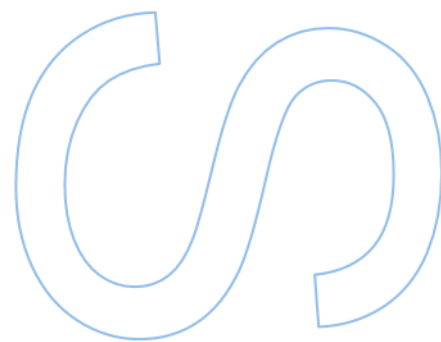
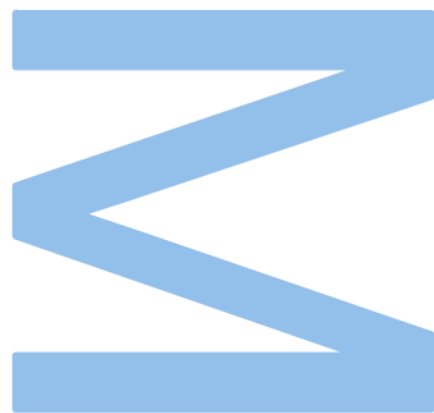


# Desenvolvimento de uma metodologia para avaliação qualitativa e quantitativa dos resíduos provenientes da varredura

Manuel Adolfo Azevedo Rodrigues  
Borges

Mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente  
Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território  
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto  
2024



# Desenvolvimento de uma metodologia para avaliação qualitativa e quantitativa dos resíduos provenientes da varredura

Manuel Adolfo Azevedo Rodrigues  
Borges

Relatório de estágio realizado no âmbito do Mestrado em  
Ciências e Tecnologia do Ambiente  
Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território  
2024

**Orientador**

António José Guerner Dias, Professor Auxiliar, FCUP

**Supervisor**

Hélder Joaquim Pinheiro Claro, Coordenador do Planeamento e  
da Investigação e Desenvolvimento, EMAP- Porto Ambiente





# Agradecimentos

Em primeiro, quero agradecer à minha família e amigos, especialmente aos meus tios Zé e Teresa, por todo o apoio dado ao longo destes 5 anos e por sempre me motivarem a fazer mais e melhor.

A realização deste projeto seria impossível sem a ajuda de toda a equipa da Empresa Municipal de Ambiente do Porto (Porto Ambiente), em especial da engenheira do engenheiro Hélder Claro. Tenho de agradecer também toda a ajuda prestada por parte dos encarregados da Porto Ambiente e dos cantoneiros.

Evidentemente não posso deixar de parte um agradecimento especial ao Professor Guerner pela sua disponibilidade e por sempre terem orientado da melhor maneira possível este projeto. Sem eles, o desenvolvimento desta metodologia não teria resultado em algo tão bem estruturado, organizado e completo.

## Resumo

O projeto desenvolvido teve como principal objetivo a criação de uma metodologia, em colaboração com a Empresa Municipal de Ambiente do Porto (EMAP – Porto Ambiente), para a determinação da massa total recolhida anualmente na cidade do Porto e para a determinação da caracterização física dos resíduos recolhidos. A metodologia criada pretende servir como ferramenta de monitorização das ruas do Município do Porto do ponto de vista estatístico e operacional, de maneira a ajudar a EMAP na colaboração com as entidades gestoras responsáveis pelos diferentes tipos de resíduos. Como não existem metodologias desenvolvidas neste âmbito a nível Nacional, o presente projeto resulta num trabalho pioneiro. O desenvolvimento da metodologia resultou inicialmente na recolha de amostras em cinco zonas da cidade com características notáveis, seguida pela pesagem e categorização dos resíduos recolhidos durante o trabalho de campo, em comprimentos de 500 metros de ruas pedonais. Foram analisadas zonas comerciais/turísticas, residenciais, escolares, urbanas e locais próximos de centros de transporte. A recolha decorreu num espaço de quatro dias, durante os quais foi realizada também a pesagem, diferenciação e caracterização dos resíduos recolhidos na FCUP. Do trabalho de campo nas diferentes zonas, resultou que as áreas próximas de centros de educação e locais que servem como interface de transportes são onde se observou a maior quantidade de resíduos recolhidos. A caracterização dos resíduos de varredura permitiu a previsão dos resíduos recolhidos durante e após o período de recolha em cada uma das zonas caracterizadas. A semelhança entre as zonas analisadas com outras localizações no Porto permite prever parcialmente as quantidades e a tipologia dos resíduos recolhidos na mesma.

Palavras-chave: Monitorização Ambiental, Limpeza Urbana, Avaliação de Resíduos, Saneamento Público, Análise de Dados, Sustentabilidade, Reciclagem, Descarte de Resíduos, Serviços Municipais, Política Ambiental.

## Abstract

The primary objective of the developed project was the creation of a methodology, in collaboration with the Municipal Environment Company of Porto (EMAP – Porto Ambiente), for determining the total mass collected annually in the city of Porto and for the physical characterization of the collected waste. The created methodology aims to serve as a tool for monitoring the streets of the Municipality of Porto from a statistical and operational perspective, in order to assist EMAP in collaboration with the managing entities responsible for different types of waste. As there are no methodologies developed in this area at the national level, this project results in pioneering work. The development of the methodology began with the collection of samples in five distinct areas of the city, followed by the weighing and categorization of the waste collected during the fieldwork, in segments of 500 meters of pedestrian streets. Commercial/tourist, residential, school, urban areas, and locations near transportation hubs were analyzed. The collection took place over a period of four days, during which the weighing, differentiation, and characterization of the waste collected at FCUP were also carried out. From the fieldwork in the different areas, it was found that the areas near educational centers and transportation hubs observed the highest quantity of collected waste. The characterization of the sweeping waste allowed for the prediction of the waste collected during and after the collection period in each of the characterized areas. The similarity between the analyzed areas and other locations in Porto allows for the partial prediction of the quantities and types of waste collected in those areas.

**Keywords:** Environmental Monitoring, Urban Cleanliness, Waste Assessment, Public Sanitation, Data Analysis, Sustainability, Recycling, Waste Disposal, Municipal Services, Environmental Policy.

# Índice

Lista de Tabelas .....	vi
Lista de Figuras .....	vii
Capítulo 1 .....	vii
Capítulo 4 .....	vii
Lista de Abreviaturas .....	viii
<b>1. Introdução</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. Enquadramento do projeto</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2. Apresentação da empresa</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3. Objetivos do trabalho</b> .....	<b>4</b>
<b>1.4. Organização do relatório</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Estado de Arte</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1. Resíduos Sólidos Urbanos</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1.1 Resíduos Sólidos Urbanos na Europa</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1.2. PERSU</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1.3 Resíduos Sólidos Urbanos em Portugal</b> .....	<b>8</b>
<b>2.2. Limpeza Urbana</b> .....	<b>9</b>
<b>2.2.1. Limpeza Urbana em Portugal</b> .....	<b>11</b>
<b>2.3. Gestão de Resíduos</b> .....	<b>12</b>
<b>2.4. Resíduos de Varredura</b> .....	<b>14</b>
<b>3. Metodologia</b> .....	<b>16</b>
<b>3.1. Categorização dos resíduos de Varredura</b> .....	<b>16</b>
<b>3.2. Seleção de ruas para amostragem</b> .....	<b>17</b>
<b>3.2.1. Ruas amostradas</b> .....	<b>18</b>
<b>3.3. Determinação da fórmula para o cálculo da massa anual de resíduos de varredura e resíduos de papelaria</b> .....	<b>19</b>
<b>3.4. Determinação das características dos resíduos de varredura</b> .....	<b>20</b>
<b>4. Resultados e Discussão</b> .....	<b>22</b>

<b>4.1. Cálculo da massa de resíduos de varredura por cantão</b> .....	22
<b>4.2. Caracterização física dos resíduos recolhidos</b> .....	28
<b>4.2.1. Caracterização física do Campo Alegre</b> .....	30
<b>4.2.2. Caracterização física de João de Barros</b> .....	31
<b>4.2.3. Caracterização física da Trindade</b> .....	31
<b>4.2.4. Caracterização física de Sá da Bandeira</b> .....	32
<b>4.2.5. Caracterização física do Terminal Intermodal da Campanhã</b> .....	32
<b>4.2.6. Caracterização física geral do Porto</b> .....	33
<b>5. Conclusão</b> .....	35
<b>5.1. Sugestões para o futuro</b> .....	36
<b>5.1.1 Inclusão de mais zonas de análise</b> .....	36
<b>5.1.2. Aumento do período de recolha</b> .....	36
<b>5.1.3. Melhoria do mapeamento da malha urbana</b> .....	36
<b>5.1.4. Alteração dos critérios de recolha</b> .....	36
<b>5.2. Considerações Finais</b> .....	37
Referências Bibliográficas .....	38

## Lista de Tabelas

Tabela 4. 1 - Valores das recolhas realizadas no dia 15 de Maio.....	22
Tabela 4. 2- Valores das recolhas realizadas no dia 15 de Maio .....	23
Tabela 4. 3 - Valores das recolhas realizadas no dia 22 de maio.....	23
Tabela 4. 4- Valores das recolhas realizadas no dia 25 de maio .....	24
Tabela 4. 5 - Aplicação das fórmulas 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5 às recolhas realizadas no Campo Alegre.....	24
Tabela 4. 6 - Aplicação das fórmulas 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5 às recolhas realizadas em João Barros .....	25
Tabela 4. 7 - Aplicação das fórmulas 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5 às recolhas realizadas na Trindade .....	25
Tabela 4. 8-- Aplicação das fórmulas 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5 às recolhas realizadas em Sá da Bandeira .....	25
Tabela 4. 9 – Aplicação das fórmulas 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, e 3.5 às recolhas realizadas no Terminal Intermodal da Campanhã.....	26
Tabela 4. 10- Resultados da aplicação da fórmula 3.6 aos valores médios de cada cantão.....	26
Tabela 4. 11- Aplicação das fórmulas 3.1 a 3.6 às amostras de RPP recolhidas nos dias 15, 18, 22 e 25 de maio .....	27
Tabela 4. 12 - - Aplicação das fórmulas 3.1 a 3.6 às amostras de RPV recolhidas nos dias 15, 18, 22 e 25 de maio.....	27
Tabela 4. 13- Estimativa de resíduos recolhidos anualmente de acordo com categorização física geral .....	34

# Lista de Figuras

## Capítulo 1

Figura 1.1- Representação do Lote 1.....	2
Figura 1.2- Representação do Lote 2.....	3
Figura 1.3- Representação do Lote 3.....	3

## Capítulo 4

Figura 4. 1- Caracterização física dos RPP recolhidos nos dias 15, 18, 22 e 25 de maio .....	29
Figura 4. 2- Caracterização física dos RPP recolhidos nos dias 15, 18, 22 e 25 de maio .....	29
Figura 4. 3 e 4.4– Média da caracterização física dos RPP (esquerda) e RPV (direita) do Campo Alegre.....	30
Figura 4. 4 .....	30
Figura 4. 5 e 4.6- Média da caracterização física dos RPP (esquerda) e RPV (direita) de João de Barros .....	31
Figura 4. 6 .....	31
Figura 4. 7 e 4.8- Média da caracterização física dos RPP (esquerda) e RPV (direita) da Trindade .....	31
Figura 4. 8 .....	32
Figura 4. 9 e 4.10- Média da caracterização física dos RPP (esquerda) e RPV (direita) de Sá da Bandeira .....	32
Figura 4. 10 .....	32
Figura 4. 11 e 4.12- Média de caracterização dos RPP (esquerda) e RPV (direita) no TIC.....	33
Figura 4. 12 .....	33
Figura 4. 13 e 4.14- Caracterização física geral do Porto dos RPP (esquerda e RPV (direita) .....	33

## Lista de Abreviaturas

DGES	DIREÇÃO GERAL DO ENSINO SUPERIOR
FCT	FUNDAÇÃO PARA A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA
FCUP	FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO
UP	UNIVERSIDADE DO PORTO
EMAP	EMPRESA MUNICIPAL DE AMBIENTE DO PORTO
PERSU	PLANO ESTRATÉGICO PARA OS RESÍDUOS URBANOS
PPP	PRINCÍPIO POLUIDOR-PAGADOR
TIC	TERMINAL INTERMODAL DE CAMPANHÃ
CA	CAMPO ALEGRE
SB	SÁ DA BANDEIRA
JB	JOÃO BARROS
VTS	VALOR TOTAL SUPERIOR
VTI	VALOR TOTAL INFERIOR
VTM	VALOR TOTAL MÉDIO
RSU	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS
UE	UNIÃO EUROPEIA
RPP	RESÍDUOS PROVENIENTES DE PAPELEIRAS
RPV	RESÍDUOS PROVENIENTES DE VARREDURA
PCA	EMBALAGENS DE PAPEL E CARTÃO ALIMENTARES
PCNA	EMBALAGENS DE PAPEL E CARTÃO NÃO ALIMENTARES
PLA	EMBALAGENS DE PLÁSTICO ALIMENTARES
PLNA	EMBALAGENS DE PLÁSTICO NÃO ALIMENTARES
V	GARRAFAS E PEDAÇOS DE VIDRO
TBC	RESÍDUOS DA INDUSTRÍA TABAQUEIRA
DA	DEJETOS ANIMAIS
TX	RESÍDUOS DA INDÚSTRIA TÊXTIL
RD	RESÍDUOS DOMÉSTICOS
BR	BIORRESÍDUOS
L	LATAS E EMBALAGENS DE METAL
O	OUTROS
TP	TERRAS E POEIRAS

# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento do projeto

Em Portugal, como em muitos outros países, a gestão dos resíduos de varredura está diretamente relacionada com a limpeza urbana, pois resultam da limpeza das ruas, praças, calçadas e outras áreas públicas das cidades. Os resíduos geralmente consistem em detritos como folhas, pedaços de papel, embalagens descartadas, resíduos de alimentos, entre outros.

A gestão adequada desses resíduos é crucial para manter a limpeza e a ordem das áreas urbanas, além de prevenir a contaminação ambiental e proteger a saúde pública. Nos países mais desenvolvidos, existem sistemas organizados de coleta, transporte e tratamento de resíduos de varredura, que podem incluir varredura manual ou varredura mecânica das ruas, o uso de equipamentos específicos, como varredoras mecânicas, e a deposição adequada dos resíduos em locais apropriados, como aterros sanitários ou instalações de compostagem, quando aplicável.

Este projeto visou criar um método que permita avaliar qualitativa e quantitativamente os resíduos de varredura na cidade do Porto, com o intuito de mapear a qualidade desses resíduos para melhorar não só a sua reutilização como para disponibilizar dados mais corretos às respetivas entidades gestoras.

O Porto, situado no norte de Portugal e com uma área de aproximadamente 42 Km<sup>2</sup> é considerado a segunda maior cidade do país, tendo em conta a população diária, embora a sua população residente seja de aproximadamente 238 mil habitantes. A cidade é um importante centro histórico e cultural, reconhecido pelo seu centro histórico classificado como Patrimônio Mundial pela UNESCO e pelas ligações ao famoso vinho do Porto. É pelas razões mencionadas anteriormente que, de acordo com os Recenseamentos da População e da Habitação cerca de 70 mil pessoas se deslocam diariamente ao Porto para trabalhar, estudar ou visitar, quer por motivos profissionais ou de turismo, o que contribui significativamente para a dinâmica urbana da cidade. A cidade também se destaca como um centro universitário e de inovação, com a presença de importantes instituições de ensino superior.

O Porto combina uma rica herança histórica com uma vibrante vida contemporânea, sendo um dos principais destinos turísticos e centros de atividade econômica de Portugal.

Embora a Porto Ambiente-Empresa Municipal de Ambiente do Porto, E.M., S.A. (EMAP) tenha uma noção geral da quantidade total de resíduos de varredura, não há informações sobre sua composição/caracterização física. Dado o potencial de valorização desses resíduos, seu reaproveitamento por meio deste estudo é de grande importância. Além disso, não há metodologias conhecidas nacionalmente para essa área de reaproveitamento, tornando este relatório um trabalho inovador no campo.

## 1.2. Apresentação da empresa

Constituída em 2017, por delegação do município do Porto, a Porto Ambiente é a EMAP é responsável pela gestão dos resíduos urbanos e limpeza do espaço público.

A EMAP é composta por um total de 722 colaboradores, dos quais 256 são cantoneiros geridos por 3 Encarregados Gerais Operacionais, 11 Encarregados Operacionais e 10 Chefes de Equipa, todos estes afetos à recolha de resíduos de varredura.

O Porto foi dividido pela EMAP em 3 secções conhecidas como lotes, que, por sua vez, são divididos em cantões. Cada cantão possui um horário de recolha diferente, dependendo da intensidade da passagem de pessoas na área, sendo possível observar disparidades na frequência de recolhas no Lote 3 (Figura 1.1) e no Lote 2 (Figura 1.2), onde a quantidade de recolhas feitas semanalmente no primeiro é superior ao do último.

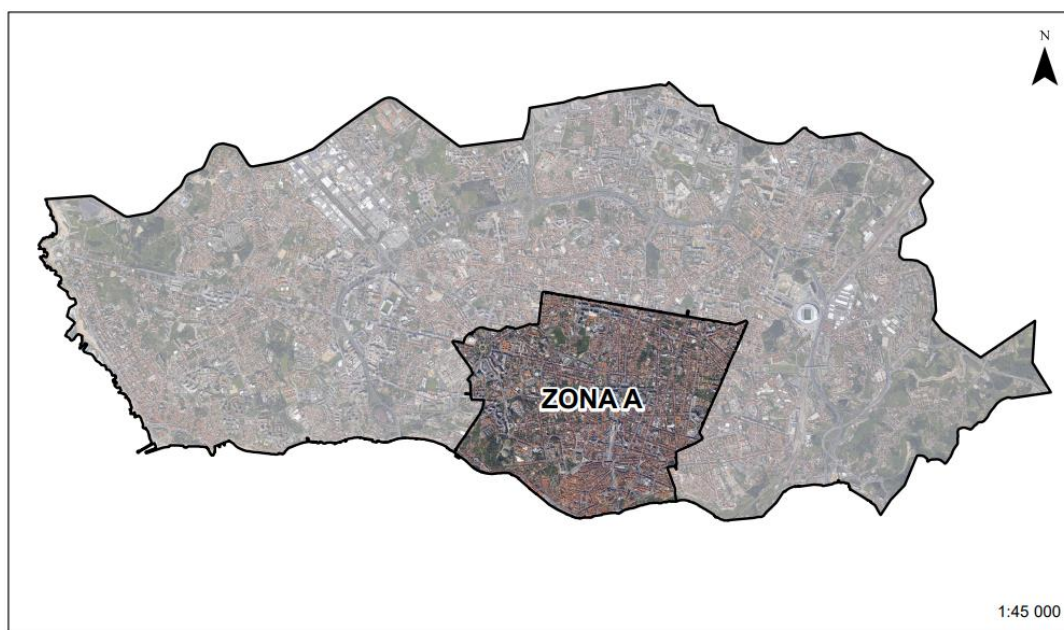


Figura 1.1- Representação do Lote 1

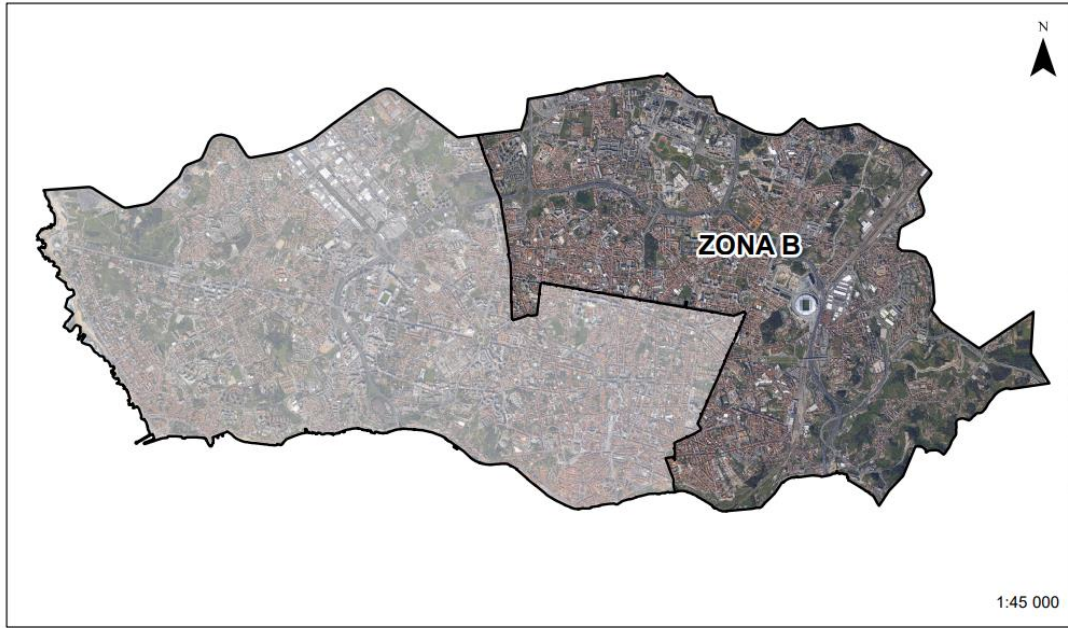


Figura 1.2- Representação do Lote 2

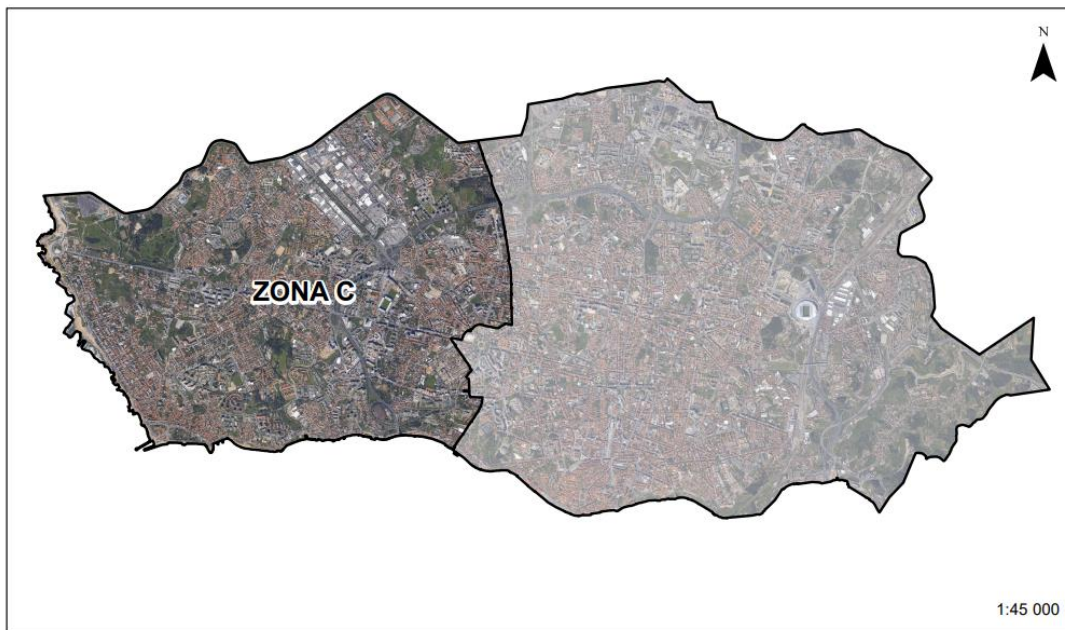


Figura 1.3- Representação do Lote 3

Após realizada a recolha, a EMAP transporta os resíduos até centros de transferências como o Ecocentro das Antas onde são armazenados temporariamente até ser levado para a LIPOR ou para a RETRIA dependendo do tipo de resíduo a ser tratado. Na casa dos resíduos de varredura manual, estes são encaminhados para a LIPOR, no caso de serem resíduos de varredura mecânica, são encaminhados para a

RETRIA, um operador licenciado para o tratamento de resíduos de varredura. Os resíduos das papeleiras são encaminhados para o Ecocentro das Antas. Parte dos resíduos da varredura manual das ruas são colocados no interior dos contentores existentes na via pública para resíduos urbanos e a outra parte segue a metodologia da recolha das papeleiras.

### **1.3. Objetivos do trabalho**

Inicialmente, uma pesquisa foi realizada sobre metodologias existentes relacionadas com a avaliação de resíduos de varredura e/ou indicadores de limpeza urbana, uma vez que não há informações públicas desse tipo em Portugal.

A partir dessa pesquisa, torna-se evidente a falta de metodologias relacionadas com o setor de resíduos de varredura. Por isso, começou-se a desenvolver um método para aplicar no Município do Porto. Para isso, foram definidas as tipologias de áreas a serem analisadas (comerciais, turísticas, residenciais, escolares) e selecionaram-se algumas ruas dentro de cada tipologia, nas quais foram escolhidas porções com 500 metros de comprimento para amostragem.

O trabalho de campo seguiu-se, com a amostragem dos resíduos nessas ruas, incluindo os das papeleiras. Após a coleta, os resíduos foram classificados e pesados num espaço de trabalho na FCUP de acordo com sua tipologia, proporcionando tanto uma caracterização por categoria quanto por peso, o que permitiu obter um valor útil para a avaliação quantitativa, juntamente com uma oportunidade para realizar a caracterização física dos resíduos de varredura recolhidos no Porto.

### **1.4. Organização do relatório**

Esta tese encontra-se dividida, de um modo geral, em seis capítulos. No primeiro capítulo, Introdução, é feito um enquadramento e a apresentação do projeto a ser desenvolvido, bem como uma breve apresentação da empresa onde foi desenvolvido o trabalho e são apresentados os contributos do mesmo. No capítulo dois, Estado da Arte, é feita uma descrição do estado atual da gestão de resíduos no que se refere à limpeza urbana e aos resíduos de varredura. O capítulo três, Metodologia, descreve a metodologia utilizada, incluindo a demarcação dos locais de amostragem dos resíduos, juntamente com os critérios de caracterização dos resíduos. No capítulo quatro, Resultados e Discussão, são apresentados todos os resultados obtidos ao longo do desenvolvimento do projeto, ou seja, quantidades de resíduos médias por cantão e rua, quer total quer por tipo de resíduo e a metodologia da estimativa do peso total recolhido em cada um dos cantões anualmente. No capítulo cinco, apresentam-se as principais

conclusões do trabalho desenvolvido e são propostas sugestões para a melhoria da metodologia nas suas versões futuras, terminando com a lista de referências usadas no desenvolvimento do estudo.

## 2. Estado de Arte

### 2.1. Resíduos Sólidos Urbanos

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) constituem um dos desafios ambientais mais prementes da atualidade, afetando cidades e regiões ao redor do mundo. Estima-se que mais de 2 bilhões de toneladas de RSU sejam geradas anualmente a nível global, um número que tende a aumentar com o crescimento populacional e o desenvolvimento econômico. Nos países em desenvolvimento, a coleta e o tratamento inadequados dos resíduos representam problemas críticos, com grande parte dos resíduos sendo descartada de forma irregular, contribuindo para a poluição do solo e dos corpos d'água, além de acarretar sérios problemas de saúde pública.

Nos países desenvolvidos, embora exista uma infraestrutura e tecnologia mais avançadas para a gestão de resíduos, os desafios persistem devido ao aumento contínuo da produção de resíduos e à necessidade de implementar sistemas mais sustentáveis e eficientes. A conscientização global sobre a importância da redução, reutilização e reciclagem de resíduos tem levado à adoção de estratégias de economia circular, que visam minimizar o desperdício e maximizar a reutilização de recursos.

#### 2.1.1 Resíduos Sólidos Urbanos na Europa

No contexto europeu, a gestão de resíduos sólidos urbanos é regulada por uma legislação abrangente e rigorosa, promovida pela União Europeia (UE). A Diretiva-Quadro dos Resíduos (Diretiva 2008/98/CE) estabelece um quadro jurídico para a gestão de resíduos dentro da UE, impondo a hierarquia de resíduos como princípio orientador: prevenção, preparação para reutilização, reciclagem, outras formas de recuperação (como a valorização energética) e, como última opção, a eliminação em aterros.

Na Europa, cerca de 250 milhões de toneladas de RSU são produzidas anualmente, com uma taxa média de reciclagem que supera os 47%. Países como a Alemanha, Áustria e Bélgica destacam-se com taxas de reciclagem superiores a 60%, graças a sistemas avançados de coleta seletiva, infraestrutura de reciclagem bem desenvolvida e políticas eficazes de incentivo à reciclagem.

Além disso, a incineração com recuperação de energia desempenha um papel importante na gestão de resíduos em muitos países europeus, contribuindo para a redução da quantidade de resíduos destinados a aterros e proporcionando uma fonte de energia renovável. No entanto, a dependência de incineradores varia

consideravelmente entre os países. Enquanto nações como a Dinamarca e a Suécia utilizam amplamente a incineração com recuperação de energia, outras, como a Grécia e a Romênia, ainda dependem significativamente dos aterros. A política de economia circular da UE, articulada no Plano de Ação para a Economia Circular, visa transformar a maneira como os produtos são projetados, produzidos, utilizados e reciclados na Europa. Metas ambiciosas foram estabelecidas, incluindo a reciclagem de 65% dos resíduos urbanos até 2035 e a limitação da deposição em aterros a um máximo de 10% dos resíduos municipais.

A promoção da inovação, a utilização de tecnologias limpas e a implementação de sistemas de coleta seletiva eficientes são pilares fundamentais para alcançar esses objetivos.

### **2.1.2. PERSU**

O Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos 2030 (PERSU 2030) é uma iniciativa essencial para a gestão de resíduos em Portugal, estabelecendo um quadro de ação com o objetivo de promover a sustentabilidade e a economia circular. Este plano define metas ambiciosas e estratégias específicas para melhorar a gestão de resíduos urbanos, diminuir a produção de resíduos e aumentar as taxas de reciclagem em todo o país. A importância do PERSU 2030 reside na sua capacidade de direcionar as políticas de gestão de resíduos, alinhando-as com os objetivos ambientais da União Europeia e as necessidades locais.

O plano visa reduzir a quantidade de resíduos destinados a aterro, promovendo a reciclagem, compostagem e outras formas de valorização de resíduos. A implementação eficaz do PERSU 2030 é fundamental para mitigar os impactos ambientais negativos associados à gestão inadequada de resíduos, proteger os recursos naturais e contribuir para a luta contra as alterações climáticas.

O PERSU 2030 estabelece uma série de metas a serem alcançadas até 2030. Entre estas metas, destaca-se a significativa redução da quantidade de resíduos urbanos enviados para aterros, com o objetivo de desviar 65% dos resíduos dos aterros até 2035. Outra meta importante é reciclar 55% dos resíduos urbanos até 2025, aumentando para 60% até 2030 e 65% até 2035. O plano também enfatiza a necessidade de aumentar a reutilização e reciclagem de embalagens, com uma meta de 70% até 2030. Para alcançar estas metas, o PERSU 2030 propõe diversas estratégias e medidas. Uma das principais estratégias é a implementação de sistemas de recolha seletiva mais eficientes, incluindo a recolha porta-a-porta e a expansão dos

pontos de recolha para materiais recicláveis. Além disso, o plano promove a sensibilização e educação ambiental, incentivando os cidadãos a adotarem práticas de separação e reciclagem de resíduos. A inovação tecnológica e o desenvolvimento de infraestruturas de tratamento de resíduos também são áreas de foco, com investimentos em tecnologias de valorização de resíduos e instalações de compostagem e reciclagem.

A legislação desempenha um papel crucial na implementação do PERSU 2030, fornecendo a base legal necessária para a execução das medidas propostas. A Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho estabelece o quadro jurídico para a gestão de resíduos na União Europeia, e o PERSU 2030 adapta estas diretrizes ao contexto nacional. A Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, e o Decreto-Lei n.º 178/2006 são exemplos de legislações nacionais que sustentam a execução do plano, definindo responsabilidades e obrigações para as entidades gestoras de resíduos, municípios e cidadãos.

O sucesso do PERSU 2030 depende da colaboração entre o governo, autarquias, empresas e cidadãos. A implementação eficaz das medidas propostas requer um esforço conjunto e coordenado, com o envolvimento ativo de todos os setores da sociedade. As autarquias desempenham um papel central na aplicação do plano, sendo responsáveis pela gestão local dos resíduos e pela sensibilização das comunidades. As empresas, por sua vez, são incentivadas a adotar práticas de produção mais sustentáveis e a investir em tecnologias de reciclagem e valorização de resíduos.

Em suma, o PERSU 2030 é um plano estratégico essencial para a gestão de resíduos urbanos em Portugal, estabelecendo metas ambiciosas e estratégias claras para promover a sustentabilidade e a economia circular. Através da implementação das medidas propostas e da colaboração entre todos os atores envolvidos, é possível alcançar os objetivos estabelecidos, reduzir os impactos ambientais e construir um futuro mais sustentável para as próximas gerações.

### **2.1.3 Resíduos Sólidos Urbanos em Portugal**

Em Portugal, a gestão de resíduos sólidos urbanos tem evoluído substancialmente ao longo das últimas décadas, refletindo um compromisso crescente com as metas ambientais europeias e uma melhoria significativa na infraestrutura e nas práticas de gestão de resíduos. A quantidade de RSU gerada anualmente no país aproxima-se de 5 milhões de toneladas. Portugal fez progressos notáveis em termos de

reciclagem e tratamento de resíduos, embora a taxa de reciclagem ainda esteja abaixo da média europeia, situando-se em torno de 30%.

O país tem investido em diversas infraestruturas e iniciativas para melhorar a gestão de RSU. A implementação de sistemas de recolha seletiva, como a colocação de ecopontos e a expansão da recolha porta-a-porta, tem sido fundamental para aumentar a separação e a reciclagem dos resíduos na fonte.

A construção de centrais de tratamento mecânico-biológico (TMB) e de unidades de valorização energética tem contribuído para a redução do volume de resíduos destinados a aterros sanitários.

Campanhas de sensibilização e educação ambiental têm sido promovidas para aumentar a conscientização pública sobre a importância da separação correta dos resíduos e da reciclagem. Iniciativas como o "Eco-Escolas" e programas de educação ambiental em colaboração com autarquias locais visam envolver a comunidade e fomentar práticas sustentáveis desde tenra idade.

O PERSU 2020, e mais recentemente o PERSU 2030, estabeleceram metas claras para aumentar as taxas de reciclagem e reduzir a deposição em aterros, alinhando-se com as diretrizes da União Europeia. O PERSU 2020, por exemplo, propôs alcançar uma taxa de reciclagem de 50% até 2020, metas que, embora ambiciosas, têm sido perseguidas com vigor através de políticas e investimentos contínuos.

Em conclusão, a gestão de resíduos sólidos urbanos é um desafio global que requer abordagens adaptadas ao contexto regional. Na Europa, políticas robustas e tecnologias avançadas são implementadas para tratar os resíduos de forma sustentável, enquanto em Portugal, progressos significativos têm sido alcançados por meio de estratégias nacionais alinhadas com as diretrizes europeias. A transição para uma economia circular, tanto na Europa quanto em Portugal, representa um passo crucial para uma gestão de resíduos mais eficiente e sustentável, reduzindo a pressão sobre os recursos naturais e minimizando os impactos ambientais.

## **2.2. Limpeza Urbana**

A limpeza urbana é crucial para garantir a qualidade de vida nas cidades e promover um ambiente saudável e agradável para os cidadãos. Esta atividade abrange a manutenção e limpeza de ruas, praças, parques e outros espaços públicos, além da remoção de resíduos, limpeza de grafites e gestão de resíduos urbanos provenientes das atividades diárias. A importância da limpeza urbana reside na sua capacidade de manter os espaços públicos limpos e seguros, prevenindo a propagação de doenças e

melhorando o bem-estar geral da população. A presença de lixo e detritos nas ruas pode atrair pragas, como ratos e insetos, que são vetores de várias doenças. Além disso, ambientes sujos e desorganizados podem ter um impacto negativo na saúde mental dos residentes, aumentando o stress e a sensação de insegurança. A limpeza urbana também desempenha um papel crucial na imagem das cidades, tornando-as mais atrativas para turistas e investidores, o que pode contribuir para o desenvolvimento económico local.

A gestão eficaz da limpeza urbana requer a implementação de estratégias abrangentes que envolvem tanto a prevenção como a remoção de resíduos. As autarquias são geralmente responsáveis por estes serviços, que incluem a varredura das ruas, a lavagem de passeios, a manutenção de áreas verdes e a limpeza de grafites. A eficiência destes serviços depende não apenas da atuação das autoridades, mas também da colaboração dos cidadãos, que devem seguir as normas estabelecidas para o descarte correto de resíduos e a utilização dos espaços públicos.

A legislação relacionada à limpeza urbana em Portugal é definida em grande parte a nível municipal, com cada autarquia estabelecendo os seus regulamentos de serviço. Estas normas determinam os direitos e deveres dos serviços de limpeza, os horários de recolha de lixo e as penalidades para infrações, como o despejo ilegal de resíduos. No entanto, há também diretrizes nacionais e europeias que orientam as políticas locais, garantindo um padrão mínimo de limpeza e gestão de resíduos em todo o país.

Um exemplo de regulamentação municipal é o Regulamento de Serviço — Gestão de Resíduos Urbanos e Limpeza do Espaço Público no Município do Porto, que especifica as obrigações dos serviços municipais e dos cidadãos, incluindo as regras para o descarte de resíduos e as penalidades para quem não cumpre estas normas. Este tipo de regulamento é essencial para assegurar que todos os envolvidos compreendam as suas responsabilidades e que haja um esforço coletivo para manter as cidades limpas e organizadas. Campanhas de sensibilização e educação são igualmente importantes para a promoção da limpeza urbana. Estas campanhas visam informar e envolver os cidadãos, encorajando comportamentos responsáveis e a participação ativa na manutenção da limpeza dos espaços públicos. A promoção de boas práticas, como a separação correta dos resíduos e a utilização dos equipamentos de recolha seletiva, é crucial para o sucesso das políticas de limpeza urbana.

Em conclusão, a limpeza urbana é essencial para a saúde, segurança e bem-estar das comunidades, além de contribuir para a imagem e atratividade das cidades. A

sua gestão eficiente depende de uma combinação de regulamentação adequada, serviços de qualidade e a participação ativa dos cidadãos. Através de um esforço conjunto, é possível manter os espaços públicos limpos e promover um ambiente urbano mais sustentável e agradável para todos.

### **2.2.1. Limpeza Urbana em Portugal**

Manter a limpeza urbana em Portugal é uma tarefa complexa e desafiadora, especialmente em um contexto de crescente urbanização e aumento do turismo. Esse esforço é fundamental para garantir a saúde pública, a qualidade de vida dos cidadãos e a atratividade das cidades como destinos turísticos. Um dos principais desafios da limpeza urbana em Portugal é a gestão eficiente dos resíduos em áreas densamente povoadas. Cidades grandes como Lisboa e Porto produzem grandes quantidades de lixo diariamente, exigindo sistemas eficazes de recolha, tratamento, separação e reciclagem dos resíduos. Além disso, é necessário educar e sensibilizar a população para práticas de descarte correto.

As autarquias têm um papel central na gestão da limpeza urbana, sendo responsáveis pela implementação e fiscalização dos serviços de limpeza. Cada município possui regulamentos específicos que determinam as responsabilidades dos cidadãos e das empresas, bem como as penalidades para infrações.

Além dos investimentos em infraestruturas, as autarquias têm promovido campanhas de sensibilização e educação ambiental. Programas como o Eco-Escolas da Associação Bandeira Azul da Europa, visam envolver a comunidade escolar na adoção de práticas sustentáveis, preparando as gerações mais novas para um papel ativo na preservação do ambiente. Estas iniciativas são cruciais para fomentar uma cultura de responsabilidade ambiental entre os cidadãos.

A legislação nacional também apoia as ações locais de limpeza urbana. O Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, por exemplo, define a estrutura de financiamento e gestão dos serviços municipais, permitindo que os municípios tenham os recursos necessários para cumprir as suas funções. Além disso, diretivas europeias e planos estratégicos nacionais, como o Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos (PERSU) 2030, fornecem um enquadramento para a gestão de resíduos urbanos, incentivando a redução de resíduos e a promoção da reciclagem.

A colaboração entre diferentes entidades é outro pilar essencial para a limpeza urbana eficaz em Portugal. Empresas de gestão de resíduos, organizações não governamentais e a própria comunidade trabalham em conjunto com as autarquias para

garantir que as cidades permaneçam limpas e saudáveis. Projetos comunitários de limpeza, como os mutirões de voluntários para a limpeza de praias e parques, têm ganho popularidade e mostram como a ação coletiva pode fazer a diferença.

Embora a limpeza urbana em Portugal enfrente desafios significativos, através de uma combinação de regulamentação adequada, investimentos em infraestrutura, campanhas de sensibilização e colaboração entre diversas entidades, é possível manter as cidades limpas e atrativas. Além disso, melhora também a qualidade de vida dos cidadãos e fortalece a imagem das cidades portuguesas como destinos turísticos sustentáveis e responsáveis.

### **2.3. Gestão de Resíduos**

A gestão de resíduos é fundamental na sociedade contemporânea, sendo essencial para a sustentabilidade ambiental e a qualidade de vida. Este processo inclui a coleta, transporte, tratamento e eliminação de resíduos sólidos e líquidos, visando reduzir os impactos ambientais e promover uma economia circular. Na atualidade, a gestão de resíduos é crucial para proteger o meio ambiente e a saúde pública. Com o aumento da população e do consumo, a quantidade de resíduos gerados cresceu exponencialmente, tornando a sua gestão eficiente ainda mais vital.

A gestão adequada de resíduos contribui significativamente para a redução da poluição, evitando a contaminação do solo, água e ar, protegendo assim os ecossistemas. Adicionalmente, desempenha um papel crucial na saúde pública, ao garantir a eliminação segura de resíduos e evitar a propagação de doenças e pragas. Este processo também promove a reciclagem e reutilização de materiais, reduzindo a necessidade de recursos naturais e diminuindo a pegada ecológica. Incentiva diretamente a transição para uma economia circular, onde os resíduos são tratados como recursos a reintegrar nos processos produtivos.

A gestão de resíduos vai além da simples remoção de lixo das ruas, sendo uma parte essencial da limpeza urbana. Inclui a coleta seletiva, que facilita o tratamento e reciclagem ao separar os resíduos em diferentes categorias, como orgânicos, recicláveis e perigosos. O tratamento de resíduos envolve processos como compostagem, incineração e tratamento biológico, que reduzem o volume de resíduos e recuperam recursos. A eliminação final dos resíduos que não podem ser reciclados ou tratados de outra forma é realizada através de métodos como aterros sanitários e incineração.

A gestão de resíduos é regulamentada por diversas leis e normas que visam garantir a sua administração correta e minimizar os impactos ambientais. Em Portugal, a legislação sobre gestão de resíduos é influenciada por diretivas europeias e normas nacionais específicas. A Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho estabelece o quadro legal para a gestão de resíduos na União Europeia, promovendo a hierarquia dos resíduos que privilegia a prevenção, reutilização, reciclagem e outras formas de recuperação antes da eliminação final. Esta diretiva foi transposta para a legislação nacional através do Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, que estabelece as bases para a gestão de resíduos em Portugal, incluindo responsabilidades dos produtores e consumidores.

No entanto, este sistema de gestão traz consigo um conjunto de problemas. A disparidade na regulamentação entre a limpeza urbana e a gestão de resíduos é evidente, com a primeira sendo regulada por diretrizes nacionais e regimes autárquicos, enquanto a segunda não só é regulada por um quadro europeu, mas também gerida a nível nacional e autárquico. A falta de foco dada à limpeza urbana leva à criação de lacunas na sua regulamentação, à ausência de dados e a dificuldades na aplicação de princípios usados pela gestão de resíduos. Alterar isto e tentar dar um maior foco à gestão de resíduos é visado por planos como o PERSU 2030, que visa melhorar a eficiência e sustentabilidade da gestão de resíduos, alinhando-se com os objetivos europeus, mas muitos passos têm de ser dados por este projeto.

Além disso, o PERSU 2020 e PERSU 2030 define as metas e estratégias para a gestão de resíduos urbanos em Portugal, visando aumentar as taxas de reciclagem e reduzir a quantidade de resíduos enviados para aterro. O Regulamento Geral de Gestão de Resíduos, estabelecido pelo Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de setembro, define o regime geral de gestão de resíduos, incluindo a definição de tipos de resíduos, responsabilidades de gestão e requisitos de licenciamento. Estas legislações e planos estratégicos são fundamentais para orientar as políticas de gestão de resíduos. A gestão de resíduos é uma componente essencial na sociedade moderna, sendo crucial para a sustentabilidade ambiental e a qualidade de vida. Este processo abrange a coleta, transporte, tratamento e eliminação de resíduos sólidos e líquidos, com o objetivo de mitigar os impactos ambientais e promover uma economia circular. Na sociedade atual, a gestão de resíduos é vital para a proteção do meio ambiente e da saúde pública. Com o crescimento populacional e o aumento do consumo, a quantidade de resíduos gerados aumentou consideravelmente, tornando ainda mais importante a sua gestão eficiente.

Uma gestão adequada de resíduos contribui significativamente para a redução da poluição, prevenindo a contaminação do solo, água e ar, e protegendo os ecossistemas. Além disso, desempenha um papel crucial na saúde pública, ao garantir a eliminação segura de resíduos e prevenir a propagação de doenças e pragas. Este processo também promove a reciclagem e reutilização de materiais, reduzindo a necessidade de recursos naturais e diminuindo a pegada ecológica. Facilita diretamente a transição para uma economia circular, onde os resíduos são considerados recursos a reintegrar nos processos produtivos.

## **2.4. Resíduos de Varredura**

O tratamento de resíduos de varredura urbana desempenha um papel crucial na manutenção ambiental, social e econômica das cidades. Na União Europeia, a gestão desses resíduos é orientada por um conjunto de diretivas e regulamentos que têm como objetivo reduzir o impacto ambiental e promover a economia circular. A Diretiva-Quadro dos Resíduos (2008/98/CE) define princípios fundamentais, como a hierarquia de gestão de resíduos, que prioriza a prevenção, a reutilização e a reciclagem, e estabelece a responsabilidade do produtor. Estes princípios aplicam-se também aos resíduos de varredura.

Em Portugal, PERSU 2020 estabelece metas e estratégias específicas para a gestão sustentável dos resíduos, incluindo os resíduos de varredura. Portugal conta com uma rede de Ecocentros e Estações de Transferência que facilitam a coleta, triagem e tratamento desses resíduos. Essas infraestruturas são essenciais para garantir que os resíduos sejam tratados de maneira eficiente, com a separação de materiais recicláveis e a minimização do volume enviado para aterros sanitários.

No contexto europeu, a gestão de resíduos de varredura envolve normalmente a coleta seletiva, seguida de triagem em instalações especializadas, onde materiais recicláveis são separados. O restante dos resíduos, após a triagem, é encaminhado para aterros sanitários ou, em alguns casos, para incineradores com recuperação de energia. Este processo varia entre os países, mas o objetivo comum é reduzir o impacto ambiental e maximizar a recuperação de materiais úteis.

O financiamento da infraestrutura de gestão de resíduos, tanto em Portugal como na Europa em geral, é suportado por fundos europeus, como o Fundo de Coesão e o Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional. Estes fundos têm sido fundamentais para a modernização das instalações de tratamento de resíduos e para o incentivo a

tecnologias inovadoras que promovem uma gestão mais eficiente e sustentável. Em Portugal, o Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos desempenha um papel importante, assegurando os recursos necessários para projetos de modernização e implementação de tecnologias mais sustentáveis no tratamento de resíduos de varredura.

A gestão adequada dos resíduos de varredura é fundamental para reduzir a poluição do solo e da água e para mitigar a emissão de gases de efeito estufa. A aplicação de tecnologias avançadas, como a compostagem e a digestão anaeróbia, tem sido incentivada para transformar resíduos orgânicos em produtos úteis, como adubo e biogás. Esta abordagem não só reduz o volume de resíduos que precisa ser descartado, como também contribui para a sustentabilidade ambiental, ajudando a Europa a atingir suas metas de neutralidade carbónica.

Estudos internacionais sobre a caracterização física dos resíduos de varredura fornecem uma visão detalhada da composição desses materiais. Um estudo realizado na Flórida, por exemplo, revelou que entre 50% a 70% dos resíduos de varredura consistem em solo e sedimentos, como poeira, areia e pequenos fragmentos de pedras. Cerca de 10% a 30% desses resíduos são compostos por folhas e outros materiais orgânicos, enquanto 5% a 15% incluem pequenos detritos como plástico, papel e outros tipos de lixo urbano. Finalmente, entre 5% a 10% dos resíduos de varredura são formados por fragmentos de pavimento e detritos de estradas, resultantes do desgaste natural das infraestruturas viárias.

Esses dados refletem a diversidade dos resíduos coletados durante as operações de varredura urbana e ressaltam a importância de uma gestão eficaz desses materiais. A caracterização física dos resíduos permite que as autoridades locais adaptem suas estratégias de tratamento, promovendo a reciclagem e o reaproveitamento de materiais sempre que possível, enquanto minimizam o impacto ambiental.

## 3. Metodologia

No processo de desenvolvimento da metodologia a ser aplicada na cidade do Porto, relativamente à caracterização e quantificação de resíduos de varredura, foram realizadas várias etapas. Numa etapa inicial, fez-se a caracterização de resíduos de varredura, seguindo-se a seleção das respetivas ruas a amostrar. Posteriormente, realizou-se o trabalho de campo com a aplicação da metodologia definida previamente. Tal permitiu conhecer as quantidades e as tipologias de resíduos existentes numa determinada rua/zona. Por fim, desenvolveu-se a fórmula de cálculo para obtenção de uma aproximação da quantia total de resíduos de varredura recolhidos anualmente no Porto.

### 3.1. Categorização dos resíduos de Varredura

Antes de realizar o trabalho de campo para contabilizar os resíduos existentes, foi necessário definir claramente como essa contabilização seria feita e a melhor forma de categorizar os resíduos. Com base nas metodologias e informações obtidas na empresa, os resíduos encontrados nas ruas foram agrupados em 12 categorias diferentes. Essa divisão segue a metodologia francesa, considerada muito completa na classificação dos diferentes tipos de resíduos. No entanto, foram incluídas as categorias "metais" e "outros" para abranger resíduos que não se encaixam nas demais categorias.

As categorias são as seguintes:

- Papéis e cartões alimentares (PCA): inclui todos os tipos de papéis e embalagens de alimentos, como papéis de pastilha elástica, rebuçados, guardanapos, etc.
- Papéis e cartões não alimentares (PCNA): inclui todos os tipos de papéis e cartões não alimentares, como talões de compras, folhas de jornal, bilhetes de autocarro, caixas de cartão, etc.
- Plásticos alimentares (PLA): inclui todos os tipos de plásticos alimentares, como copos, garrafas de água ou de sumo, pacotes de iogurte, embalagens alimentares, etc.
- Plásticos não alimentares (PLNA): inclui todos os tipos de plásticos não alimentares, como brinquedos, sacos de plástico, recipientes de produtos de limpeza, etc.
- Vidro e pedaços de vidro (V): inclui garrafas de vidro e pedaços de vidro.
- Resíduos da indústria tabaqueira (TBC): inclui isqueiros, filtros de cigarros, pontas de cigarros e qualquer tipo de e-cigarro.

- Dejetos animais (DA)
- Resíduos da indústria têxtil (TX)
- Resíduos domésticos (RD): inclui sacos fechados provenientes de habitações com resíduos variados.
- Bio resíduos (BR): inclui caroços de maçã, cascas de banana, cascas de pistache e amendoim, cascas de laranja, sementes, restos de comida, vômito, etc., juntamente com outros resíduos verdes, como ramagem e folhas.
- Latas e metais (L): inclui latas de refrigerantes, caricas e pedaços de metal de outra natureza.
- Outros (O): inclui qualquer outro tipo de resíduo encontrado que não seja mencionado nas categorias anteriores.
- Terras e poeiras (TP)

### **3.2. Seleção de ruas para amostragem**

Para a realização do trabalho, iniciou-se pela definição das áreas a serem avaliadas, um passo crucial para o desenvolvimento da metodologia. Dependendo da área onde cada rua está localizada e considerando o tipo de estabelecimentos nas proximidades, a quantidade e a tipologia dos resíduos podem variar significativamente. Assim, faz sentido dividir a cidade do Porto em diferentes zonas tal como a EMAP e agrupar várias ruas dentro de cada zona, baseando-se em características semelhantes. Dessa forma, busca-se realizar um estudo representativo para entender como a sujeira e a quantidade/tipologia dos resíduos podem variar.

Inicialmente, a divisão foi feita em zona comercial, zona residencial, zona escolar, zona hospitalar, zona de transportes públicos (estações de metro e autocarro), zona marítima/ribeirinha (próxima ao mar e/ou rio), e zona turística. No entanto, devido ao tempo disponível, foi necessário reduzir o número de zonas a serem avaliadas neste projeto. Foram selecionadas cinco zonas e um total de cinco ruas: residencial, escolar, zona de transportes públicos, zona histórica/turística e zona comercial. É importante notar que em áreas residenciais ou escolares podem existir pequenos comércios (cafés, restaurantes, supermercados), assim como em áreas comerciais podem existir moradores. Para garantir que o fluxo de pessoas em uma determinada rua correspondesse maioritariamente ao tipo de zona em que a rua se encontra, foram escolhidas ruas predominantemente histórica/turísticas, residenciais, escolares, comerciais e ruas próximas de centros de transporte.

Definiu-se como unidade de amostragem 500 m de passeio em cada uma das ruas, juntamente com todas as papelarias encontradas nesse percurso. Foram realizados um total de 4 dias de amostragem ao longo de duas semanas, nos mesmos dois dias da semana (terça e sábado). Em cada um dos dias existem 3 períodos de recolha, um de manhã, um de tarde e um à noite. Por motivos logísticos e devido ao tempo disponível não foi possível obter recolhas de todos os locais em todos os dias de amostragem, o que leva a algumas incertezas no que toca à qualidade da informação, por isso recomendo que em trabalhos futuros a amostragem seja realizada com maior cuidado e apoio logístico.

### 3.2.1. Ruas amostradas

As cinco ruas amostradas são:

Lote 1-

- Rua do Campo Alegre desde Gonçalo Sampaio até Ruben A. (C.A.) (a rua encontra-se diretamente à frente da FCUP com um fluxo maioritariamente de estudantes universitários). Considerada para os efeitos do estudo como uma zona escolar.
- Rua João de Barros (J.B.) (constituente de uma rede de ruas que intersesta um centro urbano). Considerada para os efeitos do estudo como uma zona residencial.

Lote 2

- Ruas do Terminal Intermodal de Campanhã (T.I.C.), Rua Pinheiro de Campanhã e Rua de Bonjória (Rua próxima do centro de Transporte Intermodais de Campanhã) Considerada para os efeitos do estudo como uma zona próxima de centros de transportes.

Lote 3

- Rua Sá da Bandeira entre 31 de janeiro e Passos Manuel (S.B.) (rua próxima do teatro Sá da Bandeira, atrai turistas e está rodeada por pequenos locais comerciais) Considerada para os efeitos do estudo como um misto de zona histórica/turística e uma zona comercial.
- Rua de Camões desde Gonçalo Cristóvão até à Rua da Trindade (localizada nos arredores da estação da Trindade, devido ao facto da estação ser não só uma interface entre várias linhas como está localizada no centro da urbanização, rodeada por vários locais de comércio, e como

local com transporte direto para o aeroporto logo este local recebe o maior fluxo de pessoas diariamente) Considerada para os efeitos do estudo como uma zona próxima de centros de transporte e como uma zona comercial.

Após a seleção das ruas, segue-se a criação da fórmula de cálculo com base nos dados da recolha para calcular a massa total dos resíduos de varredura recolhidos ao longo de um ano em cada um dos cantões.

### 3.3. Determinação da fórmula para o cálculo da massa anual de resíduos de varredura e resíduos de papelreira

Para determinar a massa total dos resíduos de varredura recolhidos no espaço de um ano para cada um dos tipos de resíduo, temos que primeiro determinar a massa média recolhida/cantão/dia ( $\bar{x}$ ) em cada um dos dias de amostragem:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad \text{Fórmula 3.1}$$

Onde  $n$  é o número total de valores e  $\sum x$  é a soma dos valores pesados em cada cantão. Os dias de recolha foram terça e sábado em cada uma das duas semanas, por isso é atribuído um peso diferente a cada um dos dias de recolha. Os pesos atribuídos foram  $\frac{4}{7}$  para as recolhas de terça-feira e  $\frac{3}{7}$  para as recolhas de sábado.

O raciocínio por detrás desta escolha é o facto de a recolha realizada na terça-feira ser na verdade a recolha de resíduos do dia anterior (segunda), e como o mesmo é um dia da semana como quarta e quinta, contamos-os como dias com amostras semelhantes à terça-feira.

Sábado, através do mesmo raciocínio representa a recolha dos resíduos de sexta-feira, e como sexta, sábado e domingo encontram-se todos na área do fim-de-semana, são contabilizados como tal para o efeito de amostragem. Isso dá-nos a equação seguinte

$$\bar{x} = \frac{4*\bar{x}(\text{terça})+3*\bar{x}(\text{sábado})}{7} \quad \text{Fórmula 3.2}$$

Com esta média procedemos ao cálculo do desvio médio padrão ( $s$ ), que é o equivalente à média da diferença dos valores individuais da amostra com o valor da média que usa a seguinte fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Fórmula 3.3

Onde  $x_i$  representa cada uma das amostras individuais. Com este valor podemos calcular a incerteza padrão ( $u$ ) que nos indica o quanto a média das medições está sujeita a variações devido a erros aleatórios, ou seja, dá nos um valor equivalente à possibilidade do nosso resultado ser uma anomalia:

$$u = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Fórmula 3.4

Com acesso ao  $u$  somos capazes de calcular o último constituinte da fórmula que é a incerteza absoluta ( $U$ ). A incerteza absoluta é uma medida da margem de erro associada a uma medição. Ela representa o intervalo no qual o valor verdadeiro de uma medição provavelmente se encontra. Para calcular a mesma estamos dependentes de um nível de confiança ( $k$ ) que depende do número de amostras realizadas para o estudo.

$$U = k * u$$

Fórmula 3.5

Agora que temos a incerteza absoluta obtemos a nossa fórmula final para calcular a massa.

$$M \text{ anual do cantão} = \bar{x} \mp U * \text{recolhas anuais (R. A.)}$$

Fórmula 3.6

Esta fórmula permite calcular o valor anual de cada um dos tipos de recolha de resíduos, e dá-nos um valor inferior  $[(\bar{x} - U) * R. A.]$ , um valor um superior  $[(\bar{x} + U) * R. A.]$  e um valor médio.

### 3.4. Determinação das características dos resíduos de varredura

Para iniciar o processo de caracterização é necessário escolher quais os resíduos a caracterizar. A ordem de importância no que toca à caracterização é por ordem decrescente, resíduos provenientes de papeleiras, resíduos provenientes da varredura manual e por fim resíduos provenientes da varredura mecânica.

A razão para a classificação baixa dos resíduos provenientes da varredura mecânica é o facto de no processo de recolha, os materiais recolhidos são bombardeados por água e juntados por vassouras mecanizadas, este processo cria uma pasta uniforme formada por vários tipos de materiais, o que não só dificulta imenso a sua caracterização como em certos casos dificulta também o processo de reciclagem ou reutilização.

Na situação oposta temos os resíduos provenientes das papeleiras, que não só se encontram num local mais abrigado dos elementos abrasivos da natureza em comparação com os resíduos de varredura manual, como são depositados com o menor grau de contaminação de outros elementos como poeira e terras, que mais uma vez é um caso comum no que toca a resíduos de varredura manual. Estas diferenças no grau de diferenciação facilita o reaproveitamento destes materiais e é a principal razão para a prioridade dada à caracterização destes neste relatório e simultaneamente a razão para não realizar a caracterização dos resíduos de varredura mecânica.

Com a tipologia dos resíduos a caracterizar definidas, procede-se ao processo de categorização dos materiais. Os resíduos são recolhidos e transportados para o ecocentro das Antas. Aí é selecionada sempre que possível uma amostra de cada tipo de recolha a caracterizar (provenientes de papeleiras e provenientes de resíduos domésticos). Esta escolha foi feita devido a conflitos de horário e a problemas logísticos. Estas amostras são transportadas para a FCUP onde são caracterizadas e pesadas separadamente.

Após o descartar dos resíduos, segue-se o cálculo dos valores finais de cada um dos tipos de resíduos, obtendo-se a média de cada tipo de resíduo em cada um dos dias de recolha.

O cálculo em questão é a multiplicação de cada uma das percentagens relativa ao tipo de resíduo pela média anual recolhida no cantão calculada acima.

Estes resultados permitem a associação dos resultados a várias zonas semelhantes no Porto, o que fornece uma ideia sobre tipologia dos resíduos em cada uma dessas áreas e facilita o trabalho da EMAP a nível logístico e fornece estatísticas importantes para os vários setores responsáveis por diferentes tipos de resíduos.

## 4. Resultados e Discussão

Realizaram-se recolhas nos dias 15, 22, 18 e 25 de maio de 2024, duas terças-feiras e dois sábados consecutivos. Em cada um dos dias foram realizados 3 períodos de recolha, um de manhã, um durante a tarde (com a exceção do TIC) e um à noite. Obteve-se um total de 70 amostras individuais, mas para os efeitos deste relatório conta-se como amostra para a recolha quantitativa a soma de todas as amostras recolhidas em cada um dos dias nos 500 metros de rua selecionados, o que dá um total de 37 amostras para o cálculo da massa. Para a caracterização física temos 42 amostragens de resíduos provenientes das papeleiras (RPP) e 28 amostragens provenientes da varredura manual (RPV). A diferença na quantidade de amostras vem do facto de a recolha noturna ser realizada apenas às papeleiras

Posteriormente, apresentar-se-ão os cálculos dos valores anuais com as fórmulas apresentadas no capítulo 3. É realizado também o cálculo dos valores relativos e absolutos da caracterização física dos resíduos, finalizando-se com a discussão dos mesmos e a sua significância no possível mapeamento de resíduos no Porto.

### 4.1. Cálculo da massa de resíduos de varredura por cantão

Seguidamente são apresentados os resultados obtidos após o trabalho de campo, tendo em conta as diferentes ruas analisadas e o tipo de recolha realizado.

Tabela 4. 1 - Valores das recolhas realizadas no dia 15 de Maio

Local	Periodo	RPP (kg)	RPV (kg)
CA	Manhã	2,1	13,5
	Tarde	4	4,9
	Noite	0	
JB	Manhã	7,2	19,7
	Tarde	2,5	3,4
	Noite	3,7	
Trindade	Manhã	14,7	0
	Tarde	4,9	7,7
	Noite	0	
SB	Manhã	0	12,8
	Tarde	10,6	3,1
	Noite	0	
TIC	Manhã	14,7	4,8
	Tarde		
	Noite	9,4	
Total recolhido		73,8	69,9

Legenda: RPP-Resíduos provenientes de papeleiras; RPV-Resíduos Provenientes da Varredura; CA-Campo Alegre; JB-João Barros; SB-Sá da Bandeira; TIC-Terminal Intermodal da Campanhã

Tabela 4. 2- Valores das recolhas realizadas no dia 15 de Maio

Local	Periodo	RPP (kg)	RPV (kg)
CA	Manhã	8,6	9,4
	Tarde	4,3	0
	Noite	4	
JB	Manhã	9,8	6,4
	Tarde	4,3	0
	Noite	1	
Trindade	Manhã	0	23,2
	Tarde	7,7	3
	Noite	19,5	
SB	Manhã	2,9	8,6
	Tarde	8,9	4,2
	Noite	4,6	
TIC	Manhã	11,9	4,9
	Tarde		
	Noite	3	
Total recolhido		90,5	59,7

Legenda: RPP-Resíduos provenientes de papelarias; RPV-Resíduos Provenientes da Varredura; CA-Campo Alegre; JB-João Barros; SB-Sá da Bandeira; TIC-Terminal Intermodal da Campanhã

Observa-se nas Tabelas 1, 2, 3 e 4 vários períodos onde a recolha não ocorreu devido a problemas logísticos, especialmente no dia 25 (tabela 4.4) quando ocorreram apenas 7 das 10 possíveis amostragens.

Tabela 4. 3 - Valores das recolhas realizadas no dia 22 de maio

Local	Periodo	RPP (kg)	RPV (kg)
CA	Manhã	5,7	9,8
	Tarde	5	2,5
	Noite	3	
JB	Manhã	7	13,9
	Tarde	1,4	1,2
	Noite	0,7	
Trindade	Manhã	5,7	4,8
	Tarde	8,8	1,2
	Noite	0	
SB	Manhã	2,1	2
	Tarde	3,5	0,7
	Noite	0	
TIC	Manhã	13,8	6,7
	Tarde		
	Noite	3	
Total recolhido		59,7	42,8

Legenda: RPP-Resíduos provenientes de papelarias; RPV-Resíduos Provenientes da Varredura; CA-Campo Alegre; JB-João Barros; SB-Sá da Bandeira; TIC-Terminal Intermodal da Campanhã

Tabela 4. 4- Valores das recolhas realizadas no dia 25 de maio

Local	Periodo	RPP (kg)	RPV (kg)
CA	Manhã	0	0
	Tarde	14,7	0
	Noite	6	
JB	Manhã	0	0
	Tarde	6,4	0
	Noite	4	
Trindade	Manhã	0	28,7
	Tarde	0	0
	Noite	0	
SB	Manhã	2,3	8,7
	Tarde	0	0
	Noite	0	
TIC	Manhã	6,7	13,7
	Tarde		
	Noite	1,9	
Total recolhido		42	51,1

Legenda: RPP-Resíduos provenientes de papelarias; RPV-Resíduos Provenientes da Varredura; CA-Campo Alegre; JB-João Barros; SB-Sá da Bandeira; TIC-Terminal Intermodal da Campanhã

Com a aplicação das fórmulas da metodologia, depois de calcularmos a massa recolhida em cada um dos dias, usamos a fórmula 3.1 e 3.2 para obter a média dos valores recolhidos em cada um dos cantões/dia. Com a fórmula 3.3 chegamos ao desvio padrão de cada uma das médias. Com estes valores e as fórmulas 3.4 e 3.5 somos capazes de calcular os dados nas tabelas 4.5 a 4.9.

Tabela 4. 5 - Aplicação das fórmulas 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5 às recolhas realizadas no Campo Alegre

Campo Alegre	RPP (kg)	RPV (kg)
<b>Recolha 15 de Maio</b>	6,1	18,4
<b>Recolha 18 de Maio</b>	16,9	9,4
<b>Recolha 22 de Maio</b>	13,7	12,3
<b>Recolha 25 de Maio</b>	20,7	0
<b>Total</b>	57,4	40,1
<b>Média Diária</b>	14,35	10,025
<b>Desvio Padrão</b>	5,369	6,637
<b>Incerteza Padrão</b>	2,685	3,319
<b>Incerteza Absoluta</b>	5,724	7,0752

Legenda: RPP-Resíduos provenientes de papelarias; RPV-Resíduos Provenientes da Varredura

Tabela 4. 6 - Aplicação das fórmulas 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5 às recolhas realizadas em João Barros

João Barros	RPP (kg)	RPV (kg)
Recolha 15 de Maio	13,4	23,1
Recolha 18 de Maio	15,1	6,4
Recolha 22 de Maio	9,1	15,1
Recolha 25 de Maio	10,4	0
<b>Total</b>	<b>48</b>	<b>44,6</b>
<b>Média Diária</b>	<b>12</b>	<b>11,15</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>2,374</b>	<b>8,736</b>
<b>Incerteza Padrão</b>	<b>1,187</b>	<b>4,368</b>
<b>Incerteza Absoluta</b>	<b>2,531</b>	<b>9,313</b>

Legenda: RPP-Resíduos provenientes de papelarias; RPV-Resíduos Provenientes da Varredura

Tabela 4. 7 - Aplicação das fórmulas 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5 às recolhas realizadas na Trindade

Trindade	RPP (kg)	RPV (kg)
Recolha 15 de Maio	19,6	7,7
Recolha 18 de Maio	27,2	26,2
Recolha 22 de Maio	14,5	6
Recolha 25 de Maio	0	28,7
<b>Total</b>	<b>61,3</b>	<b>68,6</b>
<b>Média Diária</b>	<b>15,325</b>	<b>17,15</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>9,935</b>	<b>10,355</b>
<b>Incerteza Padrão</b>	<b>4,968</b>	<b>5,178</b>
<b>Incerteza Absoluta</b>	<b>10,591</b>	<b>11,039</b>

Legenda: RPP-Resíduos provenientes de papelarias; RPV-Resíduos Provenientes da Varredura

Tabela 4. 8-- Aplicação das fórmulas 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5 às recolhas realizadas em Sá da Bandeira

Sá da Bandeira	RPP (kg)	RPV (kg)
Recolha 15 de Maio	10,6	15,9
Recolha 18 de Maio	16,4	12,8
Recolha 22 de Maio	5,6	2,7
Recolha 25 de Maio	2,3	8,7
<b>Total</b>	<b>34,9</b>	<b>40,1</b>
<b>Média Diária</b>	<b>8,725</b>	<b>10,025</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>5,326</b>	<b>4,940</b>
<b>Incerteza Padrão</b>	<b>2,663</b>	<b>2,470</b>
<b>Incerteza Absoluta</b>	<b>5,678</b>	<b>5,266</b>

Legenda: RPP-Resíduos provenientes de papelarias; RPV-Resíduos Provenientes da Varredura

Tabela 4. 9 – Aplicação das fórmulas 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, e 3.5 às recolhas realizadas no Terminal Intermodal da Campanhã

Tic	RPP (kg)	RPV (kg)
Recolha 15 de Maio	24,1	4,8
Recolha 18 de Maio	14,9	4,9
Recolha 22 de Maio	16,8	6,7
Recolha 25 de Maio	8,6	13,7
<b>Total</b>	<b>64,4</b>	<b>30,1</b>
<b>Média Diária</b>	<b>16,1</b>	<b>7,525</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>5,527</b>	<b>3,644</b>
<b>Incerteza Padrão</b>	<b>2,763</b>	<b>1,822</b>
<b>Incerteza Absoluta</b>	<b>5,892</b>	<b>3,885</b>

Legenda: RPP-Resíduos provenientes de papeleiras; RPV-Resíduos Provenientes da Varredura

Para calcular os valores de recolha anual para cada um dos cantões damos uso à fórmula 3.6, tendo em atenção também o facto de os valores médios representarem apenas 500 metros do comprimento efetivo de 6 km, o que exige uma multiplicação de cada uma das médias por 12.

A fórmula 1.6 permite, o cálculo do valor total médio (VTM), que corresponde ao número mais próximo do valor real recolhido durante o ano, o cálculo do valor total inferior (VTI), que representa o limite inferior de resíduos recolhidos de acordo com os dados, e o cálculo do valor total superior (VTS) que representa o intervalo superior do mesmo cálculo. Estes valores são calculados através da respetiva subtração e adição do  $U$  à média de cada rua previamente à sua multiplicação por 12, dando origem aos resultados da tabela 4.10

Tabela 4. 10- Resultados da aplicação da fórmula 3.6 aos valores médios de cada cantão

		CA	JB	Trindade	SB	TIC
RPP	VTM (kg/ano)	62853	52560,0	67123,5	38215,5	70518,0
	VTI (kg/ano)	37784	41476,5	20735,6	13347,7	44713,1
	VTS (kg/ano)	87922	63643,5	113511,4	63083,3	96322,9
RPV	VTM (kg/ano)	43909,5	48837,0	75117,0	43909,5	32959,5
	VTI (kg/ano)	12920,08	8046,6	26767,2	20842,7	15943,4
	VTS (kg/ano)	74898,92	89627,4	123466,8	66976,3	49975,6

Legenda: RPV-Resíduos Provenientes da Varredura; RPP- Resíduos provenientes de Papeleiras; VTM-Valor Total Médio; VTI-Valor Total Inferior; VTS-Valor Total Superior

A fórmula permite também calcular valores médio para os RPP e RPV recolhidos durante um ano, representados na tabela 4.11 e 4.12

Tabela 4. 11- Aplicação das fórmulas 3.1 a 3.6 às amostras de RPP recolhidas nos dias 15, 18, 22 e 25 de maio

RPP	Valor
Número de amostras	42
Média das amostras	6,321
Desvio Padrão das Recolhas	4,440
Número de recolhas anuais	45344
Incerteza Padrão das recolhas	0,485
Valor T Student para 42 amostras (90%)	1,684
Incerteza Absoluta	0,817
Valor Total Médio Anual	3439.43 toneladas
Valor Total Inferior	2994,.62 toneladas
Valor Total Superior	3883,96 toneladas

Legenda: RPP-Resíduos Provenientes das Papeleiras

Tabela 4. 12 - - Aplicação das fórmulas 3.1 a 3.6 às amostras de RPV recolhidas nos dias 15, 18, 22 e 25 de maio

RPV	Valor
Número de amostras	29
Média das amostras	8,278
Desvio Padrão das Recolhas	8,537
Número de recolhas anuais	39156
Incerteza Padrão das recolhas	0,894
Valor T Student para 42 amostras (90%)	1,701
Incerteza Absoluta	1,522
Valor Total Médio Anual	3889,50 toneladas
Valor Total Inferior	3174,54 toneladas
Valor Total Superior	4604,45 toneladas

Legenda: RPV-Resíduos Provenientes da Varredura

Na tabela 4.11 é possível observar que, quando comparados com o VTS e o VTI da tabela 4.12, a amplitude entre os dois valores é mais reduzida, algo atribuído ao maior número de amostras provenientes das papeleiras quando comparadas às amostras com origem na varredura

## **4.2. Caracterização física dos resíduos recolhidos**

Nos dias de amostragem em CA, JB, Trindade, SB e TIC foram recolhidos resíduos provenientes de varredura (RPV) e resíduos provenientes de papeleiras (RPP). A seguir, apresentamos a caracterização física desses resíduos, detalhando as composições e quantidades encontradas em cada local.

Para a caracterização física ter um nível de representação semelhante, das 70 amostras individuais realizadas ao longo do trabalho, escolheram-se, sempre que possível, os dois exemplares (proveniente de papeleira ou proveniente de varredura) com menor diferença de massa para cada área de recolha e cada período do dia.

Para a realização da caracterização física do conjunto de resíduos, os conteúdos recolhidos foram separados de acordo com a sua composição física e a fonte de origem, seja de papeleiras (RPP) ou de varredura (RPV). Ao longo dos quatro dias de recolha, somamos os valores obtidos em cada amostragem, calculamos a média desses valores e transformamos em percentagens.

São apresentados primeiros todos os gráficos de acordo com o local e o tipo de recolha, juntamente com um sexto gráfico com a média relativa de todos os locais.

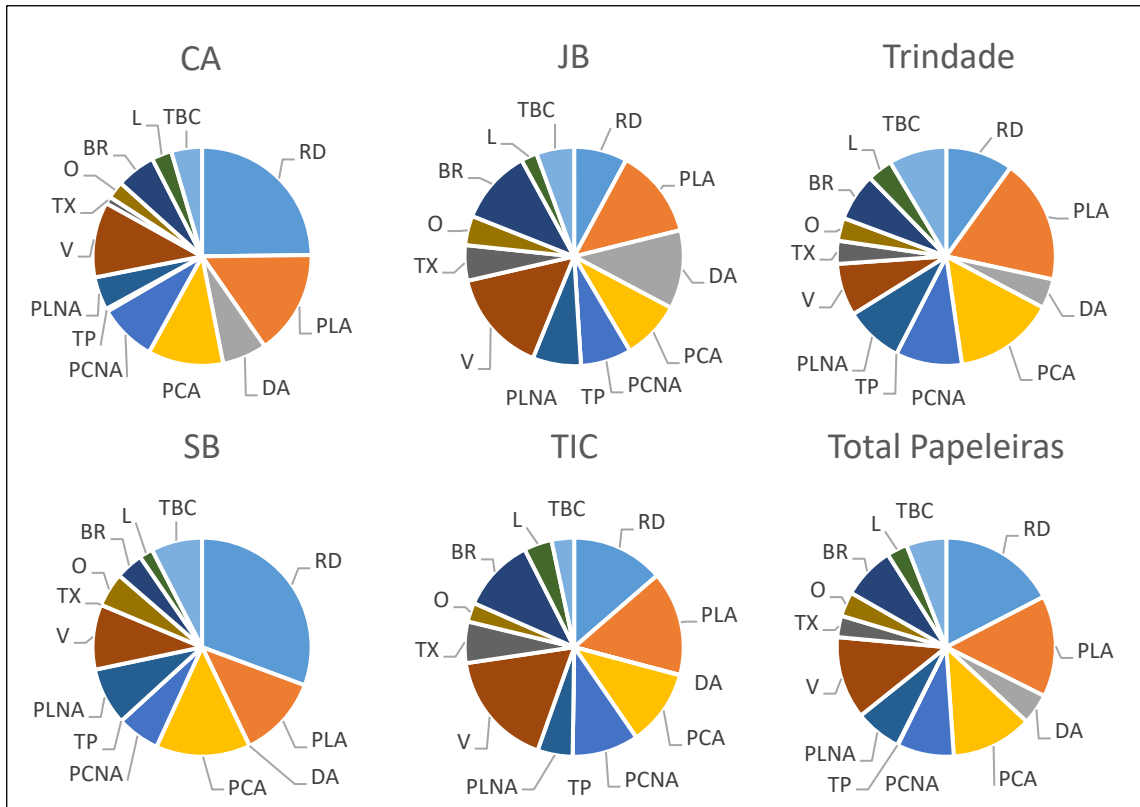


Figura 4. 1- Caracterização física dos RPP recolhidos nos dias 15, 18, 22 e 25 de maio

**Legenda** – Plásticos não alimentares (PLNA); Plásticos alimentares (PLA); Papéis e cartões não alimentares (PCNA); Papéis e cartões alimentares (PCA); Vidro e pedaços de vidro (V); Resíduos da indústria tabaqueira (TBC); Dejetos animais (DA); Resíduos domésticos (RD); Bio resíduos (BR); Latas e metais (L); Terras e poeiras (TP); Outros (O); Resíduos da indústria têxtil (TX); Campo Alegre (CA); João Barros (JB); Sã da Bandeira (SB); Transportes Intermodais da Campanhã (TIC)

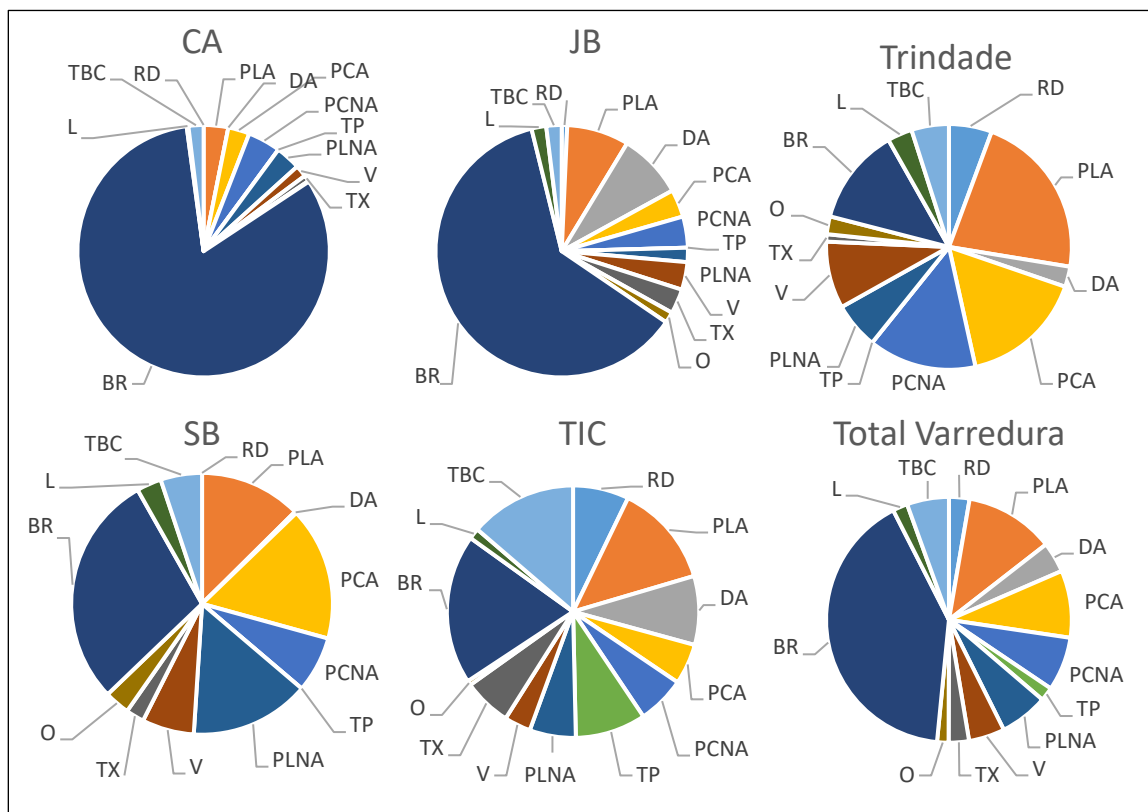


Figura 4. 2- Caracterização física dos RPP recolhidos nos dias 15, 18, 22 e 25 de maio

**Legenda** – Plásticos não alimentares (PLNA); Plásticos alimentares (PLA); Papéis e cartões não alimentares (PCNA); Papéis e cartões alimentares (PCA); Vidro e pedaços de vidro (V); Resíduos da indústria tabaqueira (TBC); Dejetos animais (DA); Resíduos domésticos (RD); Bio resíduos (BR); Latas e metais (L); Terras e poeiras (TP); Outros (O); Resíduos da indústria têxtil (TX); Campo Alegre (CA); João Barros (JB); Sã da Bandeira (SB); Transportes Intermodais da Campanhã (TIC)

A seguir estão representados os resultados anteriores com uma maior atenção aos mesmos e de acordo com a área recolhida, permitindo uma visualização clara da composição dos resíduos. Cada gráfico apresenta a distribuição percentual dos diferentes tipos de resíduos encontrados nas amostras de cada local de recolha, facilitando a comparação entre os resíduos de varredura e de papeleiras.

Este estudo permite uma compreensão detalhada da composição física dos resíduos em diferentes locais e fornece dados importantes para a gestão e o tratamento adequado desses resíduos. A análise percentual facilita a identificação dos materiais mais comuns e pode auxiliar na implementação de estratégias de reciclagem e redução de resíduos mais eficazes.

### 4.2.1. Caracterização física do Campo Alegre

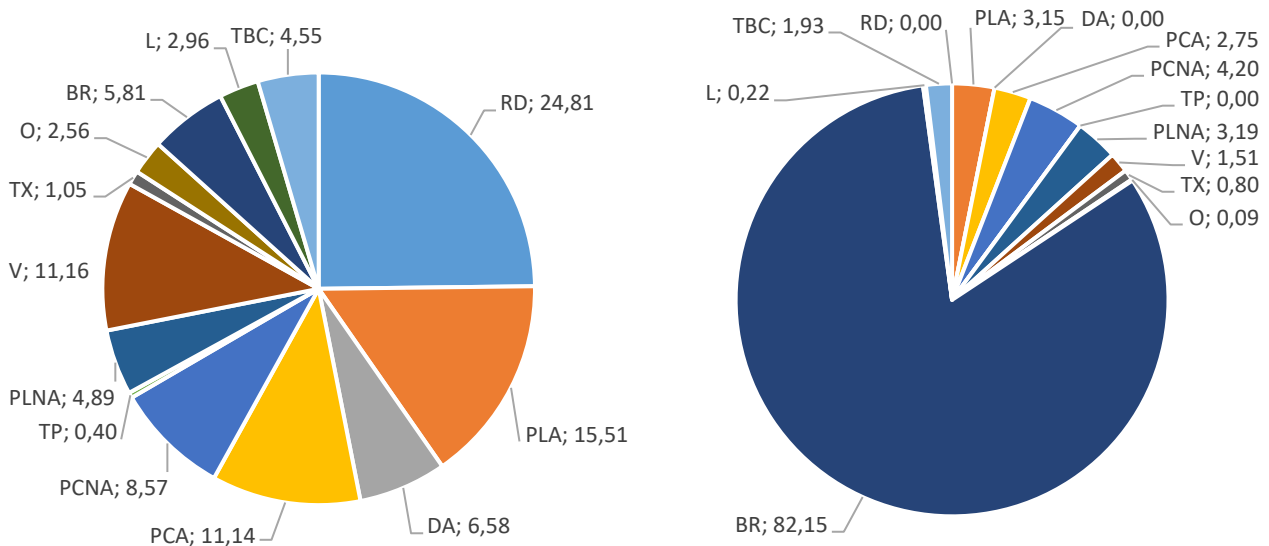


Figura 4. 3 e 4.4– Média da caracterização física dos RPP (esquerda) e RPV (direita) do Campo Alegre

**Legenda** – Plásticos não alimentares (PLNA); Plásticos alimentares (PLA); Papéis e cartões não alimentares (PCNA); Papéis e cartões alimentares (PCA); Vidro e pedaços de vidro (V); Resíduos da indústria tabaqueira (TBC); Dejetos animais (DA); Resíduos domésticos (RD); Bio resíduos (BR); Latas e metais(L); Terras e poeiras (TP); Outros (O); Resíduos da indústria têxtil (TX)

No que toca aos valores do Campo Alegre, a primeira característica notável é o facto da mesma ser a única área onde foi possível diferenciar uma amostra com TP mesurável nos RPP (gráfico 4.3), outra característica é a elevada contribuição de resíduos domésticos provenientes das papeleiras (gráfico 4.3).

Para além disso é também o local com maior constituição da média proveniente dos BR dentre os locais analisados (gráfico 4.4).

### 4.2.2. Caracterização física de João de Barros

Num dos gráficos representados acima (Gráfico 4.6), vemos que como o CA, João de Barros tem uma contribuição para a média por parte dos BR superior a 50%. João de Barros é também a área onde se observou a maior contribuição de DA para a média (Gráfico 4.5).

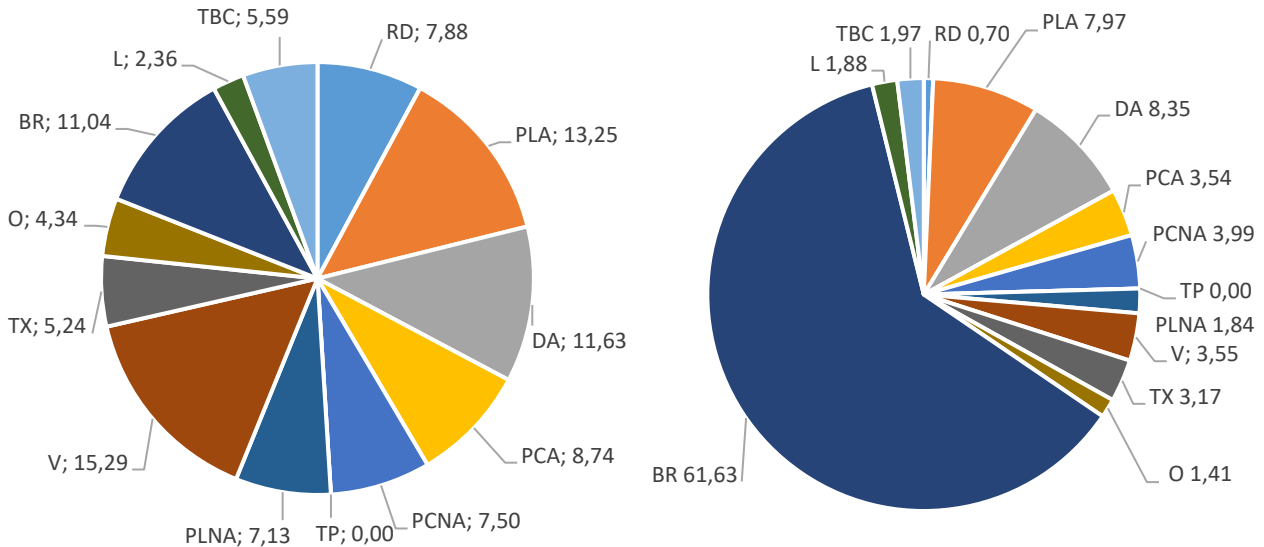


Figura 4. 5 e 4.6- Média da caracterização física dos RPP (esquerda) e RPV (direita) de João de Barros

**Legenda** – Plásticos não alimentares (PLNA); Plásticos alimentares (PLA); Papéis e cartões não alimentares (PCNA); Papéis e cartões alimentares (PCA); Vidro e pedaços de vidro (V); Resíduos da indústria tabaqueira (TBC); Dejetos animais (DA); Resíduos domésticos (RD); Bio resíduos (BR); Latas e metais(L); Terras e poeiras (TP); Outros (O); Resíduos da indústria têxtil (TX)

### 4.2.3. Caracterização física da Trindade

A área da Trindade tem uma das distribuições mais equilibradas, tanto nos RPP como nos RPV (figura 4.7 e 4.8). No que toca à tipologia dos resíduos, observa-se também o recorde de contribuição mais alta para 4 categorias, os PLA provenientes da varredura e os PLA provenientes das papeleiras, os PCNA provenientes da varredura e

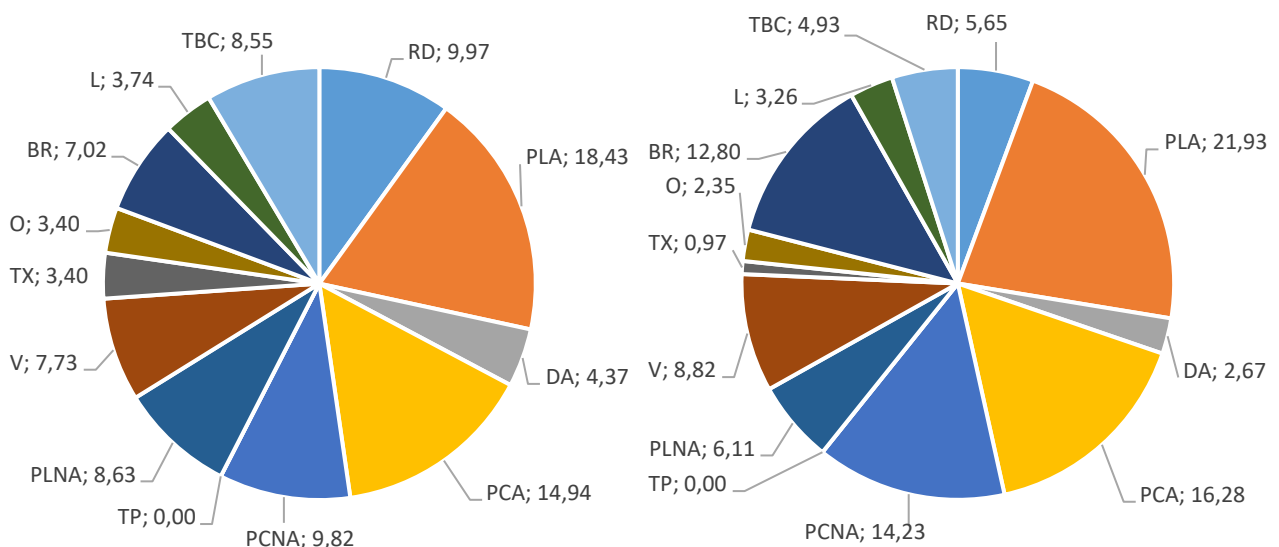


Figura 4. 7 e 4.8- Média da caracterização física dos RPP (esquerda) e RPV (direita) da Trindade

**Legenda** – Plásticos não alimentares (PLNA); Plásticos alimentares (PLA); Papéis e cartões não alimentares (PCNA); Papéis e cartões alimentares (PCA); Vidro e pedaços de vidro (V); Resíduos da indústria tabaqueira (TBC); Dejetos animais (DA); Resíduos domésticos (RD); Bio resíduos (BR); Latas e metais(L); Terras e poeiras (TP); Outros (O); Resíduos da indústria têxtil (TX)

os PLNA provenientes das papelarias. Fica também em segundo lugar para os TIC (gráfico 11) na contribuição dos PCNA para a média das papelarias por 0,01%.

#### 4.2.4. Caracterização física de Sá da Bandeira

No que toca à caracterização de Sá da Bandeira, observa-se a maior contribuição por parte dos RD para os RPP, algo que seria de esperar de uma zona urbana como JB. É também a única zona dentre as estudadas onde não foram recolhidos DA das papelarias.

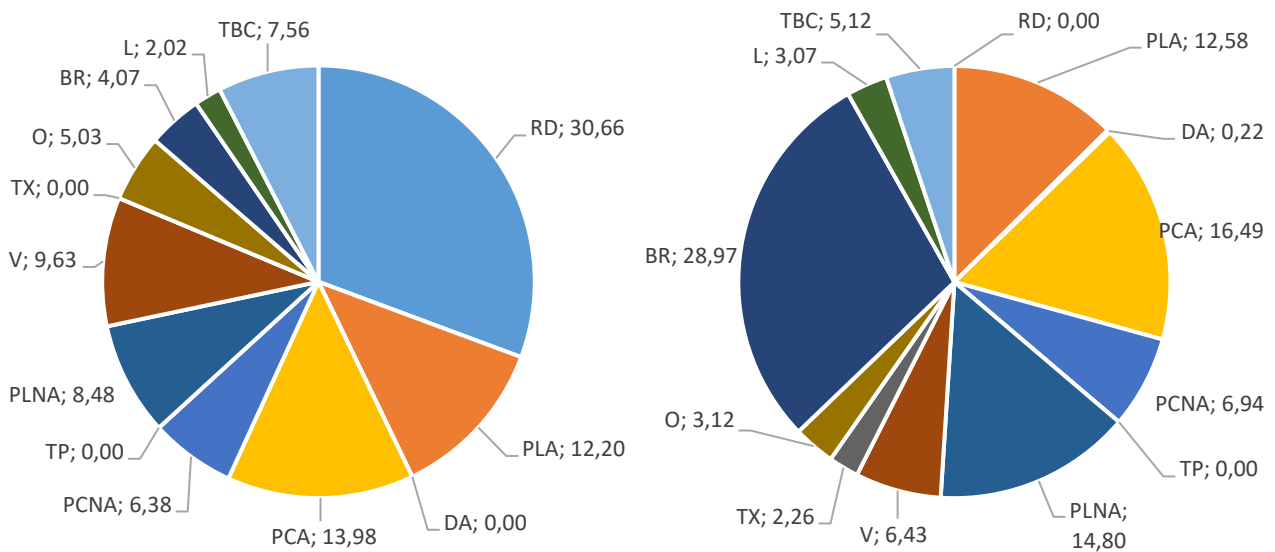


Figura 4. 9 e 4.10- Média da caracterização física dos RPP (esquerda) e RPV (direita) de Sá da Bandeira

**Legenda** – Plásticos não alimentares (PLNA); Plásticos alimentares (PLA); Papéis e cartões não alimentares (PCNA); Papéis e cartões alimentares (PCA); Vidro e pedaços de vidro (V); Resíduos da indústria tabaqueira (TBC); Dejetos animais (DA); Resíduos domésticos (RD); Bio resíduos (BR); Latas e metais(L); Terras e poeiras (TP); Outros (O); Resíduos da indústria têxtil (TX)C

#### 4.2.5. Caracterização física do Terminal Intermodal da Campanhã

No TIC observou-se a maior percentagem de contribuição para a média dos RPV no que toca a resíduos da indústria tabaqueira, dejetos animais e terras e poeiras (gráfico 11). Nas contribuições para os RPP, o TIC detém as maiores percentagens no que toca às categorias do vidro e das latas (gráfico 4.11). Por fim, no TIC observa-se também a maior percentagem de contribuição por parte dos resíduos da indústria têxtil quer no caso dos RPP, quer no caso dos RPV (figuras 4.11 e 4.12).

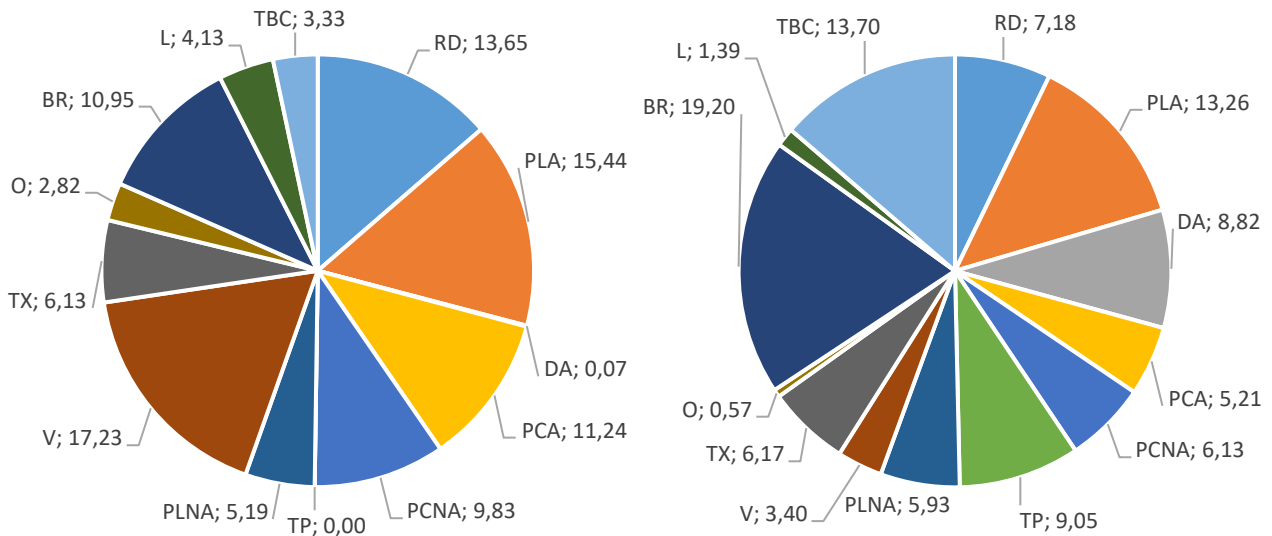


Figura 4. 11 e 4.12- Média de caracterização dos RPP (esquerda) e RPV (direita) no TIC

**Legenda** – Plásticos não alimentares (PLNA); Plásticos alimentares (PLA); Papéis e cartões não alimentares (PCNA); Papéis e cartões alimentares (PCA); Vidro e pedaços de vidro (V); Resíduos da indústria tabaqueira (TBC); Dejetos animais (DA); Resíduos domésticos (RD); Bio resíduos (BR); Latas e metais(L); Terras e poeiras (TP); Outros (O); Resíduos da indústria têxtil (TX)

### 4.2.6. Caracterização física geral do Porto

Com acesso a esta informação, foi realizada a média de todas as caracterizações físicas, estas representam as principais áreas tipo da cidade por isso permitem a visualização dos resíduos recolhidos de maneira geral na cidade do Porto.

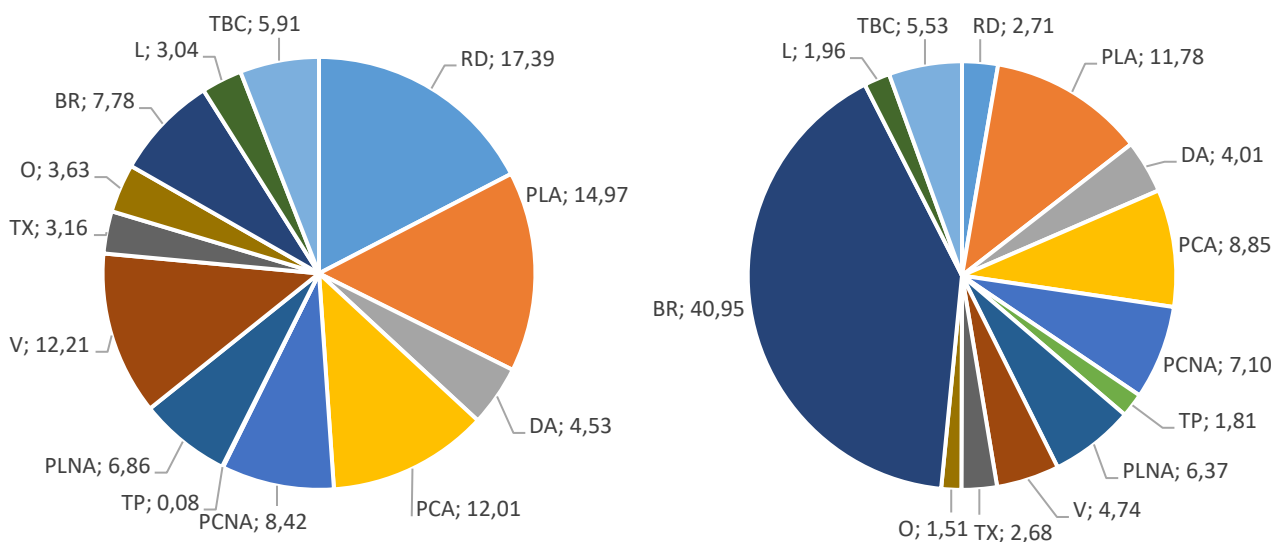


Figura 4. 13 e 4.14- Caracterização física geral do Porto dos RPP (esquerda) e RPV (direita)

**Legenda** – Plásticos não alimentares (PLNA); Plásticos alimentares (PLA); Papéis e cartões não alimentares (PCNA); Papéis e cartões alimentares (PCA); Vidro e pedaços de vidro (V); Resíduos da indústria tabaqueira (TBC); Dejetos animais (DA); Resíduos domésticos (RD); Bio resíduos (BR); Latas e metais(L); Terras e poeiras (TP); Outros (O); Resíduos da indústria têxtil (TX)

Nos gráficos 4.13 e 4.14 é possível observar que existem categorias de resíduos mais presentes nas recolhas. No que toca aos RPP, temos uma distribuição mais uniforme com resíduos domésticos (17.39%) em primeiro lugar, seguidos de plásticos alimentares (14.97%), garrafas e pedaços de vidro (12,21%), papel e cartão alimentar (12,01%) e em quinto papel e cartão não alimentar (8,42%). Os RPV têm uma disparidade maior na distribuição de resíduos, com os biorresíduos (40,95%) em primeiro lugar, os plásticos alimentares (11,78%) em segundo, os papéis e cartões alimentares (8,85%) em terceiro, seguidos pelos cartões não alimentares (7,10%) em quarto e em quinto as embalagens plásticas não alimentares (6,37%).

Quando multiplicados pelos valores calculados no capítulo 4.1, conseguimos ter ideia de uma porção substancial de resíduos na cidade do Porto, como observado na tabela 4.13

Tabela 4. 13- Estimativa de resíduos recolhidos anualmente de acordo com categorização física geral

<b>RPP*VTM<sub>RPP</sub></b>		<b>RPV*VTM<sub>RPV</sub></b>	
<b>RD</b>	598,2717 toneladas	<b>RD</b>	105,2668 toneladas
<b>PLA</b>	514,7242 toneladas	<b>PLA</b>	458,0796 toneladas
<b>DA</b>	155,8005 toneladas	<b>DA</b>	156,0565 toneladas
<b>PCA</b>	413,0607 toneladas	<b>PCA</b>	344,29 toneladas
<b>PCNA</b>	289,5733 toneladas	<b>PCNA</b>	276,0814 toneladas
<b>TP</b>	2,762594 toneladas	<b>TP</b>	70,42525 toneladas
<b>PLNA</b>	236,1123 toneladas	<b>PLNA</b>	247,8986 toneladas
<b>V</b>	419,8527 toneladas	<b>V</b>	184,4464 toneladas
<b>TX</b>	108,7889 toneladas	<b>TX</b>	104,0473 toneladas
<b>O</b>	124,8141 toneladas	<b>O</b>	58,63402 toneladas
<b>BR</b>	267,577 toneladas	<b>BR</b>	1592,849 toneladas
<b>L</b>	104,6848 toneladas	<b>L</b>	76,36865 toneladas
<b>TBC</b>	203,4073 toneladas	<b>TBC</b>	215,057 toneladas

**Legenda** – Plásticos não alimentares (PLNA); Plásticos alimentares (PLA); Papéis e cartões não alimentares (PCNA); Papéis e cartões alimentares (PCA); Vidro e pedaços de vidro (V); Resíduos da indústria tabaqueira (TBC); Dejetos animais (DA); Resíduos domésticos (RD); Bio resíduos (BR); Latas e metais(L); Terras e poeiras (TP); Outros (O); Resíduos da indústria têxtil (TX); Resíduos Provenientes de Papeleira (RPP); Resíduos Provenientes da Varredura (RPV); Valor Total Médio (VTM)

## 5. Conclusão

Este trabalho teve como objetivo fundamental o desenvolvimento de uma metodologia própria para a quantificação e caracterização dos resíduos de varredura manual e resíduos provenientes das papeleiras. Para isso foi realizada uma amostragem a várias ruas da cidade do Porto, juntamente com a sua respetiva caracterização, foi desenvolvida uma fórmula de cálculo facilmente adaptável e bastante completa.

Com os resultados obtidos, podemos utilizar a fórmula desenvolvida em conjunto com as zonas analisadas como referência a outros pontos semelhantes na malha urbana do Porto, e assim realizar um levantamento da quantidade e tipologia dos resíduos da cidade do Porto. Estes dados, quando utilizados pela EMAP, permitem ter uma noção dos resíduos recolhidos anualmente, e abordar as várias entidades gestoras de cada tipologia de resíduo. Com dados concretos, a EMAP é capaz de realizar pedidos de financiamento para acarretar os custos da recolha, tratamento, armazenamento e deposição do resíduo em questão.

Chega-se à conclusão que dentre os resíduos de varredura, o nível de importância no que toca à melhoria dos sistemas de recolha é, em primeiro, os resíduos provenientes das papeleiras, em segundo os resíduos provenientes da varredura manual e por último os resíduos provenientes da varredura mecânica.

Pode-se concluir também que para além de locais com maior fluxo de pessoas, os centros de transporte são os locais que produzem as maiores quantidades de resíduos, e que em geral, a quantidade de resíduos reaproveitáveis deitados para o chão ou para o lixo indiferenciado varia em várias ocasiões entre os 5%-15% para vários tipos de resíduo.

Por fim, os resultados obtidos ao longo do trabalho podem se assumir como representativos do período de maio de 2024 para a cidade do Porto. Com estes é possível estimar os valores de outros meses tendo em conta fatores como o aumento do turismo (com o aumento de resíduos como PLA, PCA, PLNA e PCNA nas zonas turísticas/históricas) durante o período do verão ou o aumento de BR no período do inverno devido à queda das folhas em áreas verdes da cidade.

## 5.1. Sugestões para o futuro

Devido a vários problemas logísticos e conflitos de horários, este trabalho foi bastante dificultado, o que não só levou à diminuição dos seus objetivos como a problemas com o grau de confiança dos resultados. Com isto dito, as propostas de melhoria de metodologia são:

### 5.1.1 Inclusão de mais zonas de análise

De maneira a obter um mapeamento correto dos resíduos é necessário não só analisar as zonas mencionadas no capítulo 3.2 que não foi possível analisar no decorrer deste trabalho, como aumentar o número de zonas de análise de cada tipo para as 3-5 ao invés das 1-2 que tivemos no trabalho. Obviamente, isto só deverá ser feito se não for impossibilitado por problemas logísticos.

### 5.1.2. Aumento do período de recolha

Para obter valores fidedignos para o resto do ano, aconselho a realização de recolhas semanais durante o período de 1 a 2 anos, o que permite a obtenção de dados mais concretos e mais importante ainda, dar a ideia da variação que decorre durante a mudança das estações e dos períodos significativos (início do período escolar ou início da época balnear). Dados deste tipo permitem prever mais facilmente a evolução da quantidade de resíduos e facilitam o planeamento de projetos entre a EMAP e outras entidades.

### 5.1.3. Melhoria do mapeamento da malha urbana

Para facilitar a aplicação da metodologia, um melhor conhecimento da composição da cidade e das características de várias zonas distintas é necessário para obter resultados práticos. Para além disso, um melhor mapeamento da cidade facilita o planeamento da expansão e manutenção da mesma.

### 5.1.4. Alteração dos critérios de recolha

Algo que só ficou claro após o trabalho de campo é o facto que entre as várias áreas de recolha, 500 metros de comprimento não é um valor certo devido á diferença na largura dos passeios analisados. Para ter a certeza de que os dados analisados são comparáveis, este tipo de erros deve ser evitado, logo trocar a medida da área de 500 metros de comprimento para uma área certa medida em m<sup>2</sup> seria o mais correto.

## **5.2. Considerações Finais**

Na minha opinião, o trabalho desenvolvido é importante, especialmente por ser pioneiro em âmbito nacional. Embora a metodologia ainda seja um pouco rudimentar e necessite de aprimoramentos antes de poder ser aplicada de forma ampla, mesmo além da cidade do Porto, é um contributo para a EMAP – Porto Ambiente. Vejo esta metodologia como um ponto de partida que pode ser facilmente ajustado e refinado no futuro, representando um passo para o desenvolvimento do município em matéria de recolha e tratamento de resíduos.

## Referências Bibliográficas

- Câmara Municipal de Lisboa. (2017). Regulamento Municipal de Limpeza Urbana de Lisboa. Disponível em: [Câmara Municipal de Lisboa] ([https://www.lisboa.pt/fileadmin/VIVER/Ambiente/Limpeza\\_Urbana/Regulamento\\_Limpeza\\_Urbana.pdf](https://www.lisboa.pt/fileadmin/VIVER/Ambiente/Limpeza_Urbana/Regulamento_Limpeza_Urbana.pdf))
- Associação Bandeira Azul da Europa (ABAE). (2023). Programa Eco-Escolas. Disponível em: [ABAE](<https://ecoescolas.abae.pt>)
- Agência Portuguesa do Ambiente (APA). (2020). PERSU 2030. Disponível em: [APA PERSU 2030] ([https://www.apambiente.pt/\\_zdata/Politicis/Residuos/PERSU2030/PERSU2030\\_Aprovado.pdf](https://www.apambiente.pt/_zdata/Politicis/Residuos/PERSU2030/PERSU2030_Aprovado.pdf))
- Agência Portuguesa do Ambiente (APA). (2014). PERSU 2020. Disponível em: [APA PERSU 2020] ([https://www.apambiente.pt/\\_zdata/Politicis/Residuos/PERSU2020/PERSU2020\\_Aprovado.pdf](https://www.apambiente.pt/_zdata/Politicis/Residuos/PERSU2020/PERSU2020_Aprovado.pdf))
- Assembleia da República. (2011). Lei n.º 73/2011. Disponível em: [Diário da República Eletrónico] (<https://dre.pt/dre/detalhe/lei/73-2011-241617>)
- Instituto Nacional de Estatística (INE). (2023). Estatísticas dos Resíduos Urbanos. Disponível em: [INE](<https://www.ine.pt>)
- Agência Portuguesa do Ambiente (APA). (2022). Relatório do Estado do Ambiente. Disponível em: [APA Relatório] (<https://rea.apambiente.pt>)
- União Europeia. Diretiva-Quadro dos Resíduos (2008/98/CE).
- Fundo de Coesão e Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER).
- Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos (PERSU 2020).
- Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos (PO SEUR).
- Câmara Municipal de Lisboa. (2017). Regulamento Municipal de Limpeza Urbana de Lisboa. Disponível em: [Câmara Municipal de Lisboa] ([https://www.lisboa.pt/fileadmin/VIVER/Ambiente/Limpeza\\_Urbana/Regulamento\\_Limpeza\\_Urbana.pdf](https://www.lisboa.pt/fileadmin/VIVER/Ambiente/Limpeza_Urbana/Regulamento_Limpeza_Urbana.pdf))

- Associação Bandeira Azul da Europa (ABAE). (2023). Programa Eco-Escolas. Disponível em: [ABAE](<https://ecoescolas.abae.pt>)
- Agência Portuguesa do Ambiente (APA). (2020). PERSU 2030. Disponível em: [APA PERSU2030] ([https://www.apambiente.pt/\\_zdata/Politic/Residuos/PERSU2030/PERSU2030\\_Aprovado.pdf](https://www.apambiente.pt/_zdata/Politic/Residuos/PERSU2030/PERSU2030_Aprovado.pdf))
- Agência Portuguesa do Ambiente (APA). (2014). PERSU 2020. Disponível em: [APA PERSU2020] ([https://www.apambiente.pt/\\_zdata/Politic/Residuos/PERSU2020/PERSU2020\\_Aprovado.pdf](https://www.apambiente.pt/_zdata/Politic/Residuos/PERSU2020/PERSU2020_Aprovado.pdf))
- Assembleia da República. (2011). Lei n.º 73/2011. Disponível em: [Diário da República Eletrónico](<https://dre.pt/dre/detalhe/lei/73-2011-241617>)
- Instituto Nacional de Estatística (INE). (2023). Estatísticas dos Resíduos Urbanos. Disponível em: [INE](<https://www.ine.pt>)
- Agência Portuguesa do Ambiente (APA). (2022). Relatório do Estado do Ambiente. Disponível em: [APA Relatório](<https://rea.apambiente.pt>)
- União Europeia. Diretiva-Quadro dos Resíduos (2008/98/CE).
- Fundo de Coesão e Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER).
- <https://portal.lipor.pt/pls/apex/f?p=2020:60:0> Recenseamentos da População e da Habitação
- Scientific Research on Street Sweeping in Florida: [https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php?title=Composition,\\_characterization,\\_and\\_management\\_of\\_street\\_sweepings](https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php?title=Composition,_characterization,_and_management_of_street_sweepings)

