

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**DENISE MAKI OTA**

**QUANTIFICAÇÃO DA FRAÇÃO ORGÂNICA, RECICLÁVEL E DE REJEITOS  
GERADOS EM CONDOMÍNIO VERTICAL EM LONDRINA: POTENCIALIDADES  
PARA A COLETA SELETIVA E A IMPLANTAÇÃO DE PÁTIO DE  
COMPOSTAGEM**

**LONDRINA**

**2023**

**DENISE MAKI OTA**

**QUANTIFICAÇÃO DA FRAÇÃO ORGÂNICA, RECICLÁVEL E DE REJEITOS  
GERADOS EM CONDOMÍNIO VERTICAL EM LONDRINA: POTENCIALIDADES  
PARA A COLETA SELETIVA E A IMPLANTAÇÃO DE PÁTIO DE COMPOSTAGEM**

**QUANTIFICATION OF THE ORGANIC, RECYCLABLE AND WASTE FRACTION  
GENERATED IN A VERTICAL CONDOMINIUM IN LONDRINA: POTENTIALS FOR  
SELECTIVE COLLECTION AND IMPLEMENTATION OF A COMPOSTING YARD**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dra. Tatiane Cristina Dal Bosco

Coorientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dra. Kátia Valéria Marques Cardoso Prates

**LONDRINA**

**2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**DENISE MAKI OTA**

**QUANTIFICAÇÃO DA FRAÇÃO ORGÂNICA, RECICLÁVEL E DE REJEITOS  
GERADOS EM CONDOMÍNIO VERTICAL EM LONDRINA: POTENCIALIDADES  
PARA A COLETA SELETIVA E A IMPLANTAÇÃO DE PÁTIO DE  
COMPOSTAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 06/dezembro/2023

---

Prof. Dr. Ajadir Fazolo  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Profa. Dra. Vanessa Medeiros Corneli  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Profa. Dra. Tatiane Cristina Dal Bosco  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**LONDRINA  
2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha família, em especial meus pais, Ilson e Regina, pelo apoio, conselhos e por serem exemplos para mim. Também à minha irmã, Deyse, pela parceria, amizade e incentivo de sempre.

Agradeço à minha orientadora Profa. Dra. Tatiane Cristina Dal Bosco por me orientar desde o início da graduação, pelos aconselhamentos, confiança, paciência e todos os ensinamentos que levarei para a vida. Admiro muito a pessoa e a profissional que ela é.

Agradeço à minha Coorientadora Profa. Dra. Kátia Valéria Cardoso Prates pela orientação, contribuição e apoio durante todo esse trabalho.

Aos professores da banca examinadora, Prof. Dr. Ajadir Fazolo e Prof. Dra. Vanessa Corneli por aceitarem fazer parte da banca e pelas contribuições ao longo do trabalho.

Aos meus amigos que fiz durante a graduação, que caminharam comigo e proporcionaram momentos de alegria e amizade: André Fiedler, Basima Abdurahiman, Carolina Sia, Guilherme Almeida, Izabela Sandi, Letícia Maran e Mariana Yumi Ikuta, entre outras amigades ao longo da graduação. E à minha amiga de infância que esteve comigo nos piores e melhores momentos, Giovana Lainetti.

Agradeço também às minhas amigas Ana Beatriz "Lola" e Quezia, que mesmo de longe sempre me apoiaram, me escutaram e não me deixaram desistir.

Ao meu grande amigo, Vinícius Dourado, por me ajudar na coleta de dados no condomínio e por estar comigo nesse ano, no momento mais necessário possível.

À Profa. Dra. Patrícia Carneiro Lobo Faria por apresentar e ter o primeiro contato para realizar o estudo no condomínio vertical. Aos moradores, síndico e colaboradores do condomínio estudado, em especial, ao Sr. Luiz, que esteve comigo todos os dias ao longo da coleta de dados e pelas conversas nos corredores.

Ao Edital DIREC/DIRGRAD 13/2023 pela bolsa de apoio ao TCC que possibilitou a execução deste trabalho.

Enfim, a todos que fizeram parte da minha graduação. Essa conquista é nossa!

## RESUMO

OTA, Denise, M. Quantificação da fração orgânica, reciclável e de rejeitos gerados em condomínio vertical em Londrina: potencialidades para a coleta seletiva e a implantação de pátio de compostagem. 2023. 88 f. Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2. – Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. Londrina, 2023.

O aumento da geração dos resíduos sólidos urbanos se tornou uma preocupação social e ambiental, e seu mau gerenciamento pode acarretar diversos impactos ambientais, afetando a saúde pública, poluindo o solo, o ar e a água. A Política Nacional dos Resíduos Sólidos prevê a destinação final ambientalmente adequada por meio da compostagem e da reciclagem e a disposição final deve ser praticada somente para rejeitos. No entanto, a não segregação dos resíduos sólidos em três frações (orgânicos, rejeitos e recicláveis), faz com que resíduos orgânicos e rejeitos sejam dispostos em aterros. Diante disso, neste trabalho, visou-se caracterizar e quantificar os resíduos sólidos em três frações (orgânicos, rejeitos e recicláveis) gerados em um condomínio vertical domiciliar com 317 moradores e dimensionar um pátio de compostagem para o condomínio e para a cidade de Londrina-PR. Os resíduos recicláveis foram amostrados pelo método do quarteamento, quantificados e caracterizados por meio da gravimetria. Já os resíduos orgânicos e rejeitos foram quantificados diariamente. Foram utilizados informativos, como estratégia de Educação Ambiental, com a finalidade de orientar e sensibilizar os moradores na segregação dos resíduos em três frações e a taxa de adesão ao estudo variou de 6,5% a 50%. A geração per capita média do condomínio foi de 0,383 kg.hab<sup>-1</sup>.dia e o peso específico dos resíduos orgânicos foi de 99,94 kg.m<sup>-3</sup>, enquanto que o de rejeitos foi de 33,34 kg.m<sup>-3</sup>. A composição gravimétrica média obtida foi de 53,8% orgânicos, 38% rejeitos e 8,2% recicláveis. A partir dos dados de caracterização física obtidos e com o intuito de demonstrar a importância da segregação dos resíduos na fonte, em três frações, dimensionou-se um pátio de compostagem para os resíduos orgânicos gerados no condomínio, com diferentes valores de geração per capita e peso específico (valores máximo, médio e mínimo). Também foram elaborados três cenários para o dimensionamento do pátio de compostagem municipal, utilizando dados do censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e considerando a implementação gradativa da coleta em três frações no município: no cenário 1, utilizou-se a população urbana do município; no cenário 2, a população do bairro central; e no cenário 3, a população dos três bairros mais populosos de Londrina. Esses cenários e hipóteses podem representar valores reais para um pátio de compostagem no condomínio estudado e no município, sendo que a área total para implantação do pátio de compostagem do condomínio variou de 605,4 m<sup>2</sup> a 4.829,04 m<sup>2</sup> e do pátio de compostagem municipal variou de 85.858,75 m<sup>2</sup> a 1.299.745,71 m<sup>2</sup>.

Palavras-chave: Composição Gravimétrica; Geração Per Capita; Gerenciamento de Resíduos Sólidos; Peso Específico; Resíduos Sólidos Urbanos.

## ABSTRACT

OTA, Denise, M. Quantification of the organic, recyclable and waste fraction generated in a vertical condominium in Londrina: potential for selective collection and the implementation of a composting yard. 2023. 88 f. Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2. – Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. Londrina, 2023.

The increase in the generation of urban solid waste has become a social and environmental concern, and its poor management can lead to several environmental impacts, affecting public health and polluting the soil, air and water. The National Solid Waste Policy provides for environmentally appropriate final disposal through composting and recycling and final disposal must be carried out only for waste. However, the failure to segregate solid waste into three fractions (organic, waste and recyclable) means that organic waste and waste are disposed of in landfills. Therefore, in this work, the aim was to characterize and quantify solid waste in three fractions (organic, waste and recyclable) generated in a vertical residential condominium with 317 residents and to design a composting yard for the condominium and for the city of Londrina- PR. Recyclable waste was sampled using the quartering method, quantified and characterized using gravimetry. Organic residues and rejects were quantified daily. Information was used as an Environmental Education strategy, with the aim of guiding and sensitizing residents on the segregation of waste into three fractions and the study adherence rate ranged from 6,5% to 50%. The condominium's average per capita generation was 0,383 kg.hab<sup>-1</sup>.day and the specific weight of organic waste was 99,94 kg.m<sup>-3</sup>, while that of waste was 33,34 kg.m<sup>-3</sup>. The average gravimetric composition obtained was 53,8% organic, 38% waste and 8,2% recyclable. Based on the physical characterization data obtained and with the aim of demonstrating the importance of segregating waste at source, into three fractions, a composting yard was designed for organic waste generated in the condominium, with different per capita generation values and specific weight (maximum, average and minimum values). Three scenarios were also developed for the sizing of the municipal composting yard, using data from the 2010 census of the Brazilian Institute of Geography and Statistics and considering the gradual implementation of collection in three fractions in the municipality: in scenario 1, the urban population was used of the municipality; in scenario 2, the population of the central neighborhood; and in scenario 3, the population of the three most populous neighborhoods in Londrina. These scenarios and hypotheses may represent real values for a composting yard in the studied condominium and in the municipality, with the total area for implementing the condominium's composting yard varying from 605,4 m<sup>2</sup> to 4.829,04 m<sup>2</sup> and the municipal composting yard. ranged from 85.858,75 m<sup>2</sup> to 1.299.745,71 m<sup>2</sup>.

Keywords: Gravimetric Composition; Per Capita Generation; Solid Waste Management; Unit Weight; Urban Solid Waste.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Gravimetria de RSU no Brasil .....	19
Figura 2 - Composição gravimétrica de Londrina-PR.....	20
Figura 3 - Método de quarteamento de resíduos sólidos .....	23
Figura 4 - Fases durante o processo de compostagem.....	32
Figura 5 - Hall de serviço de cada andar com lixeiras para acondicionar resíduos sólidos gerados pelos moradores .....	41
Figura 6 - Modelo de informativo entregue para cada apartamento de modo impresso .....	43
Figura 7 - Modelo de informativo utilizado no elevador e enviado aos condôminos na forma digital .....	44
Figura 8 - Saco marrom com campo para indicação do nº do andar e nº de moradores (a); Saco marrom disponibilizado no hall de serviço (b) .....	45
Figura 9 - Método de quarteamento para amostragem de resíduos recicláveis.....	46
Figura 10 - Materiais utilizados na gravimetria.....	47
Figura 11 - Tipos de formato de leiras.....	50
Figura 12 - Esquema das hipóteses para o dimensionamento do pátio de compostagem do condomínio estudado.....	52
Figura 13 - Número de apartamentos e de moradores que aderiram ao estudo ao longo dos 28 dias de coleta de dados .....	54
Figura 14 - Geração per capita média de rejeitos e orgânicos no condomínio estudado por dia da semana .....	57
Figura 15 - Geração per capita de resíduos sólidos por fase do mês .....	58
Figura 16 - Geração de resíduos recicláveis por semana no condomínio estudado .....	59
Figura 17 - Quantidade em kg coletada de resíduos orgânicos e rejeitos .....	60
Figura 18 - Geração per capita (kg/hab.dia) de resíduos orgânicos (A), rejeitos (B) e recicláveis (C) e indicação dia de máximo e mínima geração.....	61
Figura 19 - Composição gravimétrica média dos resíduos sólidos no condomínio estudado considerando as três frações: recicláveis, orgânicos e rejeitos.....	63
Figura 20 - Resíduos orgânicos e rejeitos misturados com material reciclável.....	66
Quadro 1 - Determinação das fases do mês segundo as semanas de estudo ..	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Peso específico dos materiais em diferentes condomínios verticais .....	21
Tabela 2 - Comparativo de 2010 e 2019 por tipo de disposição final de RSU (ton/ano).....	27
Tabela 3 - Período de tempo e temperatura necessários para higienização dos resíduos orgânicos em processo de compostagem.....	35
Tabela 4 - Modalidades de licenciamento de empreendimentos de compostagem conforme o porte.....	36
Tabela 5 - Bairros e dados da população do município de Londrina-PR em 2010 .....	53
Tabela 6 - Geração per capita dos resíduos sólidos gerados no condomínio estudado .....	56
Tabela 7 - Composição gravimétrica dos resíduos recicláveis (%) .....	62
Tabela 8 - Análise comparativa da composição gravimétrica (%) dos resíduos em três frações.....	65
Tabela 9 - Comparativo do peso específico (kg.m <sup>-3</sup> ) de materiais recicláveis, resíduo orgânico e rejeito.....	67
Tabela 10 - Valores dos cálculos para dimensionamento do pátio de compostagem para o condomínio estudado .....	69
Tabela 11 - Parâmetros de dimensionamento do pátio de compostagem municipal para os cenários C1, C2 e C3.....	72
Tabela 12 - Cenários estudados e seus respectivos portes de pátio de compostagem.....	74



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ACAMARTI	Associação de Catadores de Materiais Recicláveis de Tibagi
ATT	Área de Transbordo Temporário
CEMA	Conselho Estadual de Meio Ambiente
CEMPRE	Compromisso Empresarial para Reciclagem
CMTU-LD	Companhia Municipal de Trânsito e Urbanização de Londrina
C/N	Carbono/Nitrogênio
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTCT	Centro de Triagem e Compostagem
CTR	Central de Tratamento de Resíduos
EPA	Agência de Proteção Ambiental
IBAM	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEA	Instituto Brasileiro de Pesquisa Econômica Aplicada
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MTR	Manifestos de Transporte de Resíduos
NBR	Normas Brasileiras
Planares	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PERS/PR	Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Paraná
PEV's	Ponto de Entrega Voluntária
PGA	Práticas de Gestão Ambiental
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PNEA	Plano Nacional de Educação Ambiental
PNLR	Política Nacional de Logística Reversa
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SEDEST	Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável
SINIR	Sistema Nacional de Informações de Resíduos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## LISTA DE SÍMBOLOS

Ab	Área da base
Ar	Área de revolvimento
As	Área da seção reta
At	Área total ocupada pelas leiras
AT	Área total do pátio
Au	Área útil
L	Comprimento
T	Temperatura
V	Volume
$\gamma$	Peso específico

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>OBJETIVO ESPECÍFICOS</b> .....	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>16</b>
<b>3.1</b>	<b>Geração de Resíduos Sólidos Urbanos</b> .....	<b>16</b>
<b>3.2</b>	<b>Características físicas dos RSU e os fatores que os influenciam</b> ...	<b>17</b>
<b>3.3</b>	<b>Legislação aplicada para resíduos sólidos</b> .....	<b>23</b>
<b>3.4</b>	<b>Destinação e disposição final dos resíduos sólidos urbanos</b> .....	<b>26</b>
<b>3.5</b>	<b>Compostagem: alternativa de destinação final para resíduos orgânicos</b> .....	<b>31</b>
<b>3.6</b>	<b>Educação Ambiental em condomínios residenciais</b> .....	<b>37</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>41</b>
<b>4.1</b>	<b>Caracterização do Condomínio Vertical</b> .....	<b>41</b>
<b>4.2</b>	<b>Coleta de dados e orientação para moradores e funcionários</b> .....	<b>42</b>
<b>4.3</b>	<b>Amostragem dos resíduos sólidos</b> .....	<b>45</b>
4.3.1	Geração per capita .....	47
4.3.2	Peso específico .....	48
<b>4.4</b>	<b>Análise dos dados</b> .....	<b>48</b>
<b>4.5</b>	<b>Dimensionamento do pátio de compostagem</b> .....	<b>49</b>
4.5.1	Dimensionamento do pátio de compostagem para o condomínio estudado .....	52
4.5.2	Dimensionamento do pátio de compostagem para o município de Londrina .....	53
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>54</b>
<b>5.1</b>	<b>Adesão dos moradores do condomínio vertical</b> .....	<b>54</b>
<b>5.2</b>	<b>Caracterização dos resíduos sólidos</b> .....	<b>55</b>
5.2.1	Geração per capita .....	55
5.2.2	Composição gravimétrica e qualidade da segregação dos resíduos .....	62
5.2.3	Peso Específico .....	67
<b>5.3</b>	<b>Dimensionamento do pátio de compostagem para o condomínio em estudo</b> .....	<b>68</b>
<b>5.4</b>	<b>Dimensionamento do pátio de compostagem para o município de Londrina</b> .....	<b>71</b>

<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>75</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>77</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento econômico e populacional, tem se notado alterações no estilo de vida, nos modos de produção e no consumo da população. E, como consequência direta, há registros do aumento na quantidade de resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados, principalmente nos grandes centros urbanos (GOUVEIA, 2012). No Brasil, além do acréscimo na geração dos resíduos e dos impactos ambientais decorrentes, ainda há falhas em relação à recuperação e ao reaproveitamento desses resíduos (GOMES, CARMINHA & MEMÓRIA, 2019).

Os resíduos sólidos, quando descartados incorretamente, são considerados como um problema visível e emergente, pois podem causar diversos impactos ao meio ambiente e à sociedade: como o entupimento de galerias que causam alagamentos, poluição das águas, dispersão de doenças e desequilíbrio sanitário (SOUZA; MELLO, 2015). De Andrade e Ferreira (2011) ainda citam efeitos como: contaminação e degradação do solo, poluição hídrica resultante do chorume, desvalorização imobiliária das áreas próximas aos locais de disposição de resíduos, odores e emissão de gases nocivos.

Por outro lado, se o gerenciamento, a segregação na fonte e a destinação dos RSU ocorrer da forma correta, passa-se a reconhecê-los como recursos, tal qual previsto na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº. 12.305/2010 (BRASIL, 2010). Os resíduos recicláveis, por exemplo, podem servir de base para o sustento de famílias a partir da sua comercialização e os orgânicos podem ser transformados em composto orgânico, com valor agregado e posterior uso na adubação de solos. Nesse sentido, a coleta seletiva incentiva o descarte ambientalmente correto dos resíduos, por meio da correta separação, destinação, triagem e reciclagem, pode servir como ferramenta de sensibilização e incentivo à comunidade na gestão socioambiental dos resíduos gerados (FREITAS et al., 2020). Além de ter uma função essencial no processo de gerenciamento de resíduos (SOUZA; MELLO, 2015) e no cumprimento da legislação, que desde 2010, prevê a disposição final apenas para rejeitos (BRASIL, 2010).

A partir da PNRS, foi estabelecida, também, a obrigatoriedade de engajamento e participação da população na prática da coleta seletiva dos resíduos gerados, realizando a segregação dos mesmos na sua origem. No município de Londrina-PR, a coleta seletiva é realizada em 100% da área urbana, incluindo distritos,

vilas rurais e patrimônios, totalizando 272.328 domicílios atendidos. Atualmente são sete cooperativas credenciadas à Companhia Municipal de Trânsito e Urbanização (CMTU) que atuam na coleta, transporte, triagem e comercialização dos materiais recicláveis. No ano de 2022 foram coletadas, em média, 7.329 toneladas de resíduos recicláveis e comercializadas diretamente no mercado (CMTU, 2023). Já a coleta domiciliar é realizada por uma empresa terceirizada, sendo os resíduos orgânicos e rejeitos transportados para a Central de Tratamento de Resíduos (CTR).

Em relação aos resíduos orgânicos, a compostagem é uma técnica promissora para o seu tratamento. Trata-se de um processo de transformação biológica da matéria orgânica, em condições aeróbias e controladas, que tem como produto um composto orgânico que pode ser aplicado em diversas culturas (BRINCK, 2020). A prática da compostagem oferece vários benefícios socioambientais, como o aumento da vida útil dos aterros sanitários, promove a reciclagem de nutrientes do solo, reduz índices de poluição do ar, água e solo, entre outros (MONTEIRO, 2016). Apesar das diversas vantagens, o Brasil ainda não faz o devido aproveitamento da fração orgânica dos RSU. Há registros de apenas 74 usinas de compostagem em todo o país (SNIS, 2021).

Observa-se, portanto, que a coleta seletiva é o princípio para a eficácia do gerenciamento dos RSU, visto que ela proporciona a segregação dos resíduos segundo sua potencialidade de aproveitamento, e ela deve ser segura e efetiva. Para tanto, é de grande importância que haja campanhas e programas de Educação Ambiental, a fim de promover a conscientização ambiental em toda a população (ARAÚJO; PIMENTEL, 2015), além de programas municipais que tratem da fração reciclável, orgânica e rejeitos dos RSU. Essa prática da segregação na fonte também contribui para a qualidade dos materiais recicláveis a ser comercializado pelas cooperativas e para qualidade do material orgânico que será compostado, assim como para o desempenho do processo de compostagem em si.

Neste sentido, neste trabalho, objetivou-se caracterizar e quantificar os resíduos recicláveis, resíduos orgânicos e rejeitos em um condomínio vertical de Londrina, aplicando estratégias de Educação Ambiental para a orientação dos moradores acerca da segregação dos resíduos sólidos em três frações (recicláveis, orgânicos e rejeitos). Buscou-se também obter dados para a projeção de um pátio de compostagem para o condomínio em estudo e para o município, propondo o tratamento da fração orgânica dos resíduos domiciliares, em atendimento à legislação.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Caracterizar e quantificar os resíduos gerados em um condomínio vertical de Londrina a fim de obter dados e informações para agregar na coleta seletiva municipal e dimensionar um pátio de compostagem, para o condomínio e para o município, visando o tratamento da fração orgânica dos resíduos domiciliares, em atendimento à legislação.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Aplicar estratégias de Educação Ambiental junto aos moradores e funcionários do condomínio para que a coleta seletiva seja realizada em três frações: recicláveis, orgânicos e rejeitos;
- Determinar a quantidade de resíduos recicláveis gerada diariamente no condomínio e realizar a sua caracterização física.
- Quantificar a geração diária de resíduos orgânicos e rejeitos no condomínio em estudo.
- Avaliar a variação da geração dos resíduos sólidos durante o mês de análise no condomínio vertical.
- Dimensionar um pátio de compostagem para o condomínio considerando diferentes parâmetros de geração per capita e peso específico.
- Dimensionar um pátio de compostagem municipal para os resíduos sólidos orgânicos domiciliares gerados em Londrina, considerando diferentes cenários de abrangência geográfica da coleta e parâmetros de dimensionamento.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Geração de Resíduos Sólidos Urbanos

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na Normas Brasileiras (NBR) 10.004/2004 resíduos sólidos são:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004a, p. 1).

Ainda a NBR 10.004/2004 classifica os resíduos sólidos em função do risco à saúde pública e ao meio ambiente, dividindo-os em dois grupos: perigosos e não perigosos, sendo esse último grupo subdividido em inertes e não inerte (ABNT, 2004a).

A classificação dos resíduos sólidos é dada pela identificação da atividade ou processo em que foram gerados, pelos seus constituintes e características e pela comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias que causam impacto à saúde e ao meio ambiente, desde que seja conhecida (ABNT, 2004a).

A Lei Federal nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), define resíduos sólidos como:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

O Panorama dos Resíduos Sólidos da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) (2020) apresenta a evolução da geração de RSU no Brasil, comparando os anos de 2010 e 2019. Em 2010, foram geradas mais de 66,6 milhões de toneladas e em 2019 passou de 79 milhões de toneladas de RSU. Em dados mais recentes da ABRELPE (2022), em 2022, devido à evolução da vacinação contra a COVID-19 e a retomada das atividades presenciais no país, a geração de RSU foi de aproximadamente 81,8 milhões de toneladas.



O aumento da geração de RSU se dá, principalmente, pelo crescimento populacional, pela urbanização e pelo aumento na produção de bens de consumo e de alimentos. O maior aumento do crescimento demográfico no Brasil ocorreu entre as décadas de 60 e 80, devido ao fluxo migratório rural-urbano. Estima-se que cerca de 43 milhões de pessoas migraram do campo em direção as cidades, mas foi somente após 1960 que a população urbana se tornou maior que a população rural (BRITO, 2006). Brito (2006) afirma também que entre os anos de 1950 (mais de 51 milhões de pessoas) e 1970 (mais de 93 milhões de pessoas) foi o ápice do crescimento da população urbana no país.

Com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010 (IBGE, 2011) a estimativa da população era mais de 190,7 milhões de habitantes e no último censo, em 2022, o país chegou a 203,1 milhões de habitantes (IBGE, 2023)

Quando descartados de maneira inadequada, os RSU podem gerar diversos impactos ambientais e problemas de saúde pública (ALMEIDA et al., 2019). Caso haja o mau gerenciamento de RSU pode ocorrer a proliferação de insetos e roedores, riscos à saúde pública e ocasionar incômodos estéticos e mau cheiro (OLIVEIRA; MATIAS; AGUIAR, 2018).

### **3.2 Características físicas dos RSU e os fatores que os influenciam**

A caracterização dos resíduos sólidos urbanos é essencial, pois permite avaliar os materiais presentes nos resíduos gerados e inferir sobre a possibilidade de implantar a coleta seletiva, identificar a quantidade de recursos humanos e veículos necessários, definir as dimensões das instalações exigidas para a reciclagem, compostagem e disposição adequada dos resíduos sólidos (FERNANDO; LIMA, 2012).

Nesse contexto, Monteiro et al. (2001) definiram, no Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, as características físicas dos resíduos sólidos, que são: geração per capita, composição gravimétrica, peso específico, teor de umidade e compressividade.

A geração per capita está relacionada à quantidade de resíduos gerada diariamente pelos habitantes de determinada região (MONTEIRO et al., 2001). No Brasil, de acordo com os Panoramas da ABRELPE (2020; 2022), a geração de resíduos sólidos per capita, em 2010, foi de 348,3 kg.hab<sup>-1</sup>.ano; já em 2022, alcançou

a quantidade de 381 kg.hab<sup>-1</sup>.ano. Em 2010, a média da geração diária por brasileiro era de 1,213 kg.hab<sup>-1</sup>.dia e em 2021 essa média caiu para 1,043 kg.hab<sup>-1</sup>.dia.

A partir dos dados de 2022 (ABRELPE, 2022) observa-se que a região Sudeste é a que mais gera RSU no país, ultrapassando os 40 milhões de toneladas por ano, seguida da região Nordeste, com pouco mais de 20 milhões de toneladas por ano. Já a região Sul gerou pouco mais que 8,5 milhões de toneladas por ano, o que representa uma geração per capita de 0,753 kg.hab<sup>-1</sup>.dia.

Segundo Jacobi e Besen (2011), países com maior poder aquisitivo geram maiores quantidades de resíduos. Nos Estados Unidos, por exemplo, segundo dados da Agência de Proteção Ambiental (EPA, na sigla em inglês) (EPA, 2022), em 2018, a geração de RSU foi de aproximadamente 292,4 milhões de toneladas, sendo 2,2 kg.hab<sup>-1</sup>.dia. Por outro lado, na Nigéria, a taxa média de geração de RSU em 2016 foi de 0,51 kg.hab<sup>-1</sup>.dia (KAZA et al., 2018).

Rezende et al. (2013) analisaram a geração dos resíduos nos bairros de Jaú-SP, no ano de 2010, e constataram a geração de 0,643 kg.hab<sup>-1</sup>.dia. Na capital do Estado do Paraná, Curitiba, de acordo com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) (2010), a geração de resíduos per capita foi estimada em 1,383 kg.hab<sup>-1</sup>.dia, ficando acima da média apresentada pela ABRELPE (2010), de 1,213 kg.hab<sup>-1</sup>.dia.

O município de Londrina-PR, em 2015 (LONDRINA, 2015), apresentou uma geração per capita média das três frações de 0,93 kg.hab<sup>-1</sup>.dia em 2018. Segundo informações do PMGIRS (LONDRINA, 2022), obteve-se uma média de 0,664 kg.hab<sup>-1</sup>. dia para resíduos orgânicos e rejeitos, e 0,036 kg.hab<sup>-1</sup>.dia para recicláveis. A geração per capita do município apresentada foi calculada a partir da quantidade de coleta dos resíduos orgânicos, rejeitos e recicláveis pela CMTU de 2018 e a população estimada pelo IBGE do mesmo ano (LONDRINA, 2022).

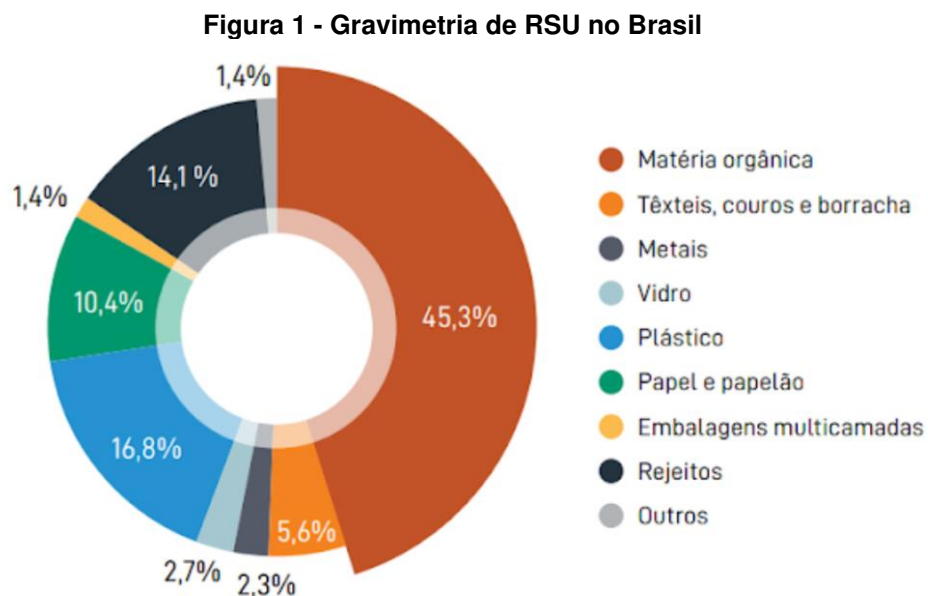
Estudos realizados em 2013 (SALSA, 2013) e 2019 (NAKANO, 2019), demonstram que em Londrina, em diferentes condomínios verticais residenciais, a geração per capita foi de 0,757 e 0,410 kg.hab<sup>-1</sup>.dia, respectivamente.

Outro parâmetro físico da caracterização dos resíduos sólidos é a composição gravimétrica, que expressa o percentual de cada tipo de resíduo em relação ao total. Portanto, a gravimetria dos resíduos sólidos permite a adoção de medidas de gerenciamento mais adequadas, em especial, no que diz respeito a sua destinação (CARVALHO; JESUS; PORTELLA, 2010).

O conhecimento da composição gravimétrica permite o planejamento correto de ações estratégicas, públicas, políticas e processos específicos que certifiquem a destinação ambientalmente adequada (ABRELPE, 2020). Monteiro et al. (2001) relatam que os componentes mais utilizados para determinar a composição gravimétrica são: matéria orgânica, papel/papelão, plástico rígido, plástico maleável, PET, metal ferroso, metal não-ferroso, alumínio, vidro claro, vidro escuro, madeira, borracha, couro, pano, ossos, cerâmica e agregado fino. Porém, muitos técnicos adotam a forma simplificada, considerando apenas: papel/papelão, plástico, vidro, metal, matéria orgânica e outros.

Segundo dados do IBGE (IBGE, 2010), em 2010, do total de resíduos sólidos urbanos gerados nas cidades brasileiras, cerca de 51,4% são resíduos orgânicos, sendo que somente 1,6% dos resíduos orgânicos recebiam o devido tratamento, pois a maioria desses resíduos estavam misturados com embalagens (recicláveis) e rejeitos, geralmente enviados para aterros sanitários (IPEA, 2012).

Comparando estes dados do IBGE (2010) com dados mais recentes, apresentados no Panorama da ABRELPE (2020) (Figura 1), é possível observar que 45,3% é matéria orgânica, e dentro dos materiais recicláveis, o plástico se destaca, com 16,8%, papel e papelão, com 10,4%, enquanto os rejeitos atingiram a porcentagem de 14,1%.



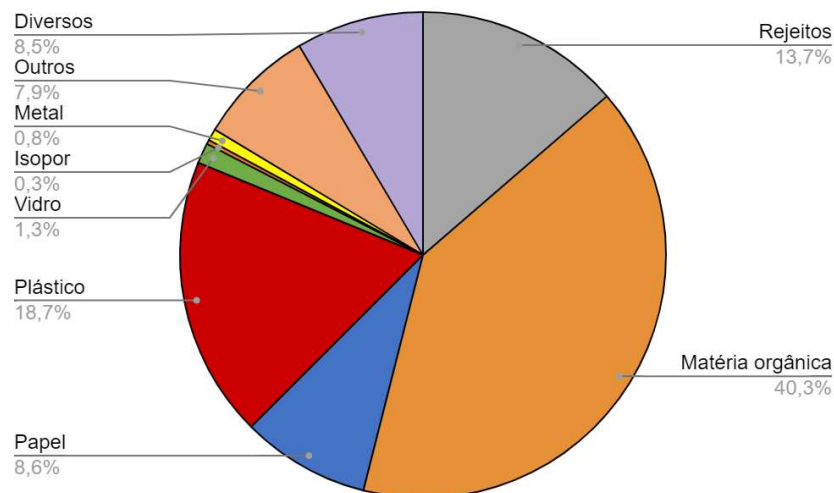
Fonte: ABRELPE (2020)

Na cidade de Jaú-SP, foi comparado dados da gravimetria de RSU dos anos de 2001 e 2010, sendo o percentual de matéria orgânica praticamente o mesmo nos dois anos: 49,1% em 2001 e 49,4% em 2010, enquanto o de rejeitos aumentou de 23,3 para 25,1%, respectivamente, e para os materiais recicláveis, o índice foi de um pouco mais de 25% (REZENDE et al., 2013).

Salsa (2013) analisou a geração de resíduos sólidos domiciliares em um condomínio vertical residencial em Londrina-PR, e obteve um percentual de 78,96% de resíduos orgânicos/rejeitos e 21,04% de resíduos recicláveis. No estudo de Nakano (2019), também realizado em um condomínio vertical residencial na mesma cidade, a geração de resíduos sólidos orgânicos/rejeitos ultrapassou 66% e a geração de materiais recicláveis chegou a 33%.

O PMGIRS da cidade de Londrina apresenta a composição gravimétrica dos resíduos sólidos que chegam na Central de Tratamento de Resíduos (CTR) do município, onde está localizado o Aterro Sanitário (Figura 2). Nota-se que a fração da matéria orgânica representa 40% do total analisado.

**Figura 2 - Composição gravimétrica de Londrina-PR**



**Fonte: Adaptado de LONDRINA (2022)**

O peso específico representa a massa em quilograma do resíduo solto em função do volume livre ocupado, sem qualquer compactação (MONTEIRO et al., 2001). Determinar o peso específico de resíduos é de suma importância para dimensionar equipamentos e instalações (MONTEIRO et al., 2001). Segundo Alcântara (2007) o conhecimento dos valores do peso específico é importante não somente para os aspectos relacionados à gerência da coleta, disposição e

comportamento do aterro sanitário, mas também porque pode exercer influência no processo de decomposição dos resíduos orgânicos.

A entrada do ar facilita quando os resíduos não são compactados, deixando-os em condições aeróbias favoráveis, e em resíduos compactados, pode ocorrer uma diminuição no teor de umidade, podendo inibir a atividade microbiana (ALCÂNTARA, 2007). O elevado percentual de umidade e a baixa granulometria são parâmetros que podem contribuir com o aumento do peso específico dos RSU (LEITE, 1997).

A densidade dos resíduos domiciliares no Brasil em 2004 variava entre 150 e 300 kg.m<sup>-3</sup>, sendo que a média estimada brasileira é de 190 kg.m<sup>-3</sup>. No início do século passado a faixa do peso específico era de 500 a 800 kg.m<sup>-3</sup> (PHILIPPI JR, ROMÉRO e BRUNA, 2004).

Rezende et al. (2013), em 2010, obtiveram uma estimativa do peso específico dos resíduos gerados em bairros de Jaú-SP, a qual foi de aproximadamente 136,2 kg.m<sup>-3</sup>, valor inferior à estimativa de 2001, 143,9 kg.m<sup>-3</sup>. Em Fortaleza-CE, o peso específico de resíduos sólidos domiciliares de um bairro da cidade apresentou um valor médio de 156 kg.m<sup>-3</sup> (OLIVEIRA et al., 2016).

Salsa (2013) e Nakano (2019) determinaram o peso específico de cada material segregado em condomínio vertical na cidade de Londrina, como pode ser observado nos dados apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1 - Peso específico dos materiais em diferentes condomínios verticais**

Material	Peso específico (kg.m <sup>-3</sup> )	
	Salsa (2013)	Nakano (2019)
Orgânico	179,17	176,82
Papel	87,50	38,65
Plástico	34,72	31,59
Isopor	29,17	14,94
Metal	20,84	26,63
Vidro	12,50	123,37
Outros	33,33	-

**Fonte: SALSA (2013); NAKANO (2019)**

O teor de umidade caracteriza a quantidade de água presente no resíduo. É um parâmetro que se altera em função das estações do ano e da incidência de chuvas (MONTEIRO et al., 2001). Além disso, Leite et al. (2009) afirmam que o teor de

umidade é mais representativo em resíduos sólidos orgânicos, como restos de alimentos e papel.

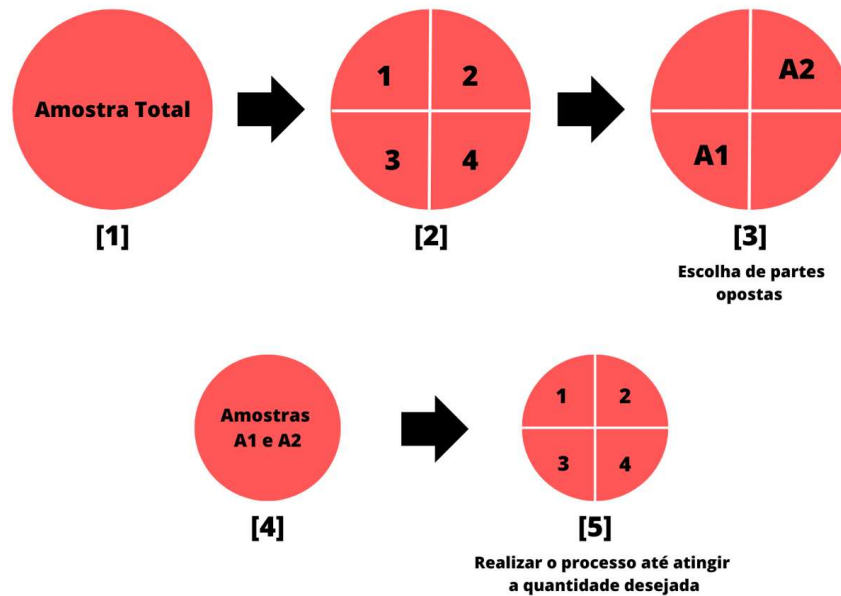
Medeiros, Da Silva e Castilhos Jr (2002) determinaram o teor médio de umidade dos RSU e obtiveram um valor de 55,2%. Monteiro et al. (2001) estimaram que o teor de umidade dos RSU varia em torno de 40 a 60%.

Já a compressividade é o grau de compactação ou redução do volume que uma massa pode sofrer quando compactada. Monteiro et al. (2001) afirmam que o volume do resíduo pode ser reduzido de um terço a um quarto do seu volume original. A compactação dos resíduos reduz a área disponível, fazendo com que prolongue a vida útil do aterro, ao mesmo tempo que propicia a firmeza do terreno possibilitando seu uso futuro para outras finalidades (BITENCOURT et al., 2013).

A amostragem de resíduos sólidos é útil para quantificá-los e caracterizá-los além de mostrar que as variações climáticas e sazonais, a densidade populacional e as discrepâncias regionais, podem interferir na caracterização dos resíduos, desde que a amostragem seja realizada com regularidade durante um período de tempo (CARVALHO, 2005). Também segundo Rezende et al. (2013), a amostragem permite escolher a melhor destinação para cada tipo ou grupo de resíduos, possibilitando, dessa forma, a segregação dos resíduos e rejeitos na fonte geradora.

A NBR 10.007 (ABNT, 2004b) orienta a metodologia de amostragem dos resíduos sólidos por meio do quarteamento (Figura 3). A técnica consiste na divisão dos resíduos sólidos em quatro partes iguais, a partir de uma amostra pré-homogeneizada, em que são escolhidas duas partes opostas entre si para constituir uma nova amostra e as partes restantes são descartadas. As partes que não foram descartadas são misturadas novamente e o processo de quarteamento é repetido até que se obtenha o volume desejado.

**Figura 3 - Método de quarteamento de resíduos sólidos**



Fonte: Autoria própria (2023)

### 3.3 Legislação aplicada para resíduos sólidos

A Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e foi criada para orientar instituições e municípios a gerenciar, de forma correta, seus resíduos gerados, tendo como prioridades a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem e o tratamento dos resíduos sólidos, além da adoção de práticas de desenvolvimento sustentável. Um dos seus princípios é a cooperação entre o poder público, o setor empresarial e a sociedade, todos responsabilizados pelo gerenciamento e destinação correta dos resíduos (BRASIL, 2010).

Um dos instrumentos da PNRS é o incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis. A PNRS também destaca a importância desses catadores na gestão integrada dos resíduos sólidos, determinando, no art. 6º, “o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania” (BRASIL, 2010).

Os catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis exercem, nas atividades da coleta seletiva, a triagem, a classificação, o processamento e a comercialização desses resíduos, assim contribuindo com a cadeia produtiva da reciclagem (MMA, 2018). O catador, muitas vezes, enfrenta ambientes e condições precárias de trabalho, além de lidar com a informalidade, a invisibilidade, a exclusão social, a

discriminação por parte da família e da sociedade e a exposição a riscos físicos, químicos e biológicos (OLIVEIRA, 2011).

A PNRS, no art. 33, dispõe sobre a obrigatoriedade de fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, por meio do retorno de produtos e/ou embalagens após o uso do consumidor, sendo de modo independente do serviço público de limpeza urbana (BRASIL, 2010). Os resíduos que estão elencadas na PNRS para sistema de logística reversa são: agrotóxicos (resíduos e embalagens), pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes (resíduos e embalagens), lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista e produtos eletroeletrônicos e seus componentes. O Capítulo III do Decreto Federal nº 10.936 de 2022, regulamentou a instituição do “Programa Nacional de Logística Reversa” (PNLR), que obriga setores privados e públicos à transparência no gerenciamento de seus resíduos pela emissão de documentos ambientais e Manifestos de Transporte de Resíduos (MTR) no Sistema Nacional de Informações de Resíduos (SINIR) (BRASIL, 2022a).

Em 2010, a PNRS (BRASIL, 2010) definiu rejeitos como “resíduos sólidos que não possuem tratamento ou recuperação viáveis e disponíveis sob aspecto econômicos e tecnológicos, e que não oferecem outra opção senão a disposição final ambientalmente adequada”. Ainda na Política, foi estabelecida a obrigatoriedade da segregação na fonte geradora, em resíduos orgânicos, resíduos recicláveis e rejeitos, além de incentivar a participação da população na coleta seletiva.

A fim de atender a PNRS foi estabelecido, por meio do Decreto nº 11.043 de 2022, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares), que apresenta procedimentos, estratégias e ações para melhorar a gestão de resíduos sólidos no país. Suas metas são: encerrar todos os lixões do país; aumentar a reciclagem de resíduos da construção civil; e aumentar a recuperação de resíduos, utilizando assim, a reciclagem, valorizando as cooperativas de materiais recicláveis, a compostagem, a biodigestão e a recuperação energética (BRASIL, 2022b).

No Estado do Paraná, mesmo antes da publicação da PNRS, a Assembleia Legislativa publicou a Lei nº 12.493 de 22 de janeiro de 1999, que estabelece princípios, procedimentos, critérios e normas sobre a geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final de resíduos sólidos, dando prioridade à reutilização e/ou reciclagem de resíduos sólidos a despeito de



outras formas de tratamento e disposição final, exceto em casos que não há tecnologia viável (PARANÁ, 1999).

Em 10 de junho de 2021, foi promulgada a Lei nº 20.607 no Estado do Paraná, que estabelece normas para elaboração, revisão, complementação, operacionalização e fiscalização do Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Paraná (PERS/PR), servindo como instrumento de planejamento para organizar e estabelecer a gestão dos resíduos sólidos (PARANÁ, 2021). A Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável (SEDEST), em conformidade com o PERS/PR, trabalham no desenvolvimento de programas para a gestão de resíduos sólidos, buscando fomentar novas tecnologias de tratamento e destinação (SEDEST, 2023).

No município de Londrina, por sua vez, há a Lei nº 10.967/2010, em que, no Art. 7º, o destaque é na gestão de resíduos sólidos, estabelecendo um regramento para acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos, além de incentivar a compostagem e outras formas de reaproveitamento, destacando a responsabilidade entre poder público, privado e a população (LONDRINA, 2010).

O Decreto Municipal nº 829/2009 institui o “Comitê Municipal da Coleta Seletiva de Lixo” e foi estabelecido o Programa “Londrina Recicla”, com o objetivo de motivar a geração de trabalho e renda, apoiar às cooperativas de reciclagem, recuperar os direitos da cidadania, promover a Educação Ambiental e proteger o meio ambiente a partir da coleta seletiva (LONDRINA, 2022).

A coleta de resíduos na cidade de Londrina é gerenciada pela Companhia Municipal de Trânsito e Urbanização de Londrina (CMTU) e a operação é dividida em: coleta domiciliar (resíduos orgânicos e rejeitos), feita de porta em porta por uma empresa particular terceirizada e coleta de materiais recicláveis, que é realizada por cooperativas de reciclagem associadas à CMTU. Além disso, o município conta com dois Pontos de Entrega Voluntária (PEV's), onde pode ser descartado até 1m<sup>3</sup>, por munícipe, de resíduos da construção civil, resíduos verdes (poda de árvore e grama), madeiras e resíduos volumosos (sofá e colchão) (LONDRINA, 2022).

Em 2022 foi instituída, por meio da Lei Municipal nº13.438. de 6 de julho de 2022, o PMGIRS. Esse documento é exigido pela Lei Federal nº 12.305/2010 para acesso e obtenção de recursos públicos que são disponibilizados a partir de programas federais, destinados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos (LONDRINA, 2022).

O PMGIRS tem como objetivo principal direcionar o poder público para realizar o controle do gerenciamento de cada tipo de resíduo gerado no município, além de promover cadeias produtivas que utilizam dos resíduos como matéria-prima, reduzindo assim a necessidade da disposição final de resíduos, exceto rejeitos, em aterros sanitários. Além disso, incentiva geradores de resíduos a participarem ativamente na gestão de resíduos sólidos e na tomada de medidas necessárias junto com o poder público, o plano contribui para melhoria da qualidade ambiental e, conseqüentemente, para a melhoria da qualidade de vida da população (LONDRINA, 2022).

Em relação ao gerenciamento de resíduos sólidos, mais especificamente aos resíduos sólidos orgânicos, na PNRS (BRASIL, 2010) estabelece-se no Art. 36, a implantação de sistema de compostagem, além de desenvolver com os agentes sociais e econômicos as formas de aproveitamento do composto orgânico produzido.

### **3.4 Destinação e disposição final dos resíduos sólidos urbanos**

A gestão de resíduos sólidos deve estar de acordo com os princípios da saúde pública, engenharia, economia e preservação ambiental, além de considerar os aspectos relacionados às ciências sociais, uma vez que envolve as atitudes dos cidadãos. Nesse contexto, as soluções estão relacionadas à interdisciplinaridade entre os diversos campos das ciências e áreas de conhecimento (FERRAZ, 2008).

Assim, a definição de destinação final e disposição final possui diferença e a Lei nº 12.305/2010 define destinação final ambientalmente adequada como:

Destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

Já a disposição final ambientalmente adequada é a “distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos adversos” (BRASIL, 2010).

Os aterros sanitários, definidos pela NBR ABNT 8.419 (1992) são:

locais para a disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, que empregam técnicas e tecnologias apropriadas para que este procedimento não cause danos ao meio ambiente, minimizando os impactos ambientais, visto que

confinam os resíduos a menor área possível e no menor volume permissível, realizando a cobertura dos resíduos com uma camada de solo ao final do dia ou em intervalos menores (ABNT, 1992, p. 1).

Os chamados aterros controlados são locais que possuem algum tipo de controle operacional e ambiental, podendo apresentar recursos como balança rodoviária, monitoramento de acesso, captação de lixiviados e drenagem parcial de gases, porém não atendem aos mesmos padrões ambientais e sanitários dos aterros sanitários (LEITE et al., 2019).

No entanto, os lixões são áreas sem nenhum controle sobre a qualidade e a quantidade de resíduos recebidos, tendo consequências graves, como casos de contaminação dos solos, do ar e das águas superficiais e subterrâneas, em função do lançamento descontrolado de lixiviados e gases, além da depreciação da paisagem e presença de catadores e animais (LEITE et al., 2019).

No Panorama da ABRELPE, fez-se uma comparação quantitativa (em toneladas por ano) de disposição final de RSU, conforme a Tabela 2. Pode-se observar que a disposição final adequada registrou um aumento de 10 milhões de toneladas em uma década, no entanto, o número de resíduos destinados inadequadamente também cresceu.

**Tabela 2 - Comparativo de 2010 e 2019 por tipo de disposição final de RSU (ton/ano)**

2010			2019		
Aterro Sanitário	Aterro Controlado	Lixão	Aterro Sanitário	Aterro Controlado	Lixão
33.406.260	14.037.535	11.351.865	43.300.315	16.727.950	12.720.250

**Fonte: ABRELPE (2020)**

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (2021), no ano de 2020, estimou-se que 65,3 milhões de toneladas foram dispostas no solo e foram contabilizados 1.545 unidades de lixões (10,2 milhões de toneladas) e 617 aterros controlados (8,0 milhões de toneladas), ao passo que 652 aterros sanitários (49,4 milhões de toneladas) foram registrados. A maioria dos lixões é encontrada no Nordeste do país, que corresponde a mais de 52% do total dos lixões cadastrados no país. A região Sul apresenta 28 lixões. Assim, em 2021, cerca de 61% dos resíduos coletados foram destinados para aterros sanitários, enquanto 39% tiveram a disposição inadequada em lixões e aterros controlados (ABRELPE, 2022).

Em 2018, a quantidade de municípios com aterro sanitário foi estimada em mais de 2.500; aterros controlados foram registrados em 1.508 municípios e lixões em cerca de 1.493 municípios (ABRELPE, 2019). No final de 2018, o país contabilizava 3.257 lixões e aterros controlados e, após a criação do Programa Nacional Lixão Zero, determinado pelo Planares em abril de 2022, 809 foram desativados (o que representa 25% do total) (MMA, 2022). Cabe ressaltar que em julho de 2020 foi sancionado o Marco do Saneamento pela Lei Federal nº 14.026 (BRASIL, 2020), que estabelece um prazo para o fim dos lixões nos municípios, variando conforme a existência de plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos e por cobrança que garantem a sustentabilidade econômico-financeira, sendo:

I - até 2 de agosto de 2021, para capitais de Estados e Municípios integrantes de Região Metropolitana (RM) ou de Região Integrada de Desenvolvimento (Ride) de capitais;

II - até 2 de agosto de 2022, para Municípios com população superior a 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010, bem como para Municípios cuja mancha urbana da sede municipal esteja situada a menos de 20 (vinte) quilômetros da fronteira com países limítrofes;

III - até 2 de agosto de 2023, para Municípios com população entre 50.000 (cinquenta mil) e 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010; e IV - até 2 de agosto de 2024, para Municípios com população inferior a 50.000 (cinquenta mil) habitantes no Censo 2010 (BRASIL, 2020).

Para os resíduos recicláveis e orgânicos, no ano de 2020 foram coletados 66,64 milhões de toneladas de RSU no Brasil. Foram recuperados 1,07 milhões de toneladas de resíduos recicláveis, com 1.325 unidades de triagem cadastradas e 0,27 milhões de toneladas de resíduos orgânicos, com apenas 74 unidades de usinas/pátios de compostagem, o que representa um número consideravelmente baixo e indica que a prática de tratamento de orgânicos via compostagem não é muito adotada para recuperação de RSU (SNIS, 2021). A fração restante de matéria orgânica produzida nas cidades brasileiras tem sido encaminhada à disposição em aterros sanitários ou, de forma inapropriada, encaminhada para aterros controlados e lixões (SNIS, 2019).

O pequeno número de usinas ou pátios de compostagem indicam que a prática de tratamentos de resíduos orgânicos não é amplamente adotada para o processamento de RSU, pois as unidades de compostagem ativas receberam, entre resíduos domiciliares e públicos, um total de 303,5 mil toneladas em 2020, representando apenas 0,3% do quantitativo recebido de todas as unidades de tratamento de resíduos (SNIS, 2022).

Na questão da coleta seletiva, foi apresentado pela ABRELPE (2022) que cerca de 4.183 municípios do Brasil possuem algum tipo de iniciativa de coleta seletiva, representando mais de 75% do total de municípios do país. Isso indica que mais de 1.300 municípios não contam com nenhuma iniciativa de coleta seletiva. Também afirma que nem sempre as atividades da coleta seletiva englobam a totalidade de sua área urbana. Entretanto, em diversas localidades, a destinação correta dos resíduos sólidos ainda se encontra em estágios iniciais, fato que se reflete na sobrecarga do sistema de disposição final e na exploração excessiva dos recursos naturais, muitos dos quais já apresentam sinais de esgotamento (AGÊNCIA BRASIL, 2022). Somente as regiões Sul e Sudeste apresentaram um percentual acima de 90% dos municípios com alguma iniciativa nesse sentido (ABRELPE, 2022).

Moraes & Borja (2009) apontam motivos para a inadequada gestão dos RSU na maioria dos municípios brasileiros:

1. limitações de ordem financeira, como orçamentos inadequados, fluxo de caixas desequilibrados, taxas desatualizadas, quando existe, arrecadação insuficiente e inexistência de linha de crédito específica;
2. pouca capacidade institucional;
3. deficiência na capacitação técnica e profissional do gari ao engenheiro-chefe;
4. descontinuidade política e administrativa;
5. uso de tecnologias inadequadas às realidades institucional e operacional, à disponibilidade de recursos humanos e financeiros e aos aspectos de ordem sociocultural;
6. falta de programas de educação ambiental;
7. pouco envolvimento da sociedade com a problemática dos resíduos sólidos;
8. ausência de controle ambiental (MORAES; BORJA, 2009).

Em 2009, no município de Tibagi, interior do Estado do Paraná, foi criado e implementado o Programa Recicla Tibagi firmado convênio entre a Associação de Catadores de Materiais Recicláveis de Tibagi (ACAMARTI) e a Prefeitura Municipal, a qual é responsável pela limpeza pública (varrição de logradouros), coleta seletiva porta a porta, triagem dos resíduos, compostagem e destinação final dos RSU (ARZB, 2019).

É no Centro de Triagem e Compostagem (CTCT) que os resíduos coletados são encaminhados. Os materiais recicláveis (cerca de 28% do total coletado) são segregados (papel, plástico, vidro e metal), prensados e comercializados. Os resíduos orgânicos (56% do total coletado) são agregados ao material palhoso e dispostos em leiras no pátio de compostagem. Após o processo, o composto orgânico é vendido *in natura* para a prefeitura para ser utilizado em campos de futebol, ou utilizados na

produção de flores em canteiros na estufa dentro do próprio CTCT. Quanto aos rejeitos, representam 16% do total coletado, que após a coleta são encaminhados para o aterro sanitário controlado, que também se localiza nas delimitações do terreno do CTCT (SANTOS, 2012).

Hoje, o Programa Recicla Tibagi é referência nacional em recuperação de resíduos: recuperou 84% dos resíduos coletados por meio da reciclagem e compostagem, gerou empregos e renda para, em média, 80 associados, que antes eram catadores informais, além de aumentar a vida útil do aterro, com previsão de 20 anos para 75 anos (PCS, 2021).

Em Florianópolis-SC, a prefeitura criou o Programa Lixo Zero em junho de 2018. Lá, a coleta de resíduos sólidos é dividida em: coleta convencional de porta em porta (resíduos misturados destinado ao aterro sanitário); coleta seletiva de porta em porta (os resíduos recicláveis são entregues às associações de triadores de materiais recicláveis, sendo que durante o verão, a coleta é diária nos principais balneários); coleta de resíduos de saúde da rede pública municipal; rede de ecopontos, onde as pessoas podem entregar resíduos gratuitamente à razão de até um metro cúbico por dia; coleta exclusiva de vidro em pontos de entrega voluntária (PEV's); coleta de resíduos volumosos de porta em porta, agendada previamente uma vez por ano em todos os bairros da cidade; e recebimento de resíduos orgânicos de grandes geradores para o processo de compostagem (BRAGA et al., 2020).

O programa atingiu ótimos resultados e em 2018 a prefeitura de Florianópolis economizou 520 mil reais com gastos referentes aos resíduos orgânicos e lucro de 94,5 mil reais com compostos produzidos. Para que esse sistema circular de economia de recursos funcione cada vez melhor, a economia local deve se adaptar instituindo formas de fabricação com produtos poucos ofensivos ao meio ambiente, de forma que a coleta consiga recuperá-lo e aproveitá-lo (BRAGA et al., 2020).

Por isso, o acondicionamento dos resíduos sólidos domiciliares, que consiste na primeira etapa do gerenciamento de resíduos sólidos, é uma forma de prepará-los para a coleta de forma sanitariamente correta, e assim quanto melhor for o acondicionamento, o armazenamento e a disposição dos recipientes no local, dia e horários, melhor será a qualidade da operação da coleta e transporte de resíduos. A importância do acondicionamento adequado está em evitar acidentes, proliferação de vetores e doenças, minimizar o impacto olfativo e visual, reduzir a heterogeneidade dos resíduos e facilitar a realização da coleta (MONTEIRO et al., 2001).

A separação dos resíduos permite uma diminuição na quantidade de resíduos descartada diretamente no ambiente sem tratamento (CARDOSO & CARDOSO, 2016). Por isso, a importância da coleta seletiva: ela reduz riscos de contaminação do solo e da água, contribui para a utilização racional dos aterros sanitários, reduz o volume de resíduos a ser eliminados e incentiva a reutilização e a reciclagem (ALMEIDA & AMARAL, 2006).

### **3.5 Compostagem: alternativa de destinação final para resíduos orgânicos**

Segundo dados de 2010 do IBGE (IBGE, 2010), do total de RSU gerados nas cidades brasileiras, cerca de 51,4% eram resíduos orgânicos, sendo que somente 1,6% destes recebiam o devido tratamento e disposição final, pois a maioria desses resíduos encontravam-se misturados com embalagens (recicláveis) e rejeitos (IPEA, 2012).

Dados mais recentes, da ABRELPE (2020), demonstram que este valor de resíduos orgânicos diminuiu: na composição gravimétrica do país representam 45,3%, correspondendo a um pouco mais de 36 milhões de toneladas de restos de alimentos e resíduos de podas, ou seja, 170 Kg de matéria orgânica descartadas por pessoa a cada ano.

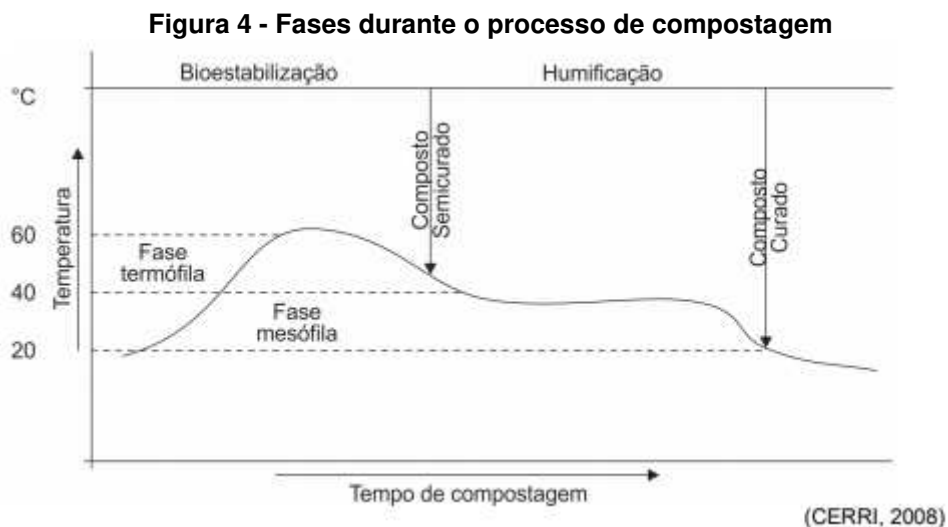
Uma alternativa de destinação e tratamento para o resíduo orgânico é a compostagem, considerado um método barato e acessível quando comparado a outras técnicas de tratamento, sendo eficaz na redução de volume e teor de umidade, contribuindo com a redução da quantidade de material a ser aterrado, aumentando a vida útil dos aterros sanitários e reduzindo a emissão de gás metano e na geração de lixiviado (MASSUKADO, 2018).

Segundo Kiehl (1998, p. 1-2), “a compostagem é um processo controlado de decomposição microbiana aeróbia e exotérmica, é acompanhada o teor de umidade, temperatura e aeração, formando dióxido de carbono, água, sais minerais e matéria orgânica estabilizada, denominada de composto”.

O sucesso da compostagem, depende da ação e da interação dos microrganismos com o meio, por isso é necessário o controle de alguns fatores, como temperatura, relação carbono/nitrogênio (C/N), umidade, aeração, pH, granulometria do material e dimensões das leiras (BIDONE, 2001). Esses fatores têm o intuito de promover um ambiente propício para a degradação por parte dos microrganismos, além de possibilitar sua qualidade e viabilidade para uso como fonte de nutrientes

para as plantas e prevenir efeitos prejudiciais que possam afetar o meio ambiente (PEREIRA NETO, 1999).

A temperatura tende a variar durante todo o processo de compostagem, sendo dividido em quatro fases principais (Figura 4): fase de aquecimento, fase termofílica, fase mesofílica e a fase de resfriamento e maturação (INÁCIO; MILLER, 2009).



**Fonte: Adaptado de Kiehl (1985)**

Inácio e Miller (2009) explicam as fases descritas na Figura 4:

I) Fase de aquecimento: no momento inicial do processo, ocorre o aumento das colônias de microrganismos e a intensificação da decomposição, além da liberação do calor e elevação da temperatura podendo chegar até 45°C no interior das leiras. Trata-se de uma fase considerada rápida, que dura entre 15 horas até 3 dias.

II) Fase termofílica: caracterizada por temperaturas superiores a 45°C, normalmente na faixa de 50 a 65°C. Nesta fase, ocorre uma intensa decomposição do material pelos microrganismos e a aeração é essencial nesta fase, para manter a decomposição acelerada e as temperaturas altas. Essa fase tem tempo de duração variável, dependente do tipo do material que está sendo compostado.

III) Fase mesofílica: fase em que a temperatura começa a decair e há perda intensa de umidade e redução da atividade microbiana. Trata-se do início da maturação do composto.

IV) Fase de resfriamento e maturação: ocorre a formação de substâncias húmicas, perda da capacidade de auto-aquecimento das leiras, significando que a



temperatura fica próxima da temperatura ambiente, tornando a decomposição mais lenta.

De acordo com Nunes (2009), a compostagem necessita de uma combinação de resíduos úmidos (ricos em nitrogênio) e de resíduos secos (ricos em carbono). O material rico em carbono são, por exemplo, folhas secas, capim, podas de árvores e palhas, e materiais ricos em nitrogênio são, por exemplo, restos de frutas, legumes e verduras, bagaços, borra de café e casca de ovos. Porém, com a falta da coleta seletiva em três frações, esses materiais acabam sendo misturados com resíduos perigosos, rejeitos e outros que não são coletados de forma seletiva, sendo encaminhados para o aterro sanitário (MASSUKADO, 2018). Se essa maneira de descarte fosse evitada e os resíduos orgânicos fossem segregados na fonte geradora, a maioria dos municípios teria uma redução de custos e despesas, iria aumentar a vida útil dos aterros e evitaria a contaminação do resíduo orgânico por resíduo perigoso (MASSUKADO, 2018; MARCHI&GONÇALVES, 2020).

A umidade nas leiras permite a atuação mais eficiente dos microrganismos no processo de compostagem. Porém, o excesso de umidade pode reduzir a entrada de oxigênio no interior da leira, tendo em vista que a matéria orgânica em decomposição é hidrófila e as moléculas de água se fixam na superfície das partículas, saturando tanto os seus microporos quanto os macroporos (VALENTE et al., 2009). Além disso, o excesso de umidade pode gerar chorume, atrair vetores e insetos e resultar em mau cheiro (NUNES, 2009). O teor de umidade considerado ideal para o processo de compostagem varia entre 50 e 60% (VALENTE et al., 2009).

Assim, nota-se que a aeração, além de ter a função de introduzir oxigênio ao sistema de compostagem, contribui para o ajuste da temperatura e a eliminação da umidade excessiva. A aeração pode ser manual, mecânica ou por injeção de ar (MASSUKADO, 2018).

Segundo Pereira Neto (1989) a frequência de revolvimento recomendada é de três em três dias no primeiro mês do processo, e a cada seis dias, no decorrer até que a leira atinja temperaturas máximas inferiores a 40°C. O revolvimento é importante pois auxilia na homogeneização do material, aumenta a porosidade, controla a temperatura interna da leira e diminui o teor de umidade dos materiais (FERNANDES; SILVA, 1999).

O pH pode variar durante o processo de compostagem: no início é caracterizado por uma queda, pois são produzidos dióxido de carbono e ácidos

orgânicos: o composto bioestabilizado apresenta pH neutro e o composto humificado tem reação alcalina (KIEHL, 2010). Pereira Neto (2007) afirma que a compostagem pode ser realizada em um intervalo de pH de 4,5 a 9,5, sendo que os valores extremos são regulados naturalmente pelos microrganismos por meio da degradação dos compostos.

Se o pH apresentar valores extremos no processo de compostagem, pode prejudicar a sua eficiência, no entanto, se o pH estiver abaixo de 5, indica que houve diminuição da atividade microbiana, fazendo com que a fase termofílica não seja atingida (ANDREOLI et al., 2001). Ao contrário, se o pH apresentar valores altos no início do processo, estudos demonstram que pode ocorrer deficiência de fósforo ou de micronutrientes, além da perda de nitrogênio por volatilização (REZENDE, 2005).

No final do processo, é esperado que o pH do composto apresente valor entre 6 e 7. Nesse intervalo, os macros e micronutrientes encontram-se mais disponíveis para aplicação no solo (DAL BOSCO et al., 2017).

A granulometria, ou seja, o tamanho das partículas dos resíduos a serem compostados, define a extensão da superfície disponível para a ação microbiana, além de influenciar na aeração da leira pela porosidade (INÁCIO & MILLER, 2009).

Quanto menor a partícula do material mais rápida acontece a decomposição pelos microrganismos, por isso, é recomendado a trituração dos resíduos (INÁCIO & MILLER, 2009). Na literatura, são encontradas várias orientações para o tamanho das partículas. Para Pereira Neto (1989) devem ser entre 1 e 5 cm e para Kiehl (2010) entre 2,5 e 7,5 cm. De forma geral, a granulometria considerada ideal é aquela em que não ocorre a compactação da leira e que permita a ação eficiente e rápida dos microrganismos sobre o material (CARNEIRO, 2012).

No resíduo orgânico no processo de compostagem pode-se encontrar uma população diversificada de microrganismos, sendo alguns patogênicos, responsáveis por doenças e infecções no ser humano, animais e plantas (RUSSO, 2003). A compostagem é capaz de eliminar esses microrganismos patogênicos (BIDONE; POVINELLI, 1999).

As bactérias são encontradas durante o processo, em maior número, são decompositoras mais rápidas, ou seja, decompõem mais matéria orgânica do que os fungos e actinomicetos. Os fungos são responsáveis pela decomposição de materiais com hemicelulose, celulose e lignina, e tendem a aparecer nos últimos estágios da compostagem. Os actinomicetos produzem enzimas que dissolvem diversos materiais

e, além disso, os actinomicetos podem degradar grande quantidade de substratos como ácidos orgânicos, hemicelulose, açúcares, amidos, proteínas, lignina e polipeptídios (CARNEIRO, 2012).

As bactérias que podem ser encontradas em resíduos orgânicos que seguem para o processo de compostagem são a *Salmonella typhi*, *Salmonella sp*, coliformes fecais, *Leptospira* entre outros (FUNASA, 2004).

Segundo Bidone e Povinelli (1999), para eliminar organismos patogênicos e parasitas, o mecanismo mais utilizado e eficiente, é o tempo de exposição à alta temperatura, garantido a qualidade sanitária do composto.

Na Resolução CONAMA nº 481, de 3 de outubro de 2017 (BRASIL, 2017), estabelecem-se critérios para garantir o controle e qualidade ambiental da compostagem, determinando a temperatura e o período mínimo de higienização (Tabela 3).

**Tabela 3 - Período de tempo e temperatura necessários para higienização dos resíduos orgânicos em processo de compostagem**

Tipo de sistema	Temperatura (°C)	Tempo (dias)
Sistema aberto	> 55 °C	14
	> 65 °C	3
Sistema fechado	> 60 °C	3

**Fonte: Adaptado de BRASIL (2017)**

As usinas de compostagem podem gerar emprego e renda, e reduzem a quantidade de resíduos que serão dispostos no solo (MONTEIRO et al., 2001). O local onde se executa o processo de compostagem é chamado de pátio ou usina de compostagem e segundo Monteiro et al. (2001) o pátio de leiras deve ser plano e bem compactado, se possível, pavimentado com asfalto ou argila e possuir declividade suficiente, de 2%, para escoamento das águas pluviais e do eventual chorume produzido durante a compostagem.

A Resolução do CONAMA nº 481/2017 que estabelece critérios e procedimentos para a garantia do controle e da qualidade ambiental em processos de compostagem. No Anexo I da Resolução, especifica-se a temperatura e o período de tempo necessários para higienização dos resíduos orgânicos durante o processo em sistemas abertos e fechados (BRASIL, 2017).

No Estado do Paraná, a Resolução CEMA nº 90/2013 dispõe condições e critérios para empreendimentos de compostagem de resíduos orgânicos de origem urbana e para o uso do composto gerado. As usinas de compostagem devem ser licenciadas de acordo com as modalidades estabelecidas na referida Resolução, apresentada no Tabela 4:

**Tabela 4 - Modalidades de licenciamento de empreendimentos de compostagem conforme o porte**

Quantidade (ton/dia)	Porte	Modalidade da licença
Até 10	Micro	LAS
Superior a 10 até 20	Pequeno	LP, LI, LO
Superior a 21 até 30	Médio	LP, LI, LO
Superior a 31 até 40	Grande	LP, LI, LO
Superior a 40	Excepcional	LP, LI, LO (sujeito a apresentação de EIA/RIMA)

**Legenda:**

LAS: Licença Ambiental Simplificada; LP: Licença Prévia; LI: Licença de Instalação; LO: Licença de Operação; EIA: Estudo de Impacto Ambiental; RIMA: Relatório de Impacto Ambiental.

**Fonte: adaptado de PARANÁ (2013)**

O Art. 6º da Resolução CEMA nº90/2013 (PARANÁ, 2013) determina que na área de processamento da compostagem deve conter:

- I. medidas técnicas para evitar incômodos à população local, proliferação de vetores e contaminação do solo, subsolo e águas subsuperficiais.
- II. sistema de coleta, contenção, tratamento dos efluentes gerados e drenagem de água pluviais.
- III. base impermeável com piso de concreto, geomembrana ou sistemas semelhantes.
- IV. sistema de proteção contra intempéries para armazenar os resíduos in natura, o material em compostagem e o composto.
- V. área devidamente isolada e sinalizada, inclusive com uma barreira vegetal, sendo proibido o acesso de pessoas não autorizadas e animais.
- VI. vias de acesso que permitam a circulação de veículos pesados, mesmo em situações climáticas adversas.
- VII. uma distância mínima de 200 metros de residências isoladas e vias públicas e a 400 metros de núcleos populacionais (PARANÁ, 2013).

Ainda a Resolução CEMA nº 90/2013, define a área de processamento de compostagem, como local que possui recepção e armazenamento temporário dos resíduos *in natura* e o local onde será realizado a compostagem (PARANÁ, 2013).

A disposição das leiras deve respeitar os parâmetros técnicos de operação. Segundo Oliveira, Sartori e Garcez (2008), a altura mínima é de 1,5 metro, pois altura inferiores não apresentam o volume suficiente para manutenção do processo, e altura máxima de 1,8 metro, sendo que altura superior a este valor pode apresentar peso excessivo e, conseqüentemente, compactação do material da base a ser compostado. Ainda os autores citam que no dimensionamento do pátio, deve-se prevenir um espaço entre as leiras para circulação de veículos e máquinas, além de uma área para armazenar o composto orgânico pronto (JERÔNIMO, 2019).

Gouveia (2021) afirma que é fundamental que o município disponha da área necessária e adequada para implantação do pátio de compostagem e, assim, pode-se obter o dimensionamento do pátio por meio dos seguintes dados: número de habitantes, quantidade de resíduos sólidos gerados, base e altura da leira, densidade da mistura do resíduo orgânico e acréscimo de 10% na área calculada, como fator de segurança.

### **3.6 Educação Ambiental em condomínios residenciais**

Londrina é a cidade mais verticalizada do Estado do Paraná e a 6ª cidade brasileira em número de edifícios acima de 12 pavimentos (CBN LONDRINA, 2019). Casaril (2008) afirma que até no ano 2000 o total de edifícios residenciais e mistos ultrapassavam 500 edifícios na cidade, contando com mais de 13 mil unidades habitacionais. Após 2010, a região da Gleba Palhano, região sul do município, ganhou foco na verticalização, e foram em média 85 novos edifícios na região (CAVATORTA, 2021).

Desta forma, o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nestes locais requer atenção e políticas públicas (NASCIMENTO; CURI, 2013) e a segregação na fonte deve ser orientada para a redução dos impactos ambientais e aumentar os benefícios sociais, em conjunto com a viabilidade econômica (PINTO; MONDELLI, 2017).

Neste sentido, a Educação Ambiental atua como processo educativo, permanente e contínuo e tem como objetivo desenvolver uma filosofia de vida ética e moral, com harmonia e respeito com a natureza e os seres humanos. Assim, é

possível fornecer conhecimentos e incentivar o exercício da cidadania (PERSICH & SILVEIRA, 2011). Persich e Silveira, destacam que a Educação Ambiental é a ferramenta primordial para a implementação de projetos relacionados aos resíduos sólidos.

Segundo a Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), entende-se por Educação Ambiental:

Os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, atitudes, habilidades e competência voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sustentabilidade (BRASIL, 1999).

A PNEA trata a questão da Educação Ambiental como um componente essencial e permanente da educação nacional, e deve estar presente em todos os níveis e modalidades do processo educativo, seja formal ou não-formal (BRASIL, 1999).

Nesse contexto, a Educação Ambiental está na dinâmica da aprendizagem, a partir da concepção de que o homem é o principal protagonista do processo de segregação dos resíduos sólidos na origem (MARCHI, 2015). Segundo Persich & Silveira (2011) as campanhas educativas contribuem para mobilizar a sociedade, tendo sua participação efetiva e ativa na implantação da coleta seletiva de resíduos sólidos, separando os materiais recicláveis e/ou reutilizáveis diretamente na fonte de geração.

A Educação Ambiental na gestão dos resíduos sólidos é integrante da PNRS e, conforme o Art. 82 do Decreto Federal nº 10.936 de 12 de janeiro de 2022, tem como objetivo aperfeiçoar conhecimentos, valores, atitudes e estilo de vida relacionados com a gestão e com o gerenciamento ambientalmente correto de resíduos sólidos (BRASIL, 2022).

O papel da comunidade no desenvolvimento de projetos de Educação Ambiental, envolvem a todos, a fim de divulgar a ideia de que a reciclagem não pode ser considerada somente a solução, mas também a mudança de hábitos e atitudes, com ações que minimizem a quantidade de resíduos na fonte geradora, como por exemplo, consumindo menos e reutilizando embalagens descartáveis (PERSICH & SILVEIRA, 2011).

Os condomínios residenciais, por concentrarem uma significativa quantidade de pessoas, constituem grandes geradores de resíduos, necessitando assim de

programas e ações de sensibilização junto aos moradores, com o objetivo de melhorar o processo da coleta seletiva (separação, armazenamento e retirada dos resíduos) junto com a destinação ambientalmente correta (BACHINI; SILVEIRA; KITZMANN, 2015).

Segundo Kitzmann (2009) a tríade das Práticas de Gestão Ambiental (PGAs), são constituídas por Infraestrutura, Pessoas e Planejamento, representando uma interação necessária às boas práticas de gestão ambiental. Esses três elementos atuam juntos efetivamente, não podendo ser separados. As pessoas são representadas pelos moradores dos condomínios, a infraestrutura refere-se aos locais disponíveis para o armazenamento temporário dos resíduos e o planejamento constitui a forma de organização e articulação entre pessoas e infraestrutura, para atender à legislação vigente. Ainda a autora supracitada afirma que a comunidade precisa estar comprometida e preparada para a ação, além de conter condições técnicas e materiais para uma atuação qualificada.

O estudo de Nakano (2019) caracterizou, por meio de análises qualitativas, a dinâmica da geração de resíduos sólidos em condomínios verticais na cidade de Londrina-PR, e também analisou o conhecimento dos moradores sobre coleta seletiva e sua sensibilização com o meio ambiente (NAKANO, 2019), o autor concluiu que é necessário desenvolver ações de Educação Ambiental em condomínios, orientar quanto ao sistema de coleta pública, principalmente de resíduos recicláveis e orientar a segregação dos resíduos, a fim de evitar o descarte incorreto.

De Paula Pinto et al. (2016) implementaram composteiras em edifícios domiciliares na cidade de São Paulo, gerando um composto orgânico para uso local. Os autores reconheceram os desafios de sensibilização e incentivaram a participação dos moradores na gestão de resíduos sólidos, possibilitando ações de Educação Ambiental entre eles.

Góes et al. (2019), em um condomínio residencial horizontal em João Pessoa, na Paraíba, tiveram o propósito de estabelecer uma solução eficaz de tratamento dos resíduos orgânicos gerados pelos moradores. Assim, foram feitos treinamentos com funcionários para organização da coleta de resíduos orgânicos e conscientização com moradores. Os resultados demonstraram um aumento na conscientização e no conhecimento dos moradores em relação à importância de diminuir a geração de resíduos secos misturados com resíduos orgânicos, e também no manejo adequado dos orgânicos e sua correta destinação.

Na cidade de São Paulo, em um condomínio vertical com cerca de 400 apartamentos, o síndico planejou mudanças e implantou uma pequena usina de compostagem dentro do condomínio, assim os próprios moradores fazem a separação dos resíduos em sua residência e o composto produzido é utilizado na horta do condomínio. Além da boa prática, o condomínio reduziu custos com a compra de sacos plásticos que antes eram utilizados para acondicionar os resíduos para a coleta (GLOBO RURAL, 2021).

Nota-se, portanto, que para que mais usinas de compostagem sejam implantadas e postas em funcionamento, é necessário a segregação dos resíduos em três frações na fonte geradora, e essa ação realizar deve contemplar, primeiramente, a aplicação de estratégias de Educação Ambiental na sociedade para sua orientação e sensibilização.



## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização do Condomínio Vertical

O condomínio vertical estudado se localiza no bairro Gleba Fazenda Palhano, na região Sul do município de Londrina-PR. Possui uma torre de habitação, de 27 andares, com quatro apartamentos por andar. Atualmente, o condomínio abriga 317 moradores.

Os apartamentos do condomínio possuem uma área privada de 199 m<sup>2</sup>, além de uma área externa com academia, brinquedoteca, churrasqueira, piscina, *playground*, quadra poliesportiva, salão de festas, espaço *gourmet* e casa na árvore.

Atualmente, os resíduos são separados em orgânicos/rejeitos (juntos) e recicláveis e dispostos em duas lixeiras, uma para cada tipo de resíduo, além de conter um recipiente para descarte de tampinhas plásticas com o intuito de arrecadar para campanhas solidárias (Figura 5). As lixeiras ficam localizadas no *hall* de serviço de cada andar, sendo uma (Lixeira A) de cor verde escura, com saco da cor preta, para resíduos orgânicos e rejeitos e outra lixeira (B) de cor azul, com saco na cor verde, para resíduos recicláveis.

**Figura 5 - Hall de serviço de cada andar com lixeiras para acondicionar resíduos sólidos gerados pelos moradores**



Fonte: Autoria própria (2023)

Todos os dias o zelador do condomínio passa em todos os andares para recolher os resíduos gerados e levá-los para uma Área de Transbordo Temporário (ATT) que fica na garagem, no subsolo do condomínio.

A coleta externa de resíduos orgânicos e rejeitos é feita por uma empresa terceirizada contratada pela Prefeitura de Londrina. O caminhão da coleta recolhe os resíduos todos os dias no período da noite, com exceção do domingo. Já a coleta de recicláveis é realizada duas vezes por semana, nas terças-feiras e sextas-feiras, no período da manhã. O condomínio entrega esse resíduo para a coleta informal, ou seja, o material reciclável não é entregue para uma das sete cooperativas credenciadas à Prefeitura.

#### **4.2 Coleta de dados e orientação para moradores e funcionários**

A coleta de dados foi realizada no período de um mês, entre os dias 31 de julho a 31 de agosto, diariamente, de segunda-feira a sábado, com o acompanhamento do zelador, responsável pelo gerenciamento de resíduos no condomínio.

Inicialmente, foi realizado um treinamento com os zeladores e funcionários do condomínio, para explicar como funcionaria o gerenciamento dos resíduos neste novo formato da coleta seletiva, em três frações: orgânicos, recicláveis e rejeitos.

Paralelamente, foi feita a orientação e a sensibilização dos moradores e funcionários das residências por meio de um informativo (Figura 6) contendo a contextualização do trabalho e as orientações necessárias para a segregação dos resíduos em três frações. Estes panfletos foram impressos e distribuídos para cada apartamento, por meio do sistema de distribuição de correspondência física.

Figura 6 - Modelo de informativo entregue para cada apartamento de modo impresso

## Estudo sobre os resíduos sólidos gerados no Condomínio

Caros(as) condôminos(as):


A partir de segunda-feira, dia **31/07/2023**, colaboraremos com o desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) da estudante Denise Maki e da UTFPR Londrina, que analisará os resíduos que geramos aqui no Condomínio.


Pedimos, por gentileza, para que passem a separar os resíduos gerados em suas casas em **3 frações**:

- **Orgânicos** (cascas e restos de frutas, legumes e verduras, cascas de ovos, borra de café, restos de alimentos em geral, exceto carnes).
- **Rejeitos** (lixo do banheiro, fraldas, guardanapos, cotonetes, carnes).
- **Reciclável** (papel, papelão, plástico, vidro, metal e isopor).

No hall de serviço serão disponibilizados **sacos plásticos marrom** para o descarte dos resíduos **orgânicos** a serem destinados na **lixeira verde escuro**. Neste saco, há uma etiqueta para que possam indicar quantas pessoas geraram esse resíduo. O estudo será realizado de **31 de julho a 31 de agosto** de 2023.

Agradecemos, antecipadamente, pela colaboração de todos(as)!





Em caso de dúvidas, por favor, contactar:  
✉ [denisemaki28@gmail.com](mailto:denisemaki28@gmail.com)

**Fonte: Autoria própria (2023)**

Outro panfleto (Figura 7) foi impresso e afixado nos elevadores do prédio. O mesmo informativo, em formato digital, foi enviado às unidades por meio do aplicativo de gestão do condomínio, incentivando os moradores a realizarem a separação dos resíduos em três frações, aplicando a correta segregação dos resíduos gerados nas residências.

**Figura 7 - Modelo de informativo utilizado no elevador e enviado aos condôminos na forma digital**

## Estudo sobre os resíduos sólidos gerados neste Condomínio

Olá, me chamo Denise e sou estudante de Engenharia Ambiental e Sanitária da UTFPR Londrina. Irei desenvolver meu TCC aqui no condomínio entre os dias **31 de julho e 31 de agosto**.

Objetivo: caracterizar os resíduos recicláveis e quantificar os resíduos orgânicos e rejeitos gerados no condomínio a fim de obter dados para a projeção de um pátio de compostagem municipal destinado ao tratamento da fração orgânica dos resíduos domiciliares, em atendimento à legislação.

### Como separar corretamente?

Os sacos da cor marrom estarão disponibilizados diariamente no hall de serviço



Fonte: Autoria própria (2023)

Todos os dias foram disponibilizados sacos plásticos da cor marrom para o acondicionamento dos resíduos orgânicos, de modo a estimular os moradores a participarem do estudo. Nos primeiros 8 dias, até os moradores criarem o hábito da separação da fração orgânica, optou-se por colocar os sacos na porta de cada apartamento. Após 8 dias, foi entregue um novo informativo de porta-em-porta para reforçar o convite e informar que os sacos estariam disponíveis no *hall* de serviço de cada andar (Figura 8), com o intuito de diminuir o desperdício dos sacos. Já os rejeitos e recicláveis foram descartados normalmente, cada um em sua lixeira, como já vinha sendo praticado no condomínio.

Nos sacos marrons disponibilizados (Figura 8), havia um campo para indicação, por parte dos moradores, de quantas pessoas foram responsáveis pela geração daquele resíduo, informação essencial para o cálculo da geração per capita.

**Figura 8 - Saco marrom com campo para indicação do nº do andar e nº de moradores (a); Saco marrom disponibilizado no hall de serviço (b)**



a)



b)

### 4.3 Amostragem dos resíduos sólidos

A amostragem de resíduos recicláveis foi realizada duas vezes por semana, nas segundas e quintas-feiras, no período vespertino, antes da coleta externa. Os resíduos recicláveis foram analisados de forma qualitativa e quantitativa. Assim, foi utilizado o método de quarteamento (Figura 9), que segundo a norma da ABNT 10.007 (2004b), é um processo de divisão em quatro partes de uma amostra pré-homogeneizada, sendo selecionadas duas partes opostas para análise e as outras duas partes são descartadas.



**Figura 9 - Método de quarteamento para amostragem de resíduos recicláveis**



**Fonte: Aatoria própria (2023)**

Na separação dos recicláveis (Figura 10), foram utilizados baldes graduados com volume de 12 litros e latões de metal com volume de 100 L.

Os sacos selecionados no processo de quarteamento foram pesados com uma balança digital e depois abertos para segregação em: papel, plástico, vidro, metal e isopor, além de rejeitos (quando misturado junto aos recicláveis).

O papelão, especificamente, era depositado todos os dias em um *big bag*, e na pesagem era colocado solto na balança. Assim, não foi possível saber o volume ocupado no *big bag*, e, portanto, calcular o peso específico do material.

A amostragem de resíduos orgânicos e rejeitos ocorreu, diariamente, por 28 dias, também no período vespertino. Após a coleta dos resíduos em todos os andares, estes eram levados até a ATT. Assim, os sacos da cor marrom e da cor preta foram pesados separadamente com o auxílio de uma balança digital.

Após a coleta dos dados foram determinados: geração per capita, composição gravimétrica e peso específico.

**Figura 10 - Materiais utilizados na gravimetria**



**Fonte: Autoria própria (2023)**

#### 4.3.1 Geração per capita

O cálculo da quantidade de resíduos domiciliares gerados pelo número de habitantes do condomínio, por dia, é dado pela Equação 1.

$$geração\ per\ capita = \frac{massa\ dos\ resíduos}{número\ de\ habitantes * tempo\ de\ amostragem} \quad (1)$$

A geração per capita, em kg.hab<sup>-1</sup>.dia, foi calculada para: resíduos recicláveis, resíduos orgânicos, rejeitos e para a geração geral (somatório das três frações).

Para os materiais recicláveis, devido ao fato de as gravimetrias serem realizadas na segunda-feira e quinta-feira, o valor total em quilograma analisado, foi dividido, respectivamente, por 4 (em função dos dias de geração dos resíduos: sexta-feira, sábado, domingo e segunda-feira), e por 3 (visto que foram gerados na terça-feira, quarta-feira e quinta-feira).

Para os resíduos orgânicos, quando não especificado na etiqueta do saco marrom, o número de moradores, foi considerado dois moradores. Como a adesão dos moradores que fizeram a separação em três frações dos resíduos não foi de

100%, o cálculo da geração per capita dos resíduos orgânicos foi realizado apenas para a quantidade de pessoas que fizeram a devida segregação de resíduos na fonte.

Já para os resíduos recicláveis e rejeitos, o número adotado foi o equivalente aos 317 moradores do condomínio vertical.

Após a pesagem de cada tipo de material, calculou-se a porcentagem de cada tipo de resíduo em função do peso total de resíduos, conforme a Equação 2.

$$\% = \frac{\text{massa do material}}{\text{massa total dos resíduos}} * 100 \quad (2)$$

#### 4.3.2 Peso específico

O peso específico depende da quantidade dos resíduos (kg) e do volume ocupado livremente (m<sup>3</sup>), sem compactação. Deste modo, pode ser calculado conforme a Equação 3.

$$\gamma = \frac{\text{massa dos resíduos}}{\text{volume}} \quad (3)$$

Destaca-se que este parâmetro foi calculado para cada fração (orgânicos, recicláveis e rejeitos) e para os materiais recicláveis por categoria: papel, papelão, plástico, vidro, metal, isopor e outros.

Conhecendo o volume do balde utilizado na gravimetria (12 litros), o volume do saco de lixo marrom (10 litros) utilizado para orgânico e do saco de lixo preto (100 litros) utilizado para o armazenamento do rejeito, foi possível calcular o peso específico de cada fração.

O peso específico do resíduo reciclável (exceto papelão) foi calculado para cada balde analisado de cada tipo de material, e a partir desses resultados, obteve-se os valores máximos, médios e mínimos.

#### 4.4 Análise dos dados

Os dados diários foram inseridos em planilha da plataforma *Google Sheets*, e após a coleta de dados, foram analisados de modo a determinar valores máximos, médios e mínimos da geração per capita, da composição gravimétrica e do peso específico dos resíduos sólidos gerados.



A análise para determinar o comportamento da geração de resíduos segundo a época do mês (início, meio e fim) considerou a sistemática apresentada no Quadro 1.

**Quadro 1 - Determinação das fases do mês segundo as semanas de estudo**

Fase	Semana/dias
Início do mês	1ª semana
Meio do mês	2ª e 3ª semana
Final do mês	4ª semana e 5ª semana

Fonte: Autoria própria (2023)

Destaca-se que quando se realizou a análise semanal para observar a variação da geração, considerando que não há coleta interna aos domingos, dividiu-se a geração de resíduos observada na segunda-feira por dois (tendo em vista dois dias de geração de resíduos).

#### 4.5 Dimensionamento do pátio de compostagem

O local para a implantação de uma usina de compostagem, requer um espaço amplo para atender todas as etapas do processamento dos resíduos orgânicos (MONTEIRO et al., 2001; BRASIL, 2017). São elas:

- área para as leiras (pátio de compostagem);
- área para armazenamentos dos resíduos (principalmente os materiais ricos em carbono, como podas de árvore, folhas e serragens);
- área para circulação de veículos e maquinários;
- área de folga para revolvimento;
- área para período de maturação do composto;
- área para a estação de tratamento de lixiviados;
- área para estocagem do composto orgânico pronto.

Primeiramente, para o dimensionamento do pátio de compostagem, calculou-se o volume de uma leira. Com os dados da geração per capita diária da população e o peso específico dos resíduos orgânicos foi calculado o volume da leira (V), pela Equação 4.

$$V = \frac{\text{massa do resíduo orgânico}}{\text{massa específica do resíduo orgânico}} \quad (4)$$

A partir do volume do resíduo orgânico gerado diariamente, acrescentou-se o volume de matéria seca (folhas, galhos e poda em geral) de modo a se respeitar a relação Carbono/Nitrogênio (C/N) inicial ideal para o processo de compostagem, preconizado por Kiehl (2004), na qual afirma que a relação C/N entre 25:1 e 35:1 é considerada ótima, pois nesse intervalo permite uma rápida e eficiente degradação da matéria orgânica. Neste trabalho, adotou-se uma proporção de dois para um em volume, ou seja, para cada 1L de resíduo orgânico de origem domiciliar, acrescentou-se 2L de matéria seca.

De acordo com o Compromisso Empresarial de Reciclagem (CEMPRE) (2018), o tamanho das leiras deve ter entre 1,2 e 1,8 metros de altura, podendo ser maiores, caso o maquinário de revolvimento seja compatível. Geralmente o formato das leiras são cônicas, trapezoidais ou piramidais (Figura 11).

**Figura 11 - Tipos de formato de leiras**



**Fonte: Rehagro (2023)**

Para o dimensionamento do pátio do condomínio e do município, adotou-se o método de cálculo para leiras piramidais. Para o cálculo da área da seção reta ( $A_s$ ) (Equação 5), foram estimados valores para a base e a altura.

$$A_s = \frac{(base \cdot altura)}{2} \quad (5)$$

Desse modo, foi calculado o comprimento da leira ( $L$ ), pela Equação 6.

$$L = \frac{V}{A_s} \quad (6)$$

O dimensionamento do pátio de compostagem considerou a área da base das leiras mais a área prevista para o revolvimento feito pela máquina. Para o cálculo da área da base da leira ( $A_b$ ), utilizou-se a Equação 7.

$$Ab = base * L \quad (7)$$

Para a área adicional de revolvimento da leira ( $Ar$ ), considerou-se o mesmo tamanho da área de base, conforme mostrado na Equação 8.

$$Ar = Ab \quad (8)$$

Assim, a área total das leiras foi calculada pela Equação 9.

$$At = Ab + Ar \quad (9)$$

Com relação ao tempo de compostagem, Bidone e Povinelli (1999) afirmam que uma leira necessita de aproximadamente 100 dias em condições controladas para alcançar a estabilização. Já Fernandes (1999) afirma que, dependendo do comportamento dos parâmetros da compostagem, a duração do processo pode chegar a 140 dias.

Assim, optou-se pela adoção de 140 dias para o ciclo completo da compostagem neste trabalho. Deste modo, considerando que será feita a montagem de uma leira por dia, o pátio foi calculado para 140 leiras, conforme a Equação 10.

$$Au = n^{\circ} \text{ de leiras} * At \quad (10)$$

Na área total do pátio ( $At$ ), Gouveia (2021) define que é importante acrescentar 10% na área calculada, como coeficiente de segurança. Assim, a  $AT$  foi calculada pela Equação 11.

$$AT = Au + \left( \frac{10}{100} * Au \right) \quad (11)$$

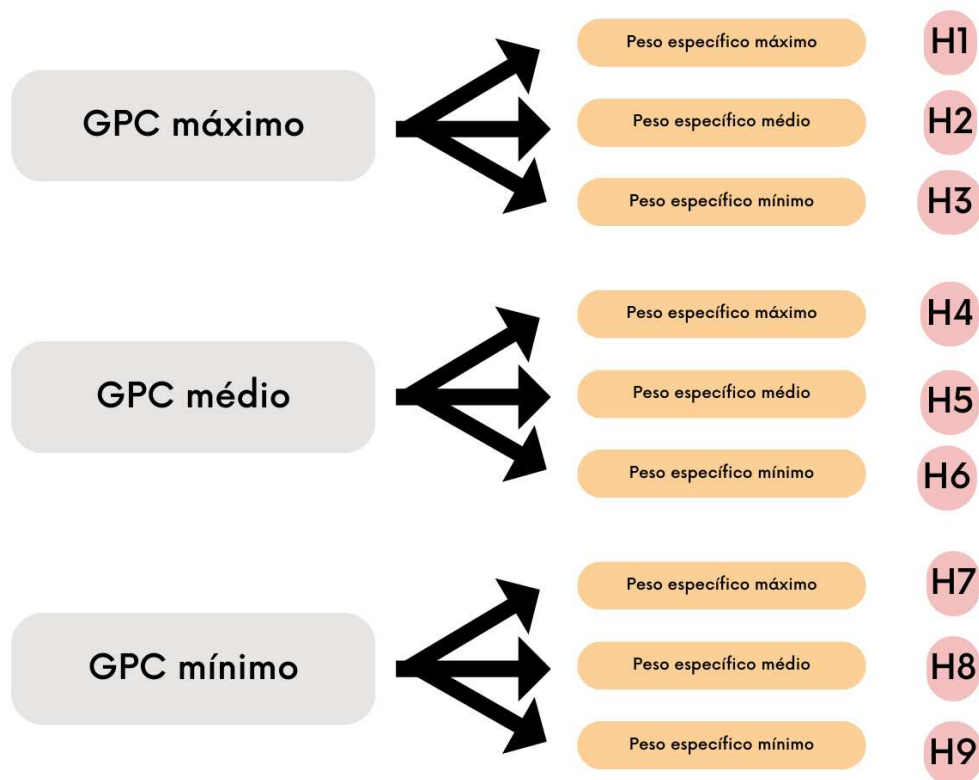
Para uma unidade com capacidade de processar até 4 ton.dia<sup>-1</sup> de resíduos por 8 horas por dia, Gouveia (2021) estimou 14 funcionários para trabalharem, desde a triagem, o transporte de resíduos, a gerência, a administração e a segurança. O autor dimensionou a área de apoio com cerca de 20 m<sup>2</sup>. Este valor foi utilizado como referência para este dimensionamento.

#### 4.5.1 Dimensionamento do pátio de compostagem para o condomínio estudado

O cálculo do pátio de compostagem para o condomínio em estudo foi realizado com os valores máximos, médios e mínimos da geração per capita de resíduos orgânicos. Estes valores foram associados aos dados de peso específico máximo, médio e mínimo levantados no condomínio, de modo a se avaliar a variação do tamanho do pátio em razão dos dados definidos para o dimensionamento.

Na Figura 12 apresenta-se o esquema utilizado para o dimensionamento do pátio de compostagem, resultando em 9 hipóteses.

**Figura 12 - Esquema das hipóteses para o dimensionamento do pátio de compostagem do condomínio estudado**



**Nota: GPC: Geração per capita de resíduos orgânicos;**

**H1: Geração per capita máxima + peso específico máximo; H2: Geração per capita máxima + peso específico médio; H3: Geração per capita máxima + peso específico mínimo; H4: Geração per capita média + peso específico máximo; H5: Geração per capita média + peso específico médio; H6: Geração per capita média + peso específico mínimo; H7: Geração per capita mínima + peso específico máximo; H8: Geração per capita mínima + peso específico médio; H9: Geração per capita mínima + peso específico mínimo.**

**Fonte: A autoria própria (2023)**

No que diz respeito às dimensões das leiras para o cálculo do pátio do condomínio, adotou-se 1,0 metro de altura e 1,3 metros para a largura da base, considerando a possibilidade de revolvimento manual das leiras.

#### 4.5.2 Dimensionamento do pátio de compostagem para o município de Londrina

A partir dos dados de geração de resíduos orgânicos do condomínio em estudo, foi realizada uma estimativa de geração de resíduos orgânicos em Londrina e calculadas as dimensões para um pátio de compostagem municipal.

Levando em consideração a complexidade e a possibilidade de implementação gradual da coleta de resíduos sólidos em três frações no município, de modo a viabilizar a prática da compostagem, no dimensionamento do pátio municipal, foram determinados três cenários:

- Cenário 1 (C1): considerou-se a população total da cidade de Londrina-PR;
- Cenário 2 (C2): considerou-se a população do Bairro Centro Histórico de Londrina;
- Cenário 3 (C3): considerou-se a população dos três bairros mais populosos da cidade: Centro, Gleba Palhano e Zona Norte.

Os dados da população dos setores censitários foram obtidos por meio da plataforma SIDRA IBGE (Sistema IBGE de Recuperação Automática) (SIDRA IBGE, 2010).

Na Tabela 5, são apresentados os valores da população dos bairros selecionados e seus respectivos cenários a serem calculados.

**Tabela 5 - Bairros e dados da população do município de Londrina-PR em 2010**

Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
Bairro	População (habitantes)	Bairro	População (habitantes)	Bairro	População (habitantes)
				Centro	32.601
Município total	493.520	Centro	32.601	Gleba Palhano	15.927
				Zona Norte	118.505
<b>TOTAL</b>	<b>493.520</b>		<b>32.601</b>		<b>167.033</b>

Fonte: Adaptado de SIDRA IBGE (2010)

Para o cálculo da área da seção reta (As) (Equação 5), foram adotados os seguintes valores para as dimensões da base e da altura das leiras: 6,4 e 2,7 metros, respectivamente. Esses valores foram determinados a partir das especificações técnicas da maior máquina de revolvimento encontrada no mercado (MÁQUINA SOLO, 2023).

Os cálculos para o dimensionamento dos Cenários 1, 2 e 3 foram realizados com os dados médios de geração per capita e peso específico do resíduo orgânico obtidos no condomínio estudado.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Adesão dos moradores do condomínio vertical

A abordagem dos moradores e funcionários do condomínio vertical foi realizada por meio de informativos entregues de porta em porta, via aplicativo em formato digital e disposto nos elevadores. Conforme foi passando os dias da coleta de dados, a adesão dos moradores foi aumentando, tendo o pico no 13º dia (Figura 13), com 54 unidades de apartamentos que aderiram à separação em três frações (50%). No primeiro dia da coleta de dados, foi registrado o menor número, com apenas 7 unidades (6,5%) que realizaram o uso do saco marrom para acondicionar o resíduo orgânico.

**Figura 13 - Número de apartamentos e de moradores que aderiram ao estudo ao longo dos 28 dias de coleta de dados**



**Fonte: Autoria própria (2023)**

Como apresentado na Figura 13 pode-se observar que os picos de adesão dos apartamentos e moradores ocorreu nas segundas-feiras, provavelmente devido ao final de semana, em que os moradores ficam mais tempo em suas residências e, portanto, mais tempo para fazer a separação correta dos resíduos. A menor adesão foi observada aos sábados.

Uma possível justificativa para esse comportamento, deve-se pelo fato de a segregação dos resíduos ser feita no final de semana pelos moradores, e durante a semana ser realizado pelas funcionárias domésticas que acabam separando do modo

com que já estão acostumadas, separando apenas resíduo úmido (orgânico e rejeito) do seco (reciclável).

Ao longo da condução do trabalho de coleta de dados, a média de unidades que contribuíram com a separação dos resíduos em três frações foi de 35,6, o equivalente a 33% do total de apartamentos do condomínio vertical. Na Paraíba, em um condomínio horizontal, a sensibilização aos moradores por meio da Educação Ambiental também se mostrou eficiente, com aproximadamente 40% (31 casas) do total de casas do condomínio aderiram ao projeto de compostagem (GÓES et al., 2018).

O aumento da participação, com o passar dos dias, pode estar associado à eficiência dos informativos colocados nos elevadores, das abordagens feitas nos meios de comunicação virtual (aplicativo), bem como da percepção dos moradores em virtude dos sacos plásticos disponibilizados para a coleta da fração orgânica.

Essa eficiência também foi verificada no trabalho de Custique et al. (2021) que analisaram a quantificação dos resíduos sólidos de um condomínio vertical domiciliar em três frações, e afirmaram que após a aplicação de estratégias com foco em aumentar a adesão e sensibilizar para a coleta seletiva, houve redução na quantidade de rejeitos e aumento de resíduos orgânicos, indicando a segregação dos resíduos na fonte geradora. Na conclusão do trabalho, recomendaram para a administração do condomínio dar continuidade nas ações educativas ambientais para os moradores.

## **5.2 Caracterização dos resíduos sólidos**

### **5.2.1 Geração per capita**

Na Tabela 6 são apresentados os valores máximos, médios e mínimos da geração per capita para cada tipo de resíduo, além de valores comparativos encontrados na literatura. No valor da geração per capita dos resíduos orgânicos foi considerado apenas o número de moradores que aderiram à separação; já para os rejeitos e recicláveis, considerou-se a população total do condomínio.

Destaca-se que na coluna destinada a “Todos” foi realizada a soma das gerações per capita de orgânicos, rejeitos e recicláveis obtidas diariamente no condomínio e, a partir desses dados, foi identificado o valor máximo, médio e mínimo.

**Tabela 6 - Geração per capita dos resíduos sólidos gerados no condomínio estudado**

<b>Kg.hab<sup>-1</sup>.dia</b>	<b>Orgânicos</b>	<b>Rejeito</b>	<b>Reciclável</b>	<b>Todos<sup>1</sup></b>
Média	0,384	0,240	0,045	0,383
Máximo	0,625	0,331	0,067	0,489
Mínimo	0,171	0,159	0,034	0,267
Desv. padrão	0,102	0,038	0,0093	0,055
Salsa (2013)	-	-	-	0,757
Nakano (2019)	-	-	-	0,410
ABRELPE (2022)	-	-	-	1, ,043
PMGIRS (2022)	-	-	-	0,664

**Nota<sup>1</sup>: O cálculo da geração per capita total (médio, máximo e mínimo) foi feito a partir da soma da geração per capita dos resíduos orgânicos, rejeitos e recicláveis obtida diariamente.**  
**Fonte: Autoria própria (2023)**

A média da geração per capita dos resíduos sólidos domiciliares, incluindo, orgânicos, rejeitos e recicláveis, apresentou um valor de 0,383 kg.hab<sup>-1</sup>.dia. A média da região Sul do Brasil, apresenta uma geração per capita de 0,753 kg.hab<sup>-1</sup>.dia (ABRELPE, 2022). É importante ressaltar que durante os dias úteis, os indivíduos passam parte do dia em atividades fora de suas residências, o que resulta na produção de resíduos em outros locais. Dessa forma, a quantidade de resíduos gerada no condomínio pode ser influenciada pelo cotidiano dos seus moradores, e em função disso tem-se a discrepância dos dados médios da geração per capita dos brasileiros e da população do sul do país.

A partir de dados do PMGIRS de Londrina, obteve-se a geração per capita de materiais recicláveis do ano de 2022, valor de 0,036 kg.hab<sup>-1</sup>.dia, valor próximo encontrado no condomínio (0,045 kg.hab<sup>-1</sup>.dia). Ressalta-se, porém, que os dados obtidos com a CMTU se referem apenas ao material reciclável coletado pelas cooperativas contratadas pelo município, não levando em conta, o material que é gerenciado pelos catadores informais da cidade.

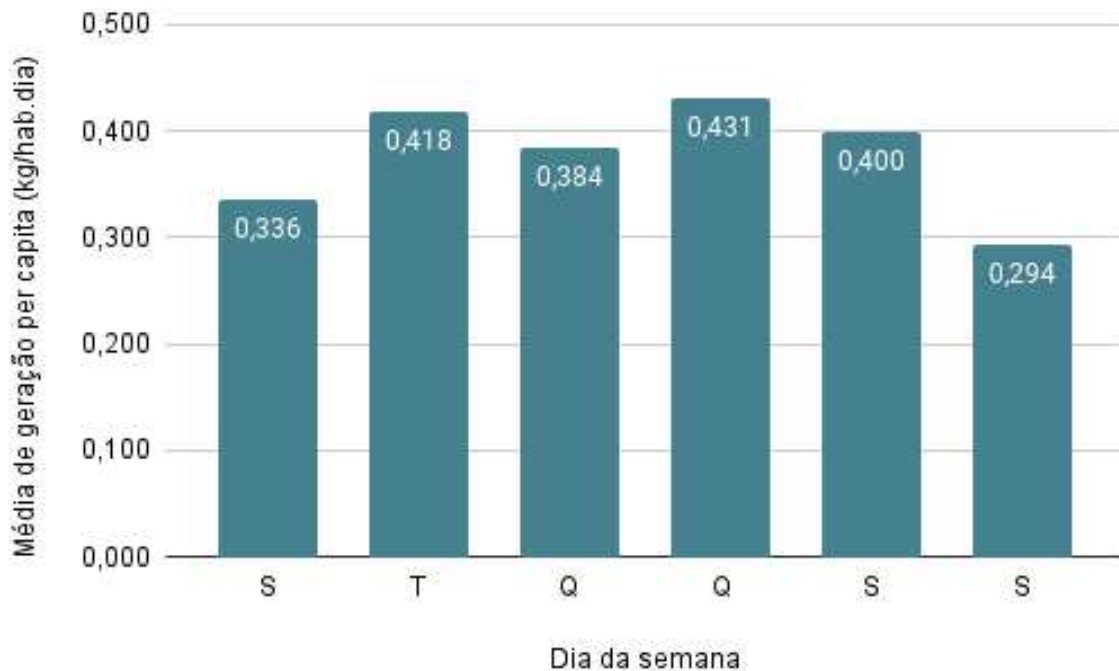
Essa variação de valores pode ser explicada, pois faz-se necessário levar em conta fatores como a sazonalidade, características socioeconômicas, estação do ano, nível educacional, entre outros (DE OLIVEIRA SILVA, 2021). Para a cidade de Londrina, a geração per capita que chegou mais próxima do presente estudo, foi



observada no trabalho de Nakano (2019), que apresentou um valor de 0,410 kg.hab<sup>-1</sup>.dia.

A Figura 14 são apresentados os dados médios da taxa de geração per capita de resíduos orgânicos e rejeitos em relação aos dias de semana (exceto domingo).

**Figura 14 - Geração per capita média de rejeitos e orgânicos no condomínio estudado por dia da semana**

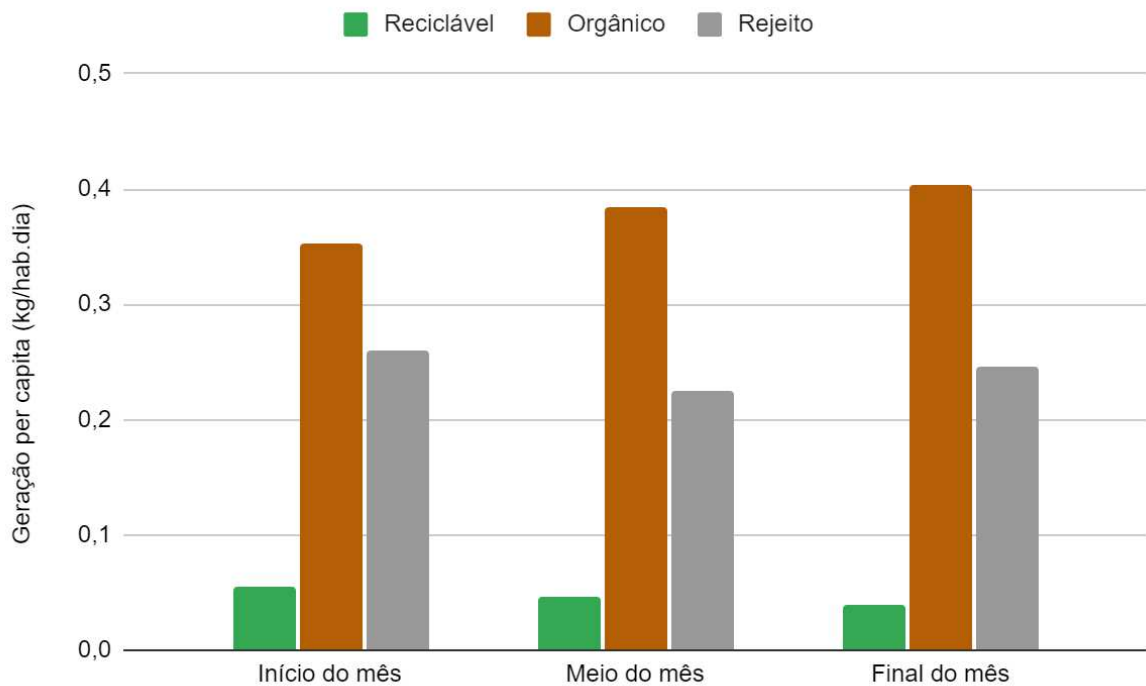


**Fonte: Autoria própria (2023)**

Como pode-se observar na Figura 14, a maior taxa média de geração per capita foi constatada na terça e quinta-feira e a menor taxa no sábado. No estudo de Onofre (2011) observou-se que a maior taxa de geração per capita foi na segunda-feira e no sábado, enquanto a menor taxa, na terça-feira. No restante dos dias da semana (quarta, quinta e sexta-feira) não houve variação significativa.

Salsa (2013) encontrou que os dias de maior geração de resíduos orgânicos e rejeitos foram: terça-feira e sábado (atingindo quase 90% do total de resíduos gerados - orgânicos, rejeitos e recicláveis).

Na análise de dados da geração per capita dos resíduos em três frações, no início, meio e fim do mês, foi constatado para o material reciclável, que a taxa de geração tendeu a diminuir conforme foram passando as semanas do mês, enquanto o resíduo orgânico aumentou progressivamente do início ao final do mês, como apresentado na Figura 15.

**Figura 15 - Geração per capita de resíduos sólidos por fase do mês**

**Fonte: Autoria própria (2023)**

Bringhenti et al. (2019) ao estudarem a taxa média da geração per capita de resíduos recicláveis durante o mês de novembro, observaram que a maior taxa média foi na terceira semana (meio do mês), e a menor, na quarta semana (final do mês). Os autores ainda afirmam que não foi constatada variação significativa entre as semanas. O mesmo comportamento foi notado neste estudo.

Na Figura 16 são apresentados os dados de geração de materiais recicláveis por semana.

**Figura 16 - Geração de resíduos recicláveis por semana no condomínio estudado**

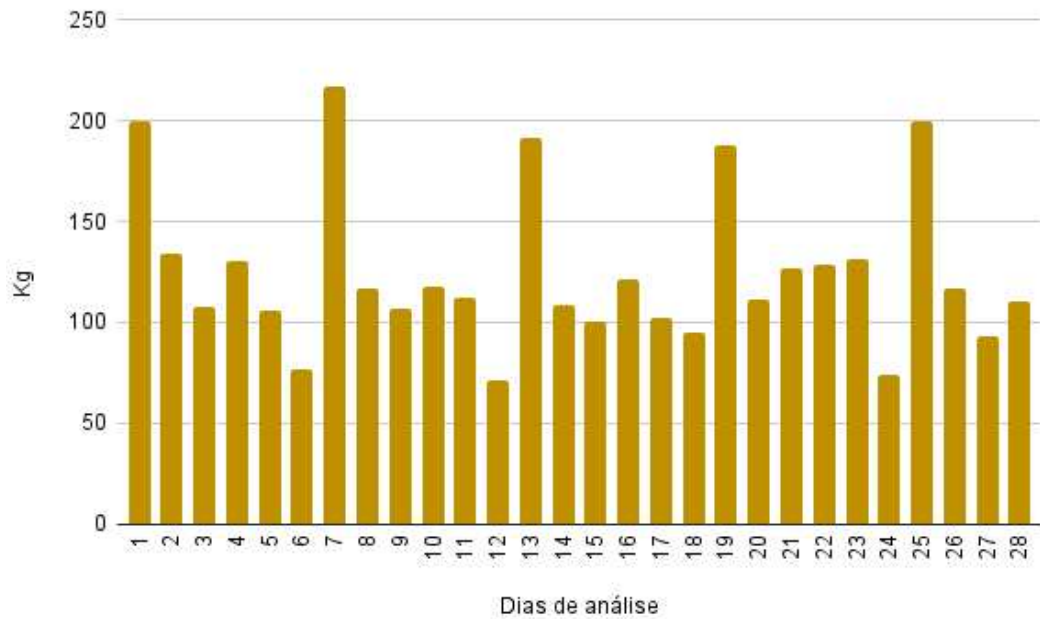


**Fonte: Autoria própria (2023)**

Nota-se que a geração (em kg) de resíduos recicláveis no condomínio estudado foi diminuindo conforme foram passando as semanas do mês, exceto na terceira e quarta semana, que se mantiveram constantes.

Monteiro et al. (2001) afirmam que o maior consumo de supérfluos se dá, geralmente, próximo do recebimento do salário (início e fim do mês), como pode ser notado na Figura 16, em que a maior geração se deu na primeira semana do mês. Isso demonstra que o poder aquisitivo da população diminui ao longo do mês, fazendo com que as pessoas consumam mais itens essenciais e, por isso, gerem mais matéria orgânica (Figura 15) e menos material reciclável.

Já em termos de coleta de resíduos orgânicos e rejeitos, foi somado os pesos de ambos. Na Figura 17 é possível identificar os dias com maior peso desta tipologia de resíduos.

**Figura 17 – Quantidade em kg coletada de resíduos orgânicos e rejeitos**

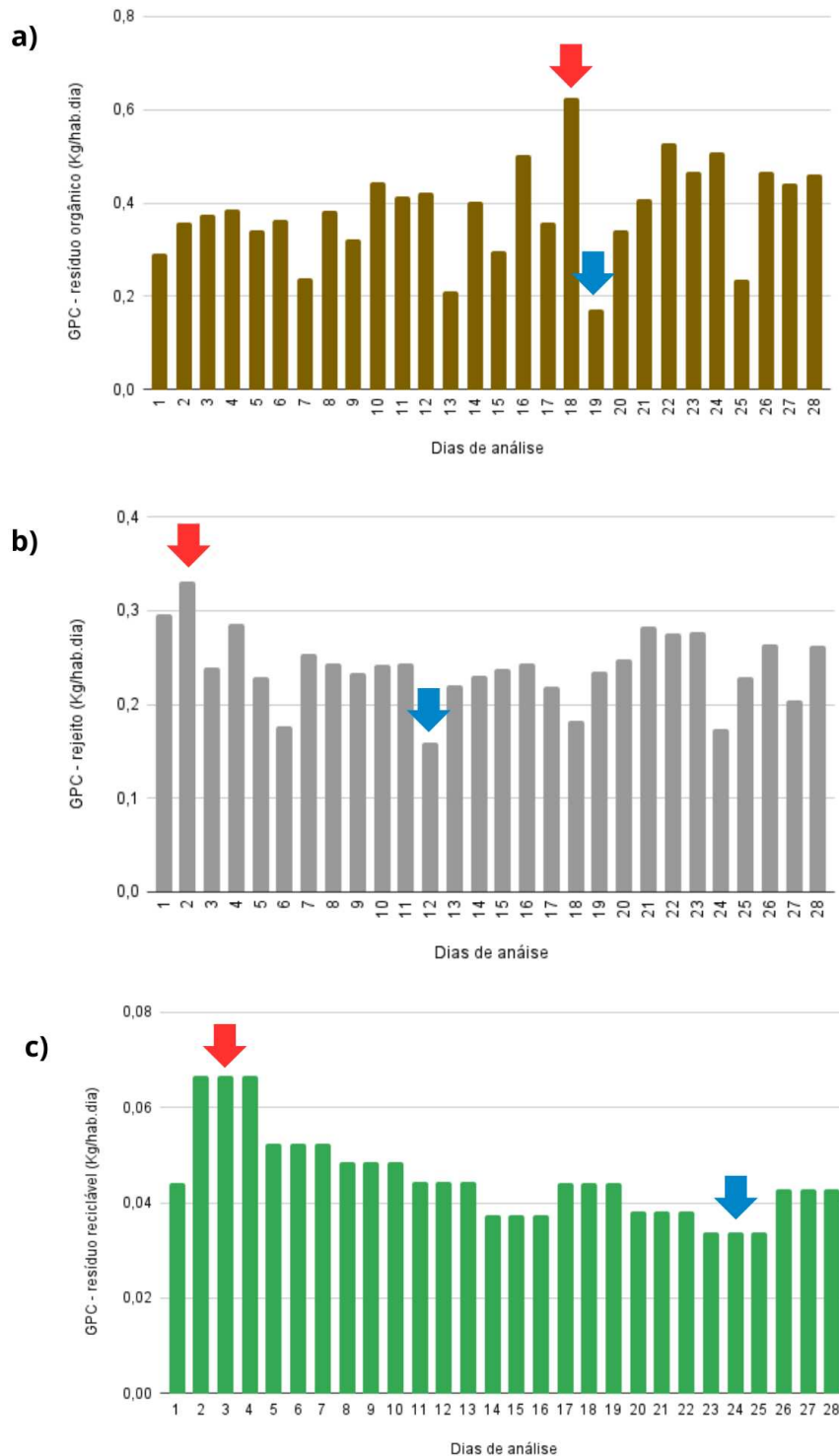
**Fonte: Autoria própria (2023)**

Na Figura 17 pode-se observar que houve um padrão, sempre nas segundas-feiras (dia 1, 7, 13, 19 e 25), de maior peso de resíduos coletados (valor médio de 198,81 kg), devido ao fato de não haver coleta dos resíduos nos domingos. Já o menor peso coletado foi observado aos sábados (dia 6, 12, 18 e 24) (valor médio de 79,26 kg). O dia que obteve o valor máximo de resíduos orgânicos e rejeitos coletados foi em uma segunda-feira, no 7º dia de análise (216,89 kg).

Onofre (2011) também constatou em seu estudo que nas segundas-feiras a quantidade de resíduos sólidos coletada era significativamente superior a outros dias da semana, sendo assim, a autora afirma que o dimensionamento de frota de coleta de resíduos na segunda-feira deve ser aumentado.

Na Figura 18 são apresentados os gráficos da geração per capita média dos resíduos orgânicos (A), rejeitos (B) e recicláveis (C) e a indicação dos dias de máxima (seta vermelha) e mínima geração (seta azul).

**Figura 18 - Geração per capita (kg/hab.dia) de resíduos orgânicos (A), rejeitos (B) e recicláveis (C) e indicação dia de máximo e mínima geração**



**Fonte: Autoria própria (2023)**

Os resultados apresentados nos gráficos da Figura 18 demonstram a variabilidade do indicador geração per capita no condomínio estudado: para os

resíduos orgânicos de 0,171 a 0,625 kg.hab<sup>-1</sup>.dia; para rejeitos de 0,159 a 0,331 kg.hab<sup>-1</sup>.dia; já para os materiais recicláveis de 0,034 a 0,067 kg.hab<sup>-1</sup>.dia.

Nota-se que não houve uma tendência nos dias de máxima e mínima geração dos resíduos no condomínio vertical. A geração per capita de rejeitos obteve valor máximo no segundo dia de coleta de dados. Enquanto, para os resíduos recicláveis, a segunda gravimetria (dias 2, 3 e 4) apresentou o maior valor da geração per capita. Tais dados demonstram a importância de se fazer uma amostragem representativa, ao longo de todo o mês, para se obter dados confiáveis a serem utilizados nos dimensionamentos que envolvem o gerenciamento de resíduos sólidos, como por exemplo: espaço para área de transbordo temporário de resíduos, definição de volume de acondicionadores, sistema de coleta interna e externa, destinação e disposição final de resíduos sólidos.

#### 5.2.2 Composição gravimétrica e qualidade da segregação dos resíduos

Na Tabela 7 apresenta-se o resultado da composição gravimétrica realizada com o resíduo reciclável gerado no condomínio vertical.

**Tabela 7 - Composição gravimétrica dos resíduos recicláveis (%)**

<b>Material</b>	<b>Máximo</b>	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Desv. Padrão</b>
Vidro	35,10	25,62	14,69	7,22
Papel	32,68	21,50	13,04	5,44
Plástico	28,73	18,30	11,98	5,10
Papelão	28,15	14,86	6,77	7,83
Metal	6,76	3,62	1,32	1,78
Eletrônicos	8,38	1,13	2,91	2,71
Isopor	3,96	0,82	0,19	1,12
Tecido	3,02	0,81	0,16	1,15
Blisters de medicamentos	2,10	0,37	0,03	0,65
Pilhas	0,22	0,07	0,15	0,10
Rejeito	20,80	13,27	6,14	4,42

**Nota: Rejeito encontrado durante as gravimetrias do material reciclável.  
Fonte: Autoria própria (2023)**

Nota-se na Tabela 7 que o resíduo predominante foi o vidro. Durante as gravimetrias realizadas, foi presenciado uma quantidade significativa do material, que

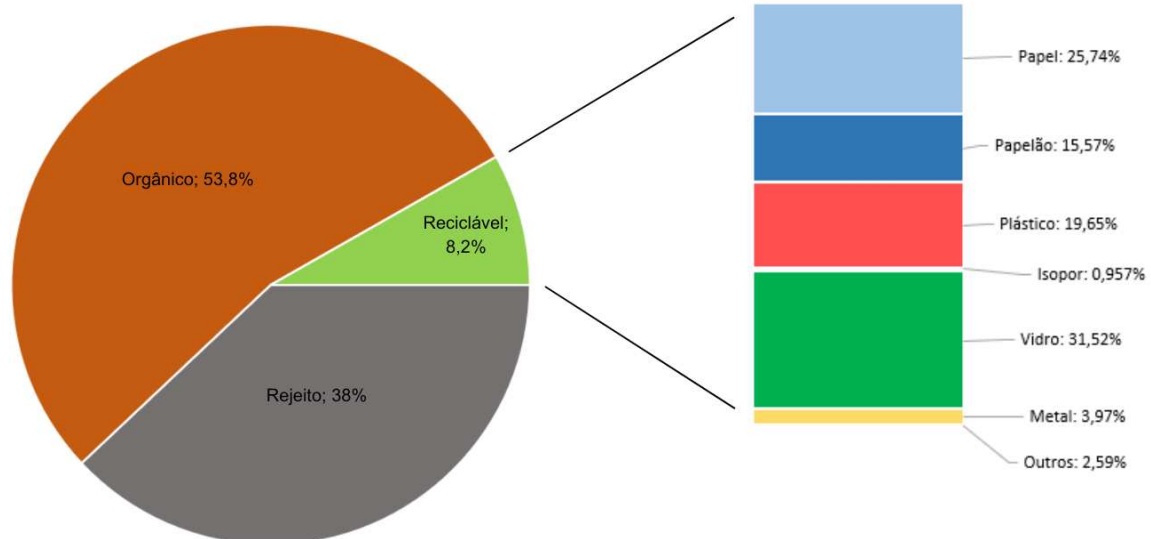
pode estar relacionada à quantidade de eventos nos espaços interiores do condomínio visto que se tratavam, basicamente, de garrafas de bebidas. Por ser um material pesado, se destaca sendo o que apresentou o maior valor médio da composição gravimétrica.

Na gravimetria brasileira apresentada pela ABRELPE (2020) o vidro representa 6,65% do total de recicláveis, ficando atrás do plástico (41,38%) e do papel (25,61%). No condomínio vertical estudado, o comportamento foi diferente, sendo vidro com a maior média (25,62%) e em seguida, papel (21,50%) e plástico (18,30%).

Nakano (2019) também observou a presença significativa de vidro no condomínio que estudou: 28,06%, a maior média em relação aos outros materiais. No estudo de Salsa (2013), o comportamento foi parecido com a gravimetria apresentada pela ABRELPE (2020), em que a fração de vidro foi menor que a de papel e plástico.

Na Figura 19, apresenta-se a geração de resíduos sólidos recicláveis, orgânicos e rejeitos no condomínio estudado. Para a estimativa da geração de resíduo orgânico total, utilizou-se o número de 317 moradores e o valor da geração per capita média de 0,384 kg.hab<sup>-1</sup>.dia.

**Figura 19 - Composição gravimétrica média dos resíduos sólidos no condomínio estudado considerando as três frações: recicláveis, orgânicos e rejeitos**



**Fonte: Autoria própria (2023)**

De acordo com o Panorama da ABRELPE (2020), a gravimetria brasileira de RSU é composta por 33,6% de reciclável, 45,3% de resíduo orgânico e 21,1% de rejeitos.

No PMGIRS (2022) do município de Londrina foi apresentada a seguinte composição gravimétrica: recicláveis: 29,53%; matéria orgânica: 40,3%; rejeitos 21,9%, além da fração de “Diversos”, com 8,5%. No condomínio vertical estudado, matéria orgânica e rejeitos resultaram em valores acima do apresentado no PMGIRS, enquanto que a porcentagem do material reciclável se apresentou abaixo dos valores da ABRELPE (2020) e do PMGIRS (2022).

O comportamento dos resíduos orgânicos e recicláveis variou entre os três condomínios analisados por Salsa (2013), e o mais próximo aos resultados obtidos no presente estudo foi o do condomínio localizado no centro da cidade de Balneário Camboriú-SC, que apresentou 91,88% de orgânicos/rejeitos e 8,12% de recicláveis.

A fração “Outros” é composta por eletrônicos, tecidos, pilhas e blisters de medicamentos. Tais resíduos são objeto de programas de Logística Reversa e, devem ser descartados corretamente em pontos de coleta específicos. No entanto, a Logística Reversa possui desafios para implantação no Brasil, como a diversidade sociocultural dos diferentes municípios, estados e regiões do país, dificultando o planejamento da coleta, da logística e de custos do programa (CARDOSO et al., 2019).

Esses tipos de resíduos perigosos também foram encontrados em estudos de caracterização de resíduos de Salsa (2013), Soares (2015) e Balbinotti (2019). Em Londrina, há 24 pontos de coleta de resíduos eletrônicos espalhados pela cidade, 56 pontos para a coleta de pilhas e 93 pontos para a coleta de resíduos referentes a medicamentos (LONDRINA, 2023).

Nota-se, portanto, que falta informação para os condôminos realizarem o correto descarte e a sensibilização para que entendam o porquê destes resíduos não serem misturados aos recicláveis. Esses tipos de resíduos, contém quantidades significativas de substâncias danosas ao meio ambiente e à saúde pública, e devido a isso, não podem ser descartados em aterros sanitários (DE CARVALHO, 2023). Aligleri et al. (2023) afirmam que é necessário educar o consumidor para demonstrar a importância da segregação desses resíduos.

Dos materiais incluídos em “Outros”, apenas os “Tecidos” não fazem parte da logística reversa, esses, por enquanto, são considerados como rejeitos e são dispostos no aterro sanitário da cidade.



Os artigos têxteis pós-consumo, por muitas vezes, são doados para instituições de caridade ou feitos trabalhos manuais/artesanais e, em alguns casos, são depositados junto aos demais resíduos que vão para lixões ou aterros sanitários (ZONATTI et al., 2015). Velicko, Amrginki & Hemkemeir (2020) afirmam que a reciclagem desse material é considerada a solução adequada, pelo fato que existem o reprocessamento têxtil pré ou pós-consumo para uso em novos produtos têxteis.

Na Tabela 8 apresenta-se a comparação da composição gravimétrica dos resíduos em três frações com dados de outras cidades.

**Tabela 8 - Análise comparativa da composição gravimétrica (%) dos resíduos em três frações**

<b>Cidade-Estado</b>	<b>Autor</b>	<b>População (habitantes)</b>	<b>Orgânicos (%)</b>	<b>Rejeitos (%)</b>	<b>Recicláveis (%)</b>
Londrina-PR	Condomínio estudado	317	53,8	38,0	8,2
Jaú-SP	Rezende et al. (2013)	131.050	49,4	25,1	25,5
S. José de Espinharas-PB	PGIRS-SJE (2018)	4.635	59,59	15,45	27,96
Carmo de Minas - MG	Rodrigues, Vargas & Castro (2023)	14.859	50,1	30,4	19,5

**Fonte: Autoria própria (2023)**

Observa-se na Tabela 8 que os valores possuem uma variação de cidade para cidade. O resíduo reciclável analisado no condomínio foi o que apresentou a menor porcentagem (8,2%) comparando com os outros estudos. Essa diferença de valores pode ser em função do fato de que os moradores do condomínio estudado geram resíduos fora de casa, em suas atividades, e que os dados comparados são de municípios e, portanto, representam a geração total.

Verifica-se que os percentuais do estudo da cidade mineira (RODRIGUES; VARGAS & CASTRO, 2023), foram os mais próximos do condomínio estudado e o mesmo comportamento foi apresentado na geração das três frações de resíduos.

Com essa variação dos resultados, especialmente para o material reciclável, deve-se levar em conta a sazonalidade, datas comemorativas e poder aquisitivo da população de cada condomínio estudado pelos autores. Outra explicação se deve pelo fato de que os moradores podem gerar resíduos durante o dia em outros locais, como no trabalho, na escola e em outras atividades.

Para Soares (2013) em seu estudo na região do Baixo Jequitinhonha, observou-se resultados com diferenças significativas na média dos materiais recicláveis entre municípios/bairros de classes socioeconômicas distintas, e concluiu-

se que as classes com maior poder aquisitivo favorecem ao consumo de componentes recicláveis, elevando o seu percentual na caracterização gravimétrica.

Em 2012, no município de Goiânia-GO, Ribeiro, Pinheiro & Melo (2012) realizaram um estudo da composição gravimétrica dos RSU em diferentes classes sociais (alta, média e baixa) e observaram que a porcentagem de resíduos recicláveis da classe baixa foi maior do que da classe alta, com 21,40% e 17,87%, respectivamente.

Portanto, a afirmação citada anteriormente por Soares (2013) diverge do caso do município de Goiânia, assim como, no condomínio vertical estudado pode-se notar que o percentual de material reciclável foi considerado baixo por ser em uma região de poder aquisitivo maior.

Durante a realização da gravimetria foi presenciado outros tipos de resíduos junto aos recicláveis (Figura 20), como cascas de frutas, restos de alimentos (*fast-food*) e até rejeitos, como guardanapos e fraldas.

**Figura 20 - Resíduos orgânicos e rejeitos misturados com material reciclável**



**Fonte: Autoria própria (2023)**

A mesma situação foi observada também em outros trabalhos como Nakano (2019); Cembranel et al. (2021); e Balbinotti (2019). Esse fato indica a falta de conscientização ou conhecimento ambiental na segregação correta dos resíduos na fonte geradora. Devido a isso, a comunicação voltada para a Educação Ambiental se

torna essencial não só para a busca por mudanças na qualidade dos resíduos em condomínios residenciais, mas também para a promoção da empatia com os catadores e cooperados, que vivem em situação de vulnerabilidade social (ALIGLERI et al., 2023).

Kim (2019) afirmou que a porcentagem de rejeito em seu trabalho foi de 57% da massa total de resíduos recicláveis, enquanto no presente estudo obteve-se o valor de 13,27%. A presença de rejeitos pode dificultar o manejo do material na hora da segregação, demandando mais tempo e esforço físico, além de resultar uma menor eficiência, geração de renda e perda de materiais que foram contaminados por restos alimentares (KIM, 2019).

### 5.2.3 Peso Específico

Na Tabela 9 são apresentados os valores máximos, médios e mínimos e valores do desvio padrão do peso específico dos resíduos recicláveis sem compactação, orgânicos e rejeitos, além da comparação com valores da literatura.

**Tabela 9 - Comparativo do peso específico ( $\text{kg.m}^{-3}$ ) de materiais recicláveis, resíduos orgânicos e rejeitos**

Material	Valor máximo ( $\text{kg.m}^{-3}$ )	Valor Médio ( $\text{kg.m}^{-3}$ )	Valor mínimo ( $\text{kg.m}^{-3}$ )	Desvio Padrão	Bringhenti et al. (2019)		
					Nakano (2019) ( $\text{kg.m}^{-3}$ )	et al. (2019) ( $\text{kg.m}^{-3}$ )	Tchobanoglous e Vigil (1993) ( $\text{kg.m}^{-3}$ )
<b>Papel</b>	495,91	49,70	3,80	68,69	38,65	71,54	42,0 – 131,0
<b>Plástico</b>	95,45	25,45	2,30	10,50	31,59	31,45	42,0 – 131,0
<b>Isopor</b>	57,50	18,31	5,83	18,22	14,94	-	-
<b>Vidro</b>	422,08	217,72	21,67	82,35	123,37	308,36	160,0 – 481,0
<b>Metal</b>	199,75	38,60	4,09	29,72	26,63	70,04	50,0 – 160,0
<b>Blisters</b>	19,33	6,24	1,00	6,98	-	-	-
<b>Tecido</b>	195,50	115,44	40	52,06	-	134,85	-
<b>Eletrônicos</b>	313,18	304,54	295,90	12,21	-	237,85	-
<b>*Orgânico</b>	165,91	99,94	75,83	19,83	-	-	131,0 – 481,0
<b>*Rejeito</b>	69,45	33,34	18,67	12,72	176,82	112,77	88,0 – 180,0

**Nota: Para orgânicos e rejeitos os valores apresentados referem-se aos encontrados em seus respectivos sacos (marrom e preto) no condomínio estudado.**

**Fonte: Autoria própria (2023)**

Conforme pode-se observar na Tabela 9, os valores médios dos materiais recicláveis (papel, plástico, vidro e metal) obtidos no condomínio estudado foram

próximos aos valores apresentados por outros autores. Os materiais vidro e metal, foram os mais discrepantes, com valores de 212,72 e 38,60 kg.m<sup>-3</sup>, respectivamente, considerando que no estudo de Nakano (2019) foi obtido valores menores.

Verificou-se que os valores médios obtidos no condomínio, para o plástico, metal, orgânicos e rejeitos ficaram abaixo da faixa típica de valores apresentada por Tchobanoglous & Vigil (1993). Isso demonstra que mesmo dentro de uma ampla faixa típica de valores, dependendo da tipologia dos resíduos, o valor de peso específico pode variar e isso ressalta a importância destes dados serem obtidos *in loco* para cada caso.

Com os dados obtidos nas análises gravimétricas, foi possível obter o valor médio de peso específico, considerando o total de recicláveis, que resultou em 94,94 kg.m<sup>-3</sup>. Brighenti et al. (2019) obtiveram valores entre 59,11 a 73,55 kg.m<sup>-3</sup> em oito condomínios estudados, tendo uma média total de 66,98 kg.m<sup>-3</sup>. Já o valor médio para os resíduos orgânicos e rejeitos, no presente estudo, foi de 99,94 e 33,34 kg.m<sup>-3</sup>, respectivamente.

Nos anos 2000, a média brasileira de peso específico de orgânicos e rejeitos era de 190 kg.m<sup>-3</sup> (PHILIPPI JR, ROMÉRO e BRUNA, 2004). Em 2010, na cidade de Jaú-SP o peso específico para esses resíduos foi de 136,2 kg.m<sup>-3</sup> (REZENDE et al., 2013). Melo et al. (2022) analisaram o peso específico de resíduos sólidos domiciliares no interior do Estado de Goiás, e sua média apresentou o valor de 115,17 kg.m<sup>-3</sup>.

Essa redução do valor do peso específico do resíduo orgânico e rejeito pode ser explicada pela diminuição da geração da matéria orgânica (fração mais pesada) e conseqüentemente, pelo aumento do consumo de embalagens de plástico e papel (fração mais leve) no país (DE MELO et al., 2022).

### **5.3 Dimensionamento do pátio de compostagem para o condomínio em estudo**

Na Tabela 10 apresentam-se os valores dos cálculos referentes às nove hipóteses para o dimensionamento do pátio de compostagem, aplicado ao condomínio do estudo, que contém 317 habitantes. Ressalta-se que para este dimensionamento, considerou-se a possibilidade de revolvimento manual das leiras e, por isso, adotou-se o valor de 1,3 m para a base da leira e 1,0 m de altura.

Tabela 10 – Valores dos cálculos para dimensionamento do pátio de compostagem para o condomínio estudado

Hipóteses	GPC (kg/gab. dia)	Massa total kg/dia	Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )	Volume total gerado de orgânicos (m <sup>3</sup> /dia)	Volume total considerando orgânicos + resíduo de poda (m <sup>3</sup> /dia)	Área da Seção Reta (m <sup>2</sup> )	Comprimento (m)	Área da base de 1 leira (m <sup>2</sup> )	Área total de 1 leira (m <sup>2</sup> )	Área útil do pátio considerando 140 dias de compostagem (m <sup>2</sup> )	Área Total (m <sup>2</sup> )
H1 <sup>1</sup>	0,625	198,15	165,91	1,19	3,58	0,65	5,51	7,17	14,33	2.006,42	2.227,07
H2 <sup>2</sup>	0,625	198,15	99,94	1,98	5,95	0,65	9,15	11,90	23,79	3.330,84	3.683,92
H3 <sup>3</sup>	0,625	198,15	75,83	2,61	7,84	0,65	12,06	15,68	31,36	4.390,04	4.849,04
H4 <sup>4</sup>	0,385	121,91	165,91	0,73	2,20	0,65	3,39	4,41	8,82	1.234,39	1.377,83
H5 <sup>5</sup>	0,385	121,91	99,94	1,22	3,66	0,65	5,63	7,32	14,64	2.049,20	2.274,12
H6 <sup>6</sup>	0,385	121,91	75,83	1,61	4,82	0,65	7,42	9,65	19,29	2.700,84	2.990,92
H7 <sup>7</sup>	0,171	54,35	165,91	0,33	0,98	0,65	1,51	1,97	3,93	550,36	625,40
H8 <sup>8</sup>	0,171	54,35	99,94	0,54	1,63	0,65	2,51	3,26	6,53	913,65	1.025,01
H9 <sup>9</sup>	0,171	54,35	75,83	0,72	2,15	0,65	3,31	4,30	8,60	1.204,19	1.344,60

Nota<sup>1</sup>: Geração per capita máxima + peso específico máximo;

Nota<sup>2</sup>: Geração per capita máxima + peso específico médio;

Nota<sup>3</sup>: Geração per capita máxima + peso específico mínimo;

Nota<sup>4</sup>: Geração per capita média + peso específico máximo;

Nota<sup>5</sup>: Geração per capita média + peso específico médio;

Nota<sup>6</sup>: Geração per capita média + peso específico mínimo;

Nota<sup>7</sup>: Geração per capita mínima + peso específico máximo;

Nota<sup>8</sup>: Geração per capita mínima + peso específico médio;

Nota<sup>9</sup>: Geração per capita mínima + peso específico mínimo.

Fonte: Autoria própria (2023)

Nota-se na Tabela 10 que o maior valor da área total do pátio foi obtido na H3 (4.849,04 m<sup>2</sup>), que utilizou o valor máximo da geração per capita com valor mínimo do peso específico, e a menor área total foi obtida em H7, que utilizou geração per capita mínima e peso específico máximo, resultando numa área total de 625,40 m<sup>2</sup>.

Essa variabilidade dos dados da geração per capita e peso específico do resíduo orgânico demonstra diferentes resultados no dimensionamento do pátio de compostagem. Isso implica diretamente na complexidade para a escolha dos parâmetros que são utilizados no momento de realizar o dimensionamento.

Outro fator que está diretamente relacionado com o dimensionamento é o ciclo do processo de compostagem, onde 140 dias representa um tempo adequado para maturação do composto.

Para todos os efeitos, nota-se que para o tratamento dos resíduos orgânicos gerados no condomínio, associados ao volume de resíduos secos necessários para o equilíbrio da relação C/N no processo de compostagem, independente dos valores utilizados no dimensionamento, a área requerida para a implantação deste sistema de tratamento demandaria o transporte externo dos resíduos, pois, em geral, os condomínios não dispõem de áreas sobressalentes que comportariam um pátio próprio.

Além disso, na Legislação do Estado do Paraná, a Resolução CEMA nº 90, de 03 de dezembro de 2013 (PARANÁ, 2013), define em seu Art. 6º as condições da área do processo de compostagem:

- I. medidas técnicas para evitar incômodos à população local, proliferação de vetores e contaminação do solo, subsolo e águas subsuperficiais.
- II. sistema de coleta, contenção, tratamento dos efluentes gerados e drenagem de água pluviais.
- III. base impermeável com piso de concreto, geomembrana ou sistemas semelhantes.
- IV. sistema de proteção contra intempéries para armazenar os resíduos in natura, o material em compostagem e o composto.
- V. área devidamente isolada e sinalizada, inclusive com uma barreira vegetal, sendo proibido o acesso de pessoas não autorizadas e animais.
- VI. vias de acesso que permitam a circulação de veículos pesados, mesmo em situações climáticas adversas.
- VII. uma distância mínima de 200 metros de residências isoladas e vias públicas e a 400 metros de núcleos populacionais (PARANÁ, 2013).

Monteiro et al. (2001) acrescentam, ainda que o pátio de compostagem deve ser plano, bem compactado e pavimentado, preferencialmente com asfalto, e possuir uma declividade suficiente de 2% para escoamento das águas pluviais e do chorume produzido. Podem ser utilizados métodos de impermeabilização com camada de

argila, camada de concreto ou camada de geomembrana associado à argila. E, essa camada, deve garantir que o líquido percolado seja conduzido para sistema de captação para recirculação, utilização como composto líquido ou tratamento (LUCHESE, 2020).

#### **5.4 Dimensionamento do pátio de compostagem para o município de Londrina**

O dimensionamento para os três cenários (C1, C2 e C3) de atendimento do município com uma coleta em três frações (orgânicos, recicláveis e rejeitos) levou em conta os valores médios da geração per capita e peso específico do resíduo orgânico obtidos no condomínio estudado (Tabela 11).

Tabela 11 - Parâmetros de dimensionamento do pátio de compostagem municipal para os cenários C1, C2 e C3

Cenário (1)	População (hab)	GPC (kg/hab. dia)	Massa total kg/dia	Peso específi co (kg/m <sup>3</sup> )	Volume total gerado de orgânicos (m <sup>3</sup> /dia) <sup>(2)</sup>	Volume total considerando orgânicos + resíduo de poda (m <sup>3</sup> /dia)	Área da Seção Reta (m <sup>2</sup> ) <sup>(3)</sup>	Compri mento (m) <sup>(4)</sup>	Área da base de 1 leira (m <sup>2</sup> ) <sup>(5)</sup>	Área total de 1 leira (m <sup>2</sup> ) <sup>(6)</sup>	Área útil do pátio considerando 140 dias de compostagem (m <sup>2</sup> ) <sup>(7)</sup>	Área Total (m <sup>2</sup> ) <sup>(8)</sup>
C1	493.520	0,384	189.790,04	99,94	1,898,98	5.696,94	8,64	659,37	4.219,95	8.439,91	1.181.587,01	1.299.765,71
C2	32.601	0,384	12.537,17	99,94	125,44	376,33	8,64	43,56	278,76	557,52	78.053,41	85.878,75
C3	167.033	0,384	64.234,88	99,94	642,71	1928,14	8,64	223,16	1.428,25	2.856,51	399.910,89	439.921,98

Nota<sup>1</sup>: C1: População urbana total de Londrina; C2: População do Centro de Londrina; C3: Soma da população dos bairros: Centro, Gleba Palhano e Zona Norte de Londrina.

Nota<sup>2</sup>: Calculado a partir da geração per capita e peso específico médio do condomínio estudado.

Nota<sup>3</sup>: Calculado a partir das dimensões da base e altura da leira piramidal, considerando as dimensões da maior máquina de revolvimento disponível no mercado (6,4 m e 2,7 m, respectivamente).

Nota<sup>4</sup>: Comprimento determinado pelo volume da leira e área da seção reta.

Nota<sup>5</sup>: Calculado a partir das dimensões da base e comprimento.

Nota<sup>6</sup>: Determinada pelo dobro da área de uma leira, considerando o espaço do revolvimento.

Nota<sup>7</sup>: Calculado a partir da área total e número de leiras total do processo de compostagem.

Nota<sup>8</sup>: Calculado a partir da área útil acrescentando 10% como coeficiente de segurança e 20m<sup>2</sup> como área de apoio.

Fonte: Autoria própria (2023)



Sabe-se que a implantação de um sistema de coleta de resíduos em três frações, visando o tratamento dos resíduos orgânicos, é um processo complexo, que exige um estudo de viabilidade econômica e de logística. Além disso, faz-se necessário um amplo processo de Educação Ambiental para garantir a qualidade do material segregado na fonte para fins de compostagem.

Deste modo, os três cenários apresentados na Tabela 11 apontam para hipóteses de implantação gradativas, começando, por exemplo, pelo centro da cidade, o que resultaria em leiras de 6,4 metros de largura, 2,7 metros de altura e 43,56 metros de comprimento. Considerando o tempo de permanência de 140 dias do material para sua decomposição e estabilização, neste cenário (C2), a área total do pátio de compostagem deverá ser de 85.858,75 m<sup>2</sup>. Pensando num segundo cenário de implantação gradativa, até por considerar que no condomínio estudado a adesão dos moradores à separação em três frações foi de 33%, em média, fez-se o dimensionamento simulando o atendimento aos bairros mais populosos de Londrina, em que as leiras teriam o mesmo tamanho de largura e altura, mudando o tamanho de comprimento que foi de 223,16 metros de comprimento. Considerando o tempo de permanência de 140 dias do material para sua decomposição e estabilização, neste cenário (C3), a área total da usina de compostagem deverá ser de 439.901,98 m<sup>2</sup>, ou seja, quase três vezes maior ao C1. Por fim, visando o atendimento completo da população urbana de Londrina (C1), as leiras precisariam ter 659,37 metros de comprimento, totalizando uma área de 1.299.745,71 m<sup>2</sup>.

No trabalho de Gouveia (2021), dimensionou-se o pátio de compostagem para um município de 13.807 mil habitantes, utilizou-se a densidade do resíduo orgânico de 550 kg.m<sup>-3</sup>, e obteve-se uma área total de 2.500 m<sup>2</sup>. O bairro central de Londrina é 2,36 vezes maior que a cidade do autor e a área calculada para o pátio de compostagem foi 34,38 vezes maior.

Galon (2021), em Francisco Beltrão-PR, também dimensionou um pátio de compostagem municipal para 92.216 mil habitantes, utilizando o valor de 800 kg.m<sup>-3</sup> para o peso específico e uma proporção de três para um, ou seja, para cada três volumes de matéria orgânica foi adicionado um volume de matéria seca. A área total do pátio determinada foi de 13.300 m<sup>2</sup>. No cenário 2 (C2), o tamanho do pátio de compostagem se deu 18 vezes maior comparando com o de Galon (2021), mesmo que C2 tenha uma população menor.

Gehrke (2022) dimensionou pátios de compostagem para cada região da cidade de Santa Maria-RS, tendo como estimativa a implementação no ano de 2042 e utilizando como base  $0,466 \text{ kg.hab.dia}^{-1}$  e peso específico de  $500 \text{ kg.m}^{-3}$ . Segundo os autores, na região Norte, com população estimada de 33.737 habitantes, população mais próxima do C2, obteve-se uma área total do pátio de compostagem de  $6.900 \text{ m}^2$ , enquanto em C2 a área total foi de  $85.858,75 \text{ m}^2$ .

Nota-se que a discrepância dos resultados obtidos neste trabalho confrontados com outros estudos pode ser explicada pelo fato do valor do peso específico ser uma variável determinante no cálculo da área do pátio de compostagem.

Para todos os efeitos, em termos da classificação do porte da usina de compostagem a Resolução CEMA nº 090/2013 (PARANÁ, 2013) do Estado do Paraná relaciona com a quantidade de resíduos orgânicos processadas por dia, assim como apresentado na Tabela 12.

**Tabela 12 - Cenários estudados e seus respectivos portes de pátio de compostagem**

Cenários	Quantidade de resíduo orgânico processados (ton/dia)	Porte segundo a Resolução CEMA nº
		090/2013
C1	189,79	Excepcional
C2	12,54	Pequeno
C3	64,23	Excepcional

**Fonte: Adaptado de PARANÁ (2013)**

Nota-se, na Tabela 12 que os cenários 1 e 3 se enquadrariam na classificação “excepcional” e, segundo a Resolução CEMA nº 090/2013 (PARANÁ, 2013), há modalidades de licenciamento para cada porte de pátio de compostagem. Para porte de pátio de compostagem acima de 10 toneladas/dia são necessários os seguintes licenciamentos: Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No início deste trabalho, constatou-se que o município de Londrina-PR não possui o sistema de coleta e separação de resíduos sólidos domiciliares em três frações (orgânicos, rejeitos e recicláveis). Neste caso, os resíduos orgânicos e rejeitos acabam sendo misturados e destinados para o aterro sanitário, dificultando e, muitas vezes, inviabilizando, o tratamento para os orgânicos.

A compostagem vem como uma alternativa benéfica do ponto de vista socioambiental, pois aumenta a vida útil dos aterros sanitários, promove a reciclagem de nutrientes do solo, gera empregos e receitas, entre outros. Diante disso, este trabalho se propôs a caracterizar e quantificar os resíduos recicláveis, resíduos orgânicos e rejeitos em um condomínio vertical de Londrina, aplicando estratégias de Educação Ambiental para a orientação dos moradores acerca da segregação dos resíduos sólidos em três frações e, a partir destes dados, dimensionar um pátio de compostagem para o condomínio e para o município de Londrina.

O estudo gravimétrico no condomínio avaliado revelou que cada habitante gera: 0,384 kg.hab<sup>-1</sup>.dia de orgânicos, 0,240 kg.hab<sup>-1</sup>.dia de rejeitos e 0,045 kg.hab<sup>-1</sup>.dia de recicláveis, e que a geração per capita média geral das três frações é de 0.383 kg.hab<sup>-1</sup>.dia. Notou-se também uma variação na geração per capita por dia de semana, sendo na quinta-feira a maior geração de resíduos e no sábado a menor taxa. No quesito variação da geração de resíduos por fase do mês, observou-se que o material reciclável teve uma diminuição ao longo do mês, enquanto o orgânico teve aumento conforme foram passando as semanas. No contexto de coleta dos resíduos, a maior massa foi observada sempre nas segundas-feiras e a menor aos sábados.

Na composição gravimétrica, o vidro prevaleceu com 25,62% dos resíduos recicláveis, vindo em seguida, papel e plástico, com 21,50 e 18,30%, respectivamente. Observou-se que a gravimetria geral dos resíduos resultou em 53,8% de orgânicos, 38% de rejeitos e apenas 8,2% de material reciclável. Durante a gravimetria pode-se encontrar resíduos indesejáveis, como restos de comida, principalmente de *fast food*, resíduos orgânicos e até mesmo fraldas e guardanapos, o que indica a necessidade de um trabalho de Educação Ambiental com a população, permanente e contínuo, visando uma melhor condição de trabalho e segurança aos catadores que manipulam os materiais recicláveis em Londrina.

Para o peso específico, obteve-se o valor médio de 99,94 e 33,34 kg.m<sup>-3</sup>, para resíduos orgânicos e rejeitos, respectivamente, e foram os dados com maior variação em comparação com outros estudos. Já os materiais recicláveis como, papel, plástico, vidro e metal obtiveram uma menor variação dos valores.

A variação destes dados físicos estudados neste trabalho revela a importância de se conhecer a fundo a geração de resíduos de uma determinada população e de se fazer uma ampla amostragem, visto que hábitos de vida, de consumo, poder aquisitivo no mês/na semana, fatores educacionais, dentre outros, exercem influência na quantidade, tipologia e características dos resíduos.

No que diz respeito ao pátio de compostagem dimensionado para o condomínio em questão, a depender dos dados utilizados nos cálculos, a área requerida para o tratamento dos resíduos orgânicos gerados pelos 317 moradores, somados aos resíduos de poda necessários para garantir a relação C/N inicial ideal para compostagem, variou de 625,40 m<sup>2</sup> a 4.849,04 m<sup>2</sup>. Estes resultados apontam para a necessidade de tratamento destes resíduos fora do condomínio pois, em geral, estes espaços de habitação coletiva não dispõem áreas sobressalentes para a implantação de pátios de compostagem próprios.

Considerando que o primeiro desafio na realização deste trabalho foi conseguir orientar e sensibilizar os moradores a realizarem a segregação dos resíduos em três frações e que a taxa de adesão média ao estudo foi de 33%, optou-se por dimensionar a usina de compostagem para Londrina em três cenários que representassem a implantação e adesão gradativa da população à coleta de resíduos em três frações.

O tamanho das áreas estimadas foi de 1.299.745,71 (C1), 85.858,75 (C2) e 439.901,98 (C3) (m<sup>2</sup>), o que implica numa avaliação criteriosa da viabilidade de sua implantação e manutenção a curto, médio e longo prazo. Além disso, como sugestões para trabalhos futuros, recomenda-se a busca por métodos aceleradores da compostagem ou outros processos biológicos capazes de estabilizar a matéria orgânica em um tempo menor, minimizando, assim, a necessidade área e mão-de-obra.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2019**. São Paulo, 2019.

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2020**. São Paulo, 2020.

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2022**. ABRELPE: [S.l.], 2022. Disponível: <https://abrelpe.org.br/panorama/> . Acesso em: 21 mar. 2023.

AGÊNCIA BRASIL. **Índice de reciclagem no Brasil é de apenas 4%, diz Abrelpe**. Rio de Janeiro. 2022. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2022-06/indice-de-reciclagem-no-brasil-e-de-4-diz-abrelpe#:~:text=A%20pesquisa%20da%20Abrelpe%20sinaliza,muitos%20j%C3%A1%20pr%C3%B3ximos%20do%20esgotamento> . Acesso em: 08 maio 2023.

ALCÂNTARA, P. B.; **Avaliação da influência da composição de resíduos sólidos urbanos no comportamento de aterros simulados**. 2007. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5397> . Acesso em: 17 abril 2023.

ALIANÇA RESÍDUO ZERO BRASIL (ARZB). **Programa Recicla Tibagi**. 2019. Disponível em: <https://residuozero.org.br/boas-praticas/programa-recicla-tibagi/> . Acesso em: 08 maio 2023.

ALIGLERI, L. et al. Social innovation in waste management in residential buildings: proposal of a center with multi-selective separation in Brazil. **Journal on Innovation and Sustainability RISUS**, v. 14, n. 3, p. 84-98, 2023.

ALMEIDA JR, R. de A.; AMARAL, S. P.. Lixo urbano, um velho problema atual. **XIII Simpósio Internacional de Administração**, p. 1-7, 2006.

ALMEIDA, M. C. et al. Destinação final de RSU no município de Campos dos Goytacazes/RJ. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias (ISSN: 2525-4790)**, v. 4, n. 1, 2019.

ANDREOLI, C.V.; FERREIRA, A.C.; CHERUBINI, C.; TELES, C.R.; CARNEIRO, C.; FERNANDES, F. Higienização do lodo de esgoto. In: ANDREOLI, C.V. **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: ABES. 257 p. 2001. Disponível em: <https://salommao.com.br/wp-content/uploads/2022/04/Residuos-Solidos-do-Saneamento-Processamento-e-Disposicao-Final.pdf#page=77> . Acesso em: 10 maio 2023.

ARAÚJO, K. K.; PIMENTEL, A. K. A PROBLEMÁTICA DO DESCARTE IRREGULAR DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS BAIRROS VERGEL DO LAGO E

JATIÚCA EM MACEIÓ, ALAGOAS. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 626–668, 2015. DOI: 10.19177/rgsa.v4e22015626-668. Disponível em: [https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/2762](https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/2762). Acesso em: 31 maio. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004: resíduos sólidos - classificação**. Rio de Janeiro, 2004a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007 : amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos: Procedimento**. Rio de Janeiro, p. 7, 1992.

BACHINI, C. M. da S.; SILVEIRA, W. O. da; KITZMANN, D. I. S. Gestão dos resíduos recicláveis em condomínios residenciais de Rio Grande/RS – diagnóstico para a educação ambiental. In: **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, VI, 2015, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: IBEAS, 2015.

BALBINOTTI, E. C.. **Rejeitos na triagem de resíduos da coleta seletiva do município de Francisco Beltrão-PR. 2019**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2019. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/11461> . Acesso em: 13 out. 2023.

BIDONE, F.R.A. 2001. Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: Eliminação e valorização. **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES**. Rio de Janeiro. Brasil.

BIDONE, F. R. A. e POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos..** São Carlos: EESC/USP. 120 p.. 1999.

BITENCOURT, D. V., Almeida, R. N. de, Pedrotti, A., & Santos, L. C. P. (2013). A problemática dos resíduos sólidos urbanos. **Interfaces Científicas - Saúde E Ambiente**, 2(1), 25–36. Disponível em: <https://doi.org/10.17564/2316-3798.2013v2n1p25-36> . Acesso em: 07 maio 2023.

BRAGA, L. C. et al. Cooperação e Desenvolvimento: um estudo de caso sobre sustentabilidade na cidade de Florianópolis através do Programa Lixo Zero. **Repositório de casos sobre o Big Push para a Sustentabilidade no Brasil. Escritório no Brasil da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL) das Nações Unidas**. 2020. Disponível em: <https://biblioguias.cepal.org/c.php?g=981128&p=7149932> . Acesso em: 11 abril 2023.

BRASIL. **Lei n. 9795 - 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental. Política Nacional de Educação Ambiental. Brasília, 1999. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9795.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm) . Acesso em: 11 maio 2023.

BRASIL. **Decreto nº10.936, de 12 de janeiro de 2022**. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

2002a. Brasília: Presidente da República, 12 jan 2022. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2022/decreto/D10936.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D10936.htm) . Acesso em: 09 abril 2023.

BRASIL. **Decreto nº11.043, de 13 de abril de 2022**. Aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília/DF. 2022b. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=11043&ano=2022&data=13/04/2022&ato=603g3aU1kMZpWT676> . Acesso em: 16 abril 2023.

BRASIL. **Lei n. 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Política Nacional dos Resíduos Sólidos. Brasília/ DF, 2010. 2010. Acesso em: 22 mar. 2023.

BRASIL. **Lei n. 14.026, de 15 de julho de 2020**. Marco Legal do Saneamento Básico. Brasília. 2020. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm) . Acesso em: 29 maio 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 481, de 03 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: DOU, 2017.

BRINCK, R. R. L. Compostagem: Ferramenta Sustentável de Educação Ambiental e Redução de Resíduos. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 4, 2020. Disponível em: <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/6446/4630> . Acesso em: 31 maio 2023.

BRINGHENTI, J. R. et al.. Coleta seletiva em condomínios residenciais verticalizados do município de Vitória (ES): características operacionais e de participação social. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, p. e20170223, 2019.

BRITO, F.. O deslocamento da população brasileira para as metrópoles. **Estudos Avançados**, v. 20, n. 57, p. 221–236, maio 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142006000200017> . Acesso em: 03 maio 2023.

CARDOSO, E. et al. Desafios da logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos no Brasil. **Revista Ineana**, v. 7, n. 1, p. 6-19, 2019. **APA**. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Marianna-Ottoni-2/publication/336699368\\_Desafios\\_da\\_LR\\_de\\_REEE\\_no\\_BR\\_Preprint\\_INEANA/links/5dadbf5299bf111d4bf81f5/Desafios-da-LR-de-REEE-no-BR-Preprint-INEANA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Marianna-Ottoni-2/publication/336699368_Desafios_da_LR_de_REEE_no_BR_Preprint_INEANA/links/5dadbf5299bf111d4bf81f5/Desafios-da-LR-de-REEE-no-BR-Preprint-INEANA.pdf) . Acesso em: 01 nov. 2023.

CARDOSO, Fernanda de Cássia Israel; CARDOSO, Jean Carlos. O problema do lixo e algumas perspectivas para redução de impactos. **Ciência e Cultura**, v. 68, n. 4, p. 25-29, 2016.

CARNEIRO, L. J. **Composting of agroindustrial solid wastes: turning, inoculation and environmental conditions**. 2012. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Estadual do Oeste do Parana, Cascavel, 2012. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/2856> . Acesso em: 30 maio 2023.

CARVALHO, E. M. F. D. B. **Metodologias para a quantificação e caracterização física dos resíduos sólidos urbanos**. 2005. Tese de Doutorado. FCT-UNL. Disponível em: <https://run.unl.pt/handle/10362/1136> . Acesso em: 16 abril 2023.

CARVALHO, J. L. V.; JESUS, S. C.; PORTELLA, R. B. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares e comerciais do centro da cidade de barreiras-BAHIA**. Revista Chão Urbano, 2010. Disponível em: <http://www.chaourbano.com.br/adm/revistas/arquivosartigos/artigo65.pdf> . Acesso em: 29 maio 2023.

CASARIL, C. C. (2009). **A expansão físico-territorial da cidade de Londrina e seu processo de verticalização: 1950-2000**. GEOGRAFIA (Londrina), 18(1), 65–94. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/2447-1747.2009v18n1p65>. Acesso em: 11 maio 2023.

CAVATORTA, M. G. **Produção do espaço urbano e a verticalização em Londrina**. 2021. 97 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas.

CBN LONDRINA. **Londrina é a primeira cidade do Paraná a receber plataforma de combate a incêndio em grandes alturas**. 2019. Disponível em: <https://cbnlondrina.com.br/materias/londrina-e-a-primeira-cidade-do-parana-a-receber-plataforma-de-combate-a-incendio-em-grandes-alturas#:~:text=A%20escolha%20de%20Londrina%20para,edif%C3%ADcios%20aci ma%20de%2012%20pavimentos> . Acesso: 11 maio 2023.

CEMBRANEL, A. S.; BALBINOTTI, E. C.; BRAVO, C. E. C.; TONIAL, I. B.; PINTO, E. P. Composição gravimétrica e as causas da geração de rejeitos na triagem dos resíduos recicláveis municipal. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 4, p. 36217–36239, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n4-200. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/27883>. Acesso em: 23 out. 2023.

CEMPRE - Compromisso Empresarial para a Reciclagem. Lixo municipal. **Manual de gerenciamento integrado**. 4. ed. - São Paulo. 2018.

COMPANHIA MUNICIPAL DE TRÂNSITO E URBANIZAÇÃO DE LONDRINA (Londrina). **Coleta de Resíduos Recicláveis**. 2023. Disponível em: <https://cmtu.londrina.pr.gov.br/index.php/coleta-reciclavel.html> . Acesso em: 31 maio 2023.

CURITIBA. M. do C. O. D. Coordenadora Técnica de Resíduos Sólidos (Org.). **PLANO DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS**. 2. ed. Curitiba, 2010. 121 p. Disponível em: <http://multimidia.curitiba.pr.gov.br/2010/00084142.pdf>. Acesso em: 05 maio 2023.

CUSTIQUE, A. M. et al. CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM PRÉDIO RESIDENCIAL E PROPOSTA DE AÇÕES PRÁTICAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL. XII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2021/III-023.pdf>. Acesso em: 14 out. 2023.



- DAL BOSCO, et al.. **Compostagem e vermicompostagem de resíduos sólidos: resultados de pesquisas acadêmicas**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda, 2017.
- DE ANDRADE, R. M.; FERREIRA, J. A. A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL FRENTE ÀS QUESTÕES DA GLOBALIZAÇÃO. REDE - **Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 6, n. 1, mar. 2011. ISSN 1982-5528. Disponível em: <http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/118>. Acesso em: 31 maio 2023.
- DE CARVALHO, M. R. B. Logística reversa e coleta seletiva do lixo: a educação ambiental como ferramenta auxiliar no processo de reciclagem do lixo eletrônico doméstico. **Editora Dialética**, 2023.
- DE MELO, D. A. et al. Análise da composição gravimétrica e do peso específico dos resíduos sólidos domiciliares de Jandaia (GO) como instrumento norteador ao Projeto de Educação em Saúde Ambiental “Cidade Resíduo Zero”. **Engenharia, Gestão e Inovação** Volume 2, p. 28. 2022.
- DE OLIVEIRA SILVA, C. et al. Discretização da estimativa de geração per capita e análise gravimétrica de resíduos sólidos urbanos. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 3, p. 1-19, 2021. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Claudionor-Silva/publication/352800324\\_Discretizacao\\_da\\_estimativa\\_de\\_geracao\\_per\\_capita\\_e\\_analise\\_gravimetrica\\_de\\_residuos\\_solidos\\_urbanos\\_Differentiation\\_of\\_estimates\\_in\\_per\\_capita\\_generation\\_and\\_gravimetric\\_analysisi](https://www.researchgate.net/profile/Claudionor-Silva/publication/352800324_Discretizacao_da_estimativa_de_geracao_per_capita_e_analise_gravimetrica_de_residuos_solidos_urbanos_Differentiation_of_estimates_in_per_capita_generation_and_gravimetric_analysisi). Acesso em: 11 out. 2023.
- DE PAULA PINTO, T. et al. COMPOSTAGEM EM CONDOMÍNIOS-CAMINHOS PARA UMA POLÍTICA LOCAL DE RESÍDUOS. In: **20ª Exposição de Experiências Municipais em Saneamento**. Jaraguá do Sul/SC. 2016.
- EPA - Environmental Protection Agency. **National Overview: Facts and Figures on Materials, Wastes and Recycling**. 2022. Disponível em: <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/national-overview-facts-and-figures-materials#:~:text=The%20Current%20National%20Picture,-EPA%20began%20collecting&text=The%20total%20generation%20of%20municipal,pounds%20per%20person%20per%20day>. Acesso em: 07 maio 2023.
- FERNANDES, F.; SILVA, S.M.C.P. **Manual Prático para Compostagem de Bioresíduos**. 1999. Rio de Janeiro. ABES.
- FERNANDES, P. A. L.. **Estudo comparativo e avaliação de diferentes sistemas de compostagem de resíduos sólidos urbanos**. 1999. Tese de Doutorado. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.8/52>. Acesso em: 03 nov. 2023.
- FERNANDO, A.; LIMA, S. C.. **Caracterização dos resíduos sólidos urbanos do município de Maxixe/Moçambique**. Caminhos de Geografia, v.13, n.42, p.335–345, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/RCG134317460> . Acesso em: 04 maio 2023.
- FERRAZ, J.L. (2008) **Modelo para avaliação da gestão municipal integrada de resíduos sólidos urbanos**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

FUNASA. **Manual de Saneamento: Orientações Técnicas. Ministério da Saúde - Fundação Nacional de Saúde.** Brasília: Assessoria de Comunicação e Educação em Saúde, 2004.

GALON, G. G. **Estudo de dimensionamento para implantação de uma usina de triagem e compostagem em Francisco Beltrão – PR.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2021.

GEHRKE, L. D.. **Proposição de áreas institucionais para a implementação de usina de compostagem em ambiente urbano de Santa Maria-RS.** Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia de Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Santa Maria-RS. 2022. Disponível: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/26585> . Acesso em: 10 nov. 2023.

GLOBO RURAL. **Condomínio em São Paulo tem composteira feita pelos moradores.** 18 julho 2021. Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/9697212/> . Acesso em: 11 maio 2023.

GÓES, V. C. et al. Compostagem no Condomínio Alphaville em João Pessoa/PB: tratamento para os resíduos sólidos orgânicos. **Revista Práxis: saberes da extensão**, v. 7, n. 16, p. 74-82, 2019.

GOMES, A. V. M., CARMINHA, U. e MEMÓRIA, C. V.. **A Destinação dos Resíduos Sólidos das Empresas Inovadoras: a Lei do Bem e o seu papel na sustentabilidade ambiental e social.** Sequência (Florianópolis) [online]. 2019, n. 82 pp. 120-145. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2177-7055.2019v41n82p120> . Acesso em: 11 nov. 2023.

GOUVEIA, J. W. F.. **Proposta de um modelo de operacionalização para implantação de uma usina de tiragem e dimensionamento de um pátio de compostagem no município de Serra Branca-PB.** 2021. 36f. (Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia), Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé – Paraíba – Brasil, 2021. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/21628> . Acesso em: 10 abril 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD).** 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010: resultados preliminares do universo – conceitos e definições – tabelas adicionais.** Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama Censo 2022.** Disponível em: [https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/?utm\\_source=ibge&utm\\_medium=home&utm\\_campaign=portal](https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/?utm_source=ibge&utm_medium=home&utm_campaign=portal) . Acesso em: 09 dez. 2023.

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

em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/663578> . Acesso em: 10 maio 2023.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos Diagnóstico dos Resíduos Brasília**, 2012.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R.. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 25, n. Estud. av., 2011 25(71), p. 135–158, jan. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/YgnDNBgW633Y8nflLF5pqLxc/?lang=pt> .

JERÔNIMO, G. J.. **Potencialização da compostagem com aplicação do biocomposto e dimensionamento de pátio para cidade de médio porte**. 2019. 87f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2019.

KAZA, S. et al. **What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050**. World Bank Publications, 2018.

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

KIEHL, E. J.. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. . Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.1998.

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

KIEHL, E. J. **Novo fertilizantes orgânicos/ Edmar José Kiehl**, 1ª edição do autor, Piracicaba, 2010.

KIM, V. J. H.. **Análise da composição gravimétrica dos resíduos domiciliares de São Carlos (SP)**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-17062019-104821/publico/DISS\\_KI](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-17062019-104821/publico/DISS_KI) . Acesso em: 13 out. 2023.

Kitzmann, D. I. S. **Ambientalização Sistêmica na Gestão Ambiental e na Educação Ambiental: Estudo de Caso com o Ensino Profissional Marítimo – EPM**. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Educação Ambiental – PPGEA, FURG, 2009.

LEITE, V. D. **Processo de tratamento anaeróbio de resíduos sólidos urbanos inoculados com lodo de esgoto industrial**. São Carlos: EESC/USP, 1997, 190p. Tese Doutorado.

LEITE, V. D. et al.. Tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos com alta e baixa concentração de sólidos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 2, p. 190–196, mar. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000200013> . Acesso em: 07 maio 2023.

LEITE, N. D.et al.. Lixões, aterros controlados e aterros sanitários: o que mudou no Brasil após a publicação da Lei Federal 12.305/2010. In: **CONGRESSO**

**BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, 30º., 16 a 19 jun. 2019, Natal, no Rio Grande do Norte. Anais [...] Natal, no Rio Grande do Norte, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/55137> . Acesso em: 05 abril 2023.

LONDRINA, 2010. Lei nº 10.967, de 26 de julho de 2010. **Dispõe sobre a Política Municipal de Saneamento Básico, cria o Conselho Municipal de Saneamento e o Fundo Municipal de Saneamento e dá outras providências. Londrina/PR.** Disponível em: <https://www1.cml.pr.gov.br/leis/2010/web/LE109672010consol.html> . Acesso em: 29 mar. 2023.

LONDRINA, **Plano Municipal de Saneamento Básico de Londrina – PR.** Renovação do PMSB – 2015.

LONDRINA, 2022. Prefeitura de. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Londrina - PR.** Londrina, 2022. Disponível em: <https://portal.londrina.pr.gov.br/gestao-de-residuos-ambiente/pmgirs> . Acesso em: 29 mar. 2023.

LONDRINA. **Portal da Prefeitura de Londrina - Destinação de Resíduos.** Disponível em: <https://portal.londrina.pr.gov.br/gestao-de-residuos-ambiente/destinacao-de-residuos> . Acesso em: 21 nov. 2023

LUCHESE, M. V. P. **Análise da viabilidade locacional, técnica e econômica para implantação de usina de compostagem em Torres, RS.** Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). 2020. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/handle/1/9796> . Acesso em: 06 jun. 2023.

MÁQUINA SOLO. **Compostador de resíduos orgânicos Menart.** Disponível em: <https://maquinasolo.com.br/compostadores-de-residuos-organicos-menart/> . Acesso em: 09 nov. 2023.

MARCHI, C. M. D. F.. Novas perspectivas na gestão do saneamento: apresentação de um modelo de destinação final de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Gestão Urbana** [online]. 2015, v. 7, n. 1, pp. 91-105. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.007.001.AO06> . Acesso em: 07 mar. 2023.

MARCHI, C. M. D. F.; GONÇALVES, I. de O. Compostagem: a importância da reutilização dos resíduos orgânicos para a sustentabilidade de uma instituição de ensino superior. **Revista Monografias Ambientais**, v. 19, p. e1, 2020.

MASSUKADO, L. M. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares.** 2008. 182 f. Tese (Doutorado - Programa de Pós Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-18112008-084858/publico/TeseLucianaMiyokoMassukado.pdf> . Acesso em: 10 abril 2023.

MEDEIROS, P. A.; DA SILVA, J. D.; DE CASTILHOS JÚNIOR, A. B.. **Balanco hídrico em aterros de resíduos sólidos urbanos escala experimental de laboratório.** CASTILHOS JÚNIOR, AB de, et al, p. 39-46, 2002.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). 2018. **Catadores de Materiais Recicláveis**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/catadores-de-materiais-reciclaveis.html#portal-siteactions> . Acesso em: 28 mar. 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Programa Lixão Zero já encerrou mais de 800 lixões em todo o Brasil**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/noticias/programa-lixao-zero-ja-encerrou-mais-de-800-lixoes-em-todo-o-brasil> . Acesso em: 08 maio 2023.

MONTEIRO, J. A. V.. Benefícios da compostagem doméstica de resíduos orgânicos. **Revista Educação Ambiental em Ação**, n. 56, 2016.

MONTEIRO, J. H. P. et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**, Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 204 p. Disponível em: <http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>

MORAES, L. R. S., & BORJA, P. C. (2009). Gestão integrada e sustentável e tecnologias apropriadas para manejo de resíduos sólidos urbanos – um outro paradigma. In **Anais do III Congresso Interamericano de Resíduos Sólidos de AIDIS** (1 CD ROM). Buenos Aires: AIDIS.

NAKANO, R. S.. **Diagnóstico do gerenciamento de resíduos sólidos recicláveis em condomínios verticais de Londrina**. 2019. 88 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2019.

NASCIMENTO, JML., and CURI, RC. **A interface da responsabilidade social na gestão de recursos naturais**. In: LIRA, WS., and CÂNDIDO, GA., orgs. *Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa* [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2013, pp. 173-192. ISBN 9788578792824.

NUNES, M. U. C. Compostagem de resíduos para produção de adubo orgânico na pequena propriedade. **Circular técnico – Embrapa Tabuleiros Costeiros**, Aracaju, n.59, 7p., dez. 2009. Disponível em: [http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes\\_2010/ct\\_59.pdf](http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2010/ct_59.pdf). Acesso em: 30 maio 2023.

OLIVEIRA, C. M.; MATIAS, I. O.; AGUIAR, C. J. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos: Uma revisão de mapeamento. **InterSciencePlace – International Scientific Journal**. v.13, n. 4, p. 189-208, 2018. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.6020/1679-9844/v13n4a10>

OLIVEIRA, D. A. M. de. **Percepção de riscos ocupacionais em catadores de materiais recicláveis: estudo em uma cooperativa em Salvador-Bahia**. 2011. 174 f. Dissertação (Mestrado em Saúde, Ambiente e Trabalho) - Curso de Pós-graduação em Saúde, Ambiente e Trabalho, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/31820> . Acesso em: 07 abril 2023.

OLIVEIRA, E.C.A. de; SARTORI, R.H; GARCEZ, T.B. **Compostagem**. 2008. 19f. Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas - Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2008.

OLIVEIRA, F. D. A. et. al. **Proposta de coleta seletiva da fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares no bairro Pici, Fortaleza-CE.** Revista DAE, São Paulo, v. 201 , p. 45-64, jan./abr. 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/44578> . Acesso em: 8 maio 2023.

ONOFRE, F. L.. **Estimativa da geração de resíduos sólidos domiciliares. 2011.** 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/5448> . Acesso em: 12 out. 2023.

PARANÁ. Conselho Estadual de Meio Ambiente. **Resolução 90 de 03 de dezembro de 2013.** Estabelece condições, critérios e dá outras providências, para empreendimentos de compostagem de resíduos sólidos de origem urbana e de grandes geradores e para o uso do composto gerado. Curitiba, 2013.

PARANÁ (Estado). **Lei no 12.493, de 22 de janeiro de 1999.** Estabelece princípios, procedimentos, normas e critérios referentes à geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos no Estado do Paraná, visando controle da poluição, da contaminação e a minimização de seus impactos ambientais e adota outras providências. Diário Oficial no. 5430. Curitiba, 5 fev. 1999.

PARANÁ (Estado). **Lei no 20.607, de 10 junho de 2021.** Dispõe sobre o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Paraná e dá outras providências.

PEREIRA NETO, J. T. Conceitos modernos de compostagem. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.28, n.3, p. 104-09, 1989.

PEREIRA NETO, T. J. **Manual de compostagem: processo de baixo custo.** Universidade Federal de Viçosa. p. 19-27, 2007.

PERSICH, J. C., & SILVEIRA, D. D. da. (2011). GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS - A IMPORTÂNCIA DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DA COLETA SELETIVA DE LIXO – O CASO DE IJUÍ/RS. **Revista Eletrônica Em Gestão, Educação E Tecnologia Ambiental**, 4(4), 416–426. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/223611703858> . Acesso em: 07 abril 2023.

PGIRS-SJE – PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DE ESPINHARAS. Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de São José de Espinharas – PB, 2018. São José de Espinharas, Paraíba. Disponível em: <https://saojosedeespinharas.pb.gov.br/images/arquivos/documentos/1545153883.pdf> . Acesso em: 14 out. 2023.

PHILIPPI JÚNIOR, A. e ROMERO, M. de A. e BRUNA, G. C.. Uma introdução à questão ambiental. **Curso de gestão ambiental.** Tradução . Barueri: Manole, 2004.

PINTO, R. A. de F. R.; MONDELLI, G.. Potencial de recuperação de recicláveis em um condomínio residencial de grande porte de São Caetano do Sul. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 647-656, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017146383> . Acesso: 11 maio 2023.

Programa Cidades Sustentáveis - PCS. **Recicla Tibagi é referência na separação de resíduos**. Disponível em: <https://www.cidadessustentaveis.org.br/boas-praticas/280> . Acesso em: 09 maio 2023.

REZENDE, F.A. **Aceleração do processo de compostagem de resíduos sólidos: avaliação de fertilizante obtido em uma usina de compostagem no litoral norte da Bahia**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005.

REZENDE, J. H. et al. Composição gravimétrica e peso específico dos resíduos sólidos urbanos em Jaú (SP). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, p. 1-8, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000100001> . Acesso em: 16 abril 2023.

RIBEIRO, R. G. M.; PINHEIRO, R. V. N.; MELO, D. A. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares encaminhados ao aterro sanitário do município de Goiânia (GO). In: **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Goiânia/GO**. 2012.

RODRIGUES, G. C.; VARGAS, I. S.; CASTRO, S. R. CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA COMO ETAPA DE DIAGNÓSTICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: ESTUDO EM MUNICÍPIO DE PEQUENO PORTE. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, p. 62-82, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/download/51092/29784> . Acesso em: 13 out. 2023.

RUSSO, M.A.T. **Tratamento de resíduos sólidos**. Coimbra :Universidade de Coimbra; Faculdade de Ciências e Tecnologia Departamento de Engenharia Civil , 2003.

SALSA, N. S.. **Caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares em diferentes formas de habitação**. 2013. 95 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2013. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/11935> . Acesso em: 29 mar. 2023.

SANTOS, F. S. dos. **O processo de logística do programa ‘Recicla Tibagi’ do município de Tibagi Paraná**. 2012. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável (Sedest). **Resíduos Sólidos**. Disponível em: <https://www.sedest.pr.gov.br/Pagina/Residuos-Solidos#:~:text=Diante%20disso%2C%20em%2010%20de,de%20res%C3%ADduos%20s%C3%B3lidos%20no%20Estado> . Acesso em: 28 mar. 2023.

SIDRA, IBGE. **Sistema IBGE de recuperação automática**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/202#resultado> . Acesso em: 09 nov. 2023.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS (SINIR). **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <https://sinir.gov.br/informacoes/plano-nacional-de-residuos-solidos/> . Acesso em: 22 de Março de 2023.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos** – 2019. Brasília: SNS/MDR, 2020. 244 p.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS.

**Diagnóstico Temático: Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos**. Brasília, 2021.

Disponível em:

[http://antigo.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/rs/2020/DIAGNOSTICO\\_TEMATICO\\_VISAO\\_GERAL\\_RS\\_SNIS\\_2021.pdf](http://antigo.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/rs/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_RS_SNIS_2021.pdf) . Acesso em: 07 maio 2023.

SOUZA, M. do C. B. M.; MELLO, I. S.. Resíduos sólidos: coleta seletiva estímulo para o aumento da reciclagem e melhoria de renda dos catadores. **Revista Eletronica Gestao e Saude**, n. 3, p. 2959-2981, 2015. Disponível em:

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5555814> . Acesso em: 31 maio 2023.

TCHOBANOGLIOUS, G. T.H.; VIGIL, S. **Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues**. McGrall-Hill, Inc., New York, 1993.

VALENTE, B. S. et al. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de zootecnia**, v. 58, n. 224, p. 59-85, 2009.

Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/339896079\\_Fatores\\_que\\_afetam\\_o\\_desenvolvimento\\_da\\_compostagem\\_de\\_residuos\\_organicos](https://www.researchgate.net/publication/339896079_Fatores_que_afetam_o_desenvolvimento_da_compostagem_de_residuos_organicos) . Acesso em: 09 maio 2023.

VELICKO, A. J.; AMRGINSKI, R. L.; HEMKEMEIER, M. Alternatives of reusing textile waste. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 11, p. e96291110613, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i11.10613. Disponível em:

<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/10613>. Acesso em: 30 out. 2023

ZONATTI, W. F. et al. Reciclagem de resíduos do setor têxtil e confeccionista no Brasil: panorama e ações relacionadas. **Sustentabilidade em Debate**, v. 6, n. 3, p. 50-69, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v6n3.2015.15892>. Acesso em: 30 out. 2023.