. 92, p. 240-249, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.09.005>

EL-HADDAD, M. E.; ZAYED, M. S.; EL-SAYED, G.; HASSANEIN, M. K.; ABD, ES. A. M. Evaluation of compost, vermicompost and their teas produced from rice straw as affected by addition of different supplements. **Annals of Agricultural Science**, v. 59, n. 2, p. 243–251, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aosas.2014.11.013>

EUROSTAT. **Municipal waste statistics**. 2017. Disponível em: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics#Further_Eurostat_information. Acesso em: 30 de set. 2019.

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. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.019>

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Como Destinar os Resíduos Sólidos Urbanos**. 3ª edição, 2002.

GHADBAN, S.; SHAMES, M.; MAYALEH, H. A. Trash Crisis and Solid Waste Management in Lebanon-Analyzing Hotels' Commitment and Guests' Preferences. **Journal of Tourism Research Hospitality, SciTechnol**, v. 6, n. 3, 2017. 0.4172/2324-8807.1000171

GOSWAMI, L.; PRATIHAR, S.; DASGUPTA, S.; BHATTACHARYYA, P.; MUDOI, P.; BORA, J.; BHATTACHARYA, S. S.; KIM, K. K. Exploring metal detoxification and accumulation potential during vermicomposting of Tea factory coal ash: sequential extraction and fluorescence probe analysis. **Scientific Reports**, v. 6, 2016. <https://doi.org/10.1038/srep30402>

GOUVEIA, N. Resíduos Sólidos Urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1503-1510, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csc/v17n6/v17n6a14.pdf>. Acesso em: 14 de out. 2018.

GUIDONI, L. L. C.; PERUCHINI, B.; CORRÊA, L. B.; MARQUES, R. V.; VIEIRA, L. A.; SIQUEIRA, T. M.; CORRÊA, E. A. Solid waste generation in a hotel event service. **Rev. Int. Contam. Ambiente**, v. 34, n. 2, p. 237-247, 2018. <http://dx.doi.org/10.20937/rica.2018.34.02.05>.

HACH. **Water Analysis Handbook**. Hach Company, 9ª edição, 2014a. Disponível em <https://www.hach.com/wah>. Acesso em: 20 de ago. 2018.

HACH. **Water Analysis Handbook**. Hach Company, 10ª edição, 2014b. Disponível em <https://www.hach.com/wah>. Acesso em: 20 de ago. 2018.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de Serviços de Hospedagem**: 2016. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100623.pdf>. Acesso em: 20 de out. 2018.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos**: Relatório de Pesquisa. Brasília, DF: Governo Federal, 2012. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urbanos.pdf. Acesso em: 12 de nov. 2019.

INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Saúde desperdiçada**: o caso dos lixões. 2015. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/download-saude-desperdicada/>. Acesso em: 02 de out. 2018.

INTHARATHIRAT, R.; SALAM, P. A.; KUMAR, S.; UNTONG, A. Forecasting of municipal solid waste quantity in a developing country using multivariate grey models. **Waste Manage**, v. 39, p. 3–14, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.01.026>

LEAL, M. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A.; ARAÚJO, E. S. Compostagem de misturas de capim-elefante e torta de mamona com diferentes relações C:N. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 17, p. 1195–1200, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013001100010>.

LIMA, C.B.; LIMA, L.M.; BRANDÃO, M.L.; ZANTA, V.M.; VICH, D.V.; QUEIROZ, L.M. Composting as an alternative for final disposal of digested sludge from UASB reactors: A case study in the small municipalities of the State of Bahia, Brazil. **Waste Biomass Valorization**, v. 9, p. 2275-2283, 2018. <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0410-y>

LIMA, L. C.; FIA, R.; RIBEIRO, A. G. C.; HASHIZUME, B. M.; SOARES, R. A. Qualidade do composto gerado no tratamento de resíduo sólidos de restaurante e diferentes resíduos orgânicos. **Revista Engenharia na Agricultura**, v 25, n. 5, p. 407-416, 2017. <https://doi.org/10.13083/reveng.v25i5.812>

LUIZ, L. M.; ROSENDO, J. S. Identificação dos impactos ambientais decorrentes dos resíduos sólidos produzidos na área urbana do município de Capinópolis-MG. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research médium**, v. 3, n. 1, p. 182-200. Uberlândia, 2012.

MAHALY, M.; SENTHILKUMAR, A. K.; ARUMUGAM, S.; KALIYAPERUMAL, C.; KARUPANNAN, N. Vermicomposting of distillery sludge waste with tea leaf residues. **Sustainable Environment Research**, v. 28, p. 223-227, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.serj.2018.02.002>

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**, v. 226, p. 233-241, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.350>

MATTER, A.; DIETSCHI, M.; ZURBRÜGG, C. Improving the informal recycling sector through segregation of waste in the household - The case of Dhaka Bangladesh. **Habitat International**, v. 38, p.150 -156, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2012.06.001>

MELO, S. L.; ZANTA, V. M. Análise do uso de compostagem doméstica em conjuntos habitacionais de interesse social na cidade de São Domingos – Bahia. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v. 4, n. 2, p.169-180, 2016. <http://dx.doi.org/10.9771/gesta.v4i2.14395>

MUNÓZ, E; NAVIA, R. Waste management in touristic regions. **Waste Management & Research**, v. 33, n. 7, p. 593–594, 2015. <https://doi.org/10.1177/0734242X15594982>

ONWOSI, C. O.; IGBOKWE, V. C.; ODIMBA, J. N.; EKE, I. E.; NWANKWOALA, M. O.; IROH, I. N.; EZEUGU, L.I. Composting technology in waste stabilization: on the

methods, challenges and future prospects. **J. Environ. Manag**, v. 190, p. 140 – 157, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.051>

OWAMAH, I. H.; IZINYON, O.C.; IGBINWEKAN, P. Characterization and quantification of solid waste generation in the Niger Delta Region of Nigeria: a case study of Ogbe-Ijoh community in Delta State. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 19, n. 1, p. 366-373, 2017. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10163-015-0426-3>

PADMAVATHIAMMA, P. K.; LI, L. Y.; KUMARI, U. R. An experimental study of vermi-biowaste composting for agricultural soil improvement. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 1672-1681, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.04.028>.

PAI, S.; AI, N.; ZHENGE, J. Decentralized community composting feasibility analysis for residential food waste: A Chicago case study. **Sustainable Cities and Society**, v. 50, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101683>

PAPARGYROPOULOU, E.; WRIGHT, N.; LOZANO, R.; STEINBERGER, J.; PADFIELD, R.; UJANG, Z. Conceptual framework for the study of food waste generation and prevention in the hospitality sector. **Waste Management**, v. 49, p. 326–336, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.01.017>

PARTHASARATHI, K.; BALAMURUGAN, M.; PRASHIJA, K. V.; JAYANTHI, L.; BASHA, S. A. Potential of *Perionyx excavatus* (Perrier) in lignocellulosic solid waste management and quality vermifertilizer production for soil health. **Int J Recycl Org Waste Agricult**, v. 5, p. 65–86, 2016. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40093-016-0118-6>

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem**. Belo Horizonte: UNICEF, 1996.

PEREIRA, M. D. B.; MONTEIRO, D. C. S.; SILVA, N. T.; MOURA, M. O. Avaliação quantitativa das precipitações diárias intensas na cidade de João Pessoa, Paraíba. **Revista Geonorte**, v.1, n. 5, p. 921 – 929, 2012.

PERUCHINN, B.; FERRÃO, A. L. L. C.; GUIDONI, L. L. C.; CORRÊA, E. K.; CORRÊA, L. B. Estudo da geração dos resíduos sólidos em hotel. **Revista Turismo - Visão e Ação – Eletrônica**, v. 17, n. 2, 2015. <http://dx.doi.org/10.14210/rtva.v17n2.p301-322>

PHU, S. T. P.; FUJIWARA, T.; HOGANG, M. G.; PHAM, V. D.; THAN, M. T. Waste separation at source and recycling potential of the hotel industry in Hoi An city, Vietnam. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 21. p. 23-34. 2019. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10163-018-0807-5>

PHU, S.T. P.; HOANG, M.G.; FUJIWARA, T. Analyzing solid waste management practices for the hotel industry. **Global J. Environ. Sci. Manage**, v. 4, n. 1, p. 19-30, 2018. [10.22034/GJESM.2018.04.01.003](https://doi.org/10.22034/GJESM.2018.04.01.003)

PIGATIN, L. B. F.; ATOLOYE, I. A.; OBIKOYA, O. A.; BORSATO, A. V.; REZENDE, M. O. O. Chemical study of vermicomposted agroindustrial wastes. **Int J Recycl Org**

Waste Agricult., v. 5, p. 55–63, 2016. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40093-016-0117-7>

PIRANI, S.I.; ARAFAT, H.A. Solid waste management in the hospitality industry: a review. **J. Environ. Manage.**, v. 146, p. 320–336. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.038>

PIRES, C. S. **O tratamento dos resíduos orgânicos como cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos: Análise dos planos municipais da bacia do Alto do Tietê**. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 2013. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-06062013-104852/pt-br.php>. Acesso em: 20 de mar. 2019.

REN, X.; WANG, Q.; AWASTHI, K. M.; ZHAO, J., WANG, J.; LIU, T.; LI, R.; ZHANG, Z. Improvement of cleaner composting production by adding Diatomite: From the nitrogen conservation and greenhouse gas emission. **Bioresource Technology**, v. 286, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121377>

RUPANI, P. F.; EMBRANDIRI, A.; IBRAHIM, M. H.; GHOLEA, V.; LEES, C.T.; ABRASPOUR, M. Effects of different vermicompost extracts of palm oil mill effluente and palm-pressed fiber mixture on seed germination of mung bean and its relative toxicity. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, p. 35805–35810, 2018. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11356-018-1875-8>

SAKAI, E.; MENDES, L. K. T. Minhocário como solução para o lixo orgânico da Escola Municipal Parque da Mangueira, Paraty, Rj. **Educação Ambiental BE-597**, v. 4, 2011.

SHARMA, K.; GARG, V. K. Comparative analysis of vermicompost quality produced from rice straw and paper waste employing earthworm *Eisenia fetida* (Sav.). **Bioresource Technology**, v. 250, p. 708–715, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.11.101>

SHRESTHA, K.; SHRESTHA, P. M.; ADETUTU, E.; WALSH, K. B.; HARROWER, K. M.; BAL, A. S.; MIDMORE, D. J. Changes in microbial and nutrient composition associated with rumen content compost incubation. **Bio resource Technol**, v. 102, p. 3848–3854, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.11.087>

SINGH, N.; CRANAGE, D. A.; NATHA, A. Estimation of GHG Emission from Hotel Industry. *Anatolia – An International Journal of Tourism and Hospitality Research*, v. 25, p. 39–48, 2014. <https://doi.org/10.1080/13032917.2013.822817>

SINGH, P.; SHRIVASTAVA, R. Vermicomposting: a clean and green technology for organic waste management. **World Journal of Pharmaceutical Research**, v. 7, n. 9, p. 1518-1522, 2018. 10.20959/wjpr20189-12146

SOARES, J. D. R.; REZENDE, R. A. L. S.; REZENDE, R. M.; BOTREL, E. P.; CARVALHO, A. M. Compostagem de resíduos agrícolas: uma fonte de substâncias húmicas. **Scientia Agraria Paranaensis – Sci. Agrar. Parana**, v. 16, n. 4, p. 414 – 421, 2017.

STORINO, F.; ARIZMENDIARRIETA, J. F.; IRIGOYEN, I.; MURO, J.; TEJO-APARICIO, P.M. Meat waste as feedstock for home composting: Effects on the process and quality of compost. **Waste Management**, v. 56, p. 53–62, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.07.004>

SUBBIAH, K.; KANNAN, S. The Eco-friendly Management of Hotel Industry. *In: International Conference on Green Technology and Environmental Conservation - GTEC*. 2011.

TATANO, F.; PAGLIANO, G.; DI GIOVANNI, P.; FLORIANI, E.; FILIPPO, M. Biowaste home composting: experimental process monitoring and quality control. **Waste Manag.**, v. 38, p. 72-85, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.12.011>

TEJADA, M.; GARCÍA-MARTÍNEZ, A. M.; PARRADO, J. Effects of a vermicompost composted with beet vinasse on soil properties, soil losses and soil restoration. **Catena**, v. 77, p. 238–247, 2009. [10.1016/j.catena.2009.01.004](https://doi.org/10.1016/j.catena.2009.01.004)

TING, L. S.; YEE, T. S.; WAI, C. W. Preferred Attributes of Waste Separation Behaviour: An Empirical Study. **Procedia Engineering**, v. 145, p. 738 – 745, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.094>

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Organic Waste Management in Latin America: Challenges and Advantages of the Main Treatment Options and Trends**. 2017. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/onu-meio-ambiente-ingles/>>. Acesso em: 12 de ago. 2019.

VICH, D. V.; MIVAMOTO, H. P.; QUEIROZ, L. M.; ZANTA, V. M. Household food-waste composting using a small-scale composter. **Rev. Ambient. Água**, v. 12, n. 5, 2017. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1908>

WORLD TRAVEL & TOURISM COUNCIL. **Travel & Tourism: Global economic impact & issues 2018**. London, United Kingdom: 2018a.

WORLD TRAVEL & TOURISM COUNCIL. **Travel & Tourism. Economic Impact 2018 Brazil**. London, United Kingdom: 2018b.

WORLD TRAVEL & TOURISM COUNCIL. **Travel & Tourism. Economic impact 2017 world**. London, United Kingdom: 2017.

WORLD TOURISM ORGANIZATION. **Tourism for Development- Volume I: Key Areas for Action**. Madrid: 2018. Disponível em: <https://www.e-unwto.org/doi/book/10.18111/9789284419722> . Acesso em: 15 de mai. 2019.

YADAV, A.; GARG, V. K. Biotransformation of bakery industry sludge into valuable product using vermicomposting. **Bioresource Technology**, v. 274, p. 512–517, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.12.023>

YADAV, A.; GARG, V. K. Vermiconversion of biogas plant slurry and parthenium weed mixture to manure. **Int J Recycl Org Waste Agricult**, v. 5, p. 301–309, 2016. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40093-016-0140-8>

ZANTA, V. M.; GUEDES, A.R.P.; QUEIROZ, L.M. Nutrient recovery from human urine by small scale composting process. *In: 7h International Conference on Sustainable Solid Waste Management, 2019, Heraklion, Creta Grecia. 7h International Conference on Sustainable Solid Waste Management, 2019.* v. 1. p. 1-8.

ZHU, L.; ZHAO, Y.; ZHANG, W.; ZHOU, H.; CHEN, X.; LI, Y.; WEI, D.; WEI, Z. Roles of bacterial community in the transformation of organic nitrogen toward enhanced bioavailability during composting with different wastes. **Bioresource Technology**, v. 285, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121326>

ZORPAS, A. A.; VOUKKALI, I.; LOIZIA, P. The impact of tourist sector in the waste management plans. **Desalination and Water Treatment**, v. 1, n. 9. 2014. <http://dx.doi.org/10.1080/19443994.2014.934721>