UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

VIVIANE JIN HEE KIM

Análise da composição gravimétrica dos resíduos
domiciliares de São Carlos (SP).

VERSÃO CORRIGIDA
São Carlos, SP

VIVIANE JIN HEE KIM

ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA
DOS RESÍDUOS DOMICILIARES DE SÃO CARLOS
(SP).

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia
de São Carlos da Universidade de São Paulo, como
parte dos requisitos para obtenção do Título de
Mestre em Ciências: Engenharia Hidráulica e
Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. Valdir Schalch

VERSÃO CORRIGIDA
São Carlos
2019

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues
Fontes da EESC/USP

K49a	<p>Kim, Viviane Jin Hee</p> <p>Análise da composição gravimétrica dos resíduos domiciliares de São Carlos (SP) / Viviane Jin Hee Kim; orientador Valdir Schalch. -- São Carlos, 2019.</p> <p>Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento e Área de Concentração em Hidráulica e Saneamento -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2019.</p> <p>1. Resíduos domiciliares. 2. Gravimetria. 3. Gestão. I. Título.</p>
------	--

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Engenheira **VIVIANE JIN HEE KIM**.

Título da dissertação: "Análise da composição gravimétrica dos resíduos domiciliares de São Carlos (SP)".

Data da defesa: 26/03/2019.

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Associado **Valdir Schalch**
(Orientador)
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

APROVADA

Profa. Dra. **Kátia Sakihama Ventura**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

APROVADA

Prof. Dr. **Raphael Tobias de Vasconcelos Barros**
(Universidade Federal de Minas Gerais/UFMG)

APROVADA

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento:

Prof. Dr. **Eduardo Mario Mendonço**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:

Prof. Titular **Murilo Araujo Romero**

AGRADECIMENTOS

Primeiros aos meus pais e irmão, Kyoung Yul, Nan Soon e Jin Ho, por sempre incentivarem meus estudos e fazer o possível e impossível para eu conseguir concluir minha formação.

Ao meu companheiro Michel, por me ajudar na pesquisa, lidar da melhor forma possível com meu mau humor e me proporcionar amor e carinho.

Ao querido Professor Valdir, por trazer leveza a esta jornada com sua amizade, carisma e bom humor.

Aos meus amigos Caki, Ingra, Siri, Dodo, Tenda e João, por alegrarem meus dias com partidas infinitas de truco, cafés, filmes e vôlei.

Às Valdirenes, pelo companheirismo no laboratório, risadas e trabalho em equipe.

Aos voluntários da coleta de dados em campo, especialmente á Alana, sem eles nada disso seria possível.

Por último e não menos importante, à Gabriela, Laura, Marina, Natane, Roberta e Tais, pela amizade, apoio e por manterem meu espírito jovem vivo.

RESUMO

KIM, Viviane Jin Hee. **Análise da composição gravimétrica dos resíduos domiciliares de São Carlos (SP)**. 2019. 168 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

O aumento da população nas áreas urbanas associada ao crescimento e mudança no padrão de consumo resulta numa maior geração de Resíduos Domiciliares (RD). A Política Nacional de Resíduos Sólidos prevê a obrigatoriedade dos municípios elaborarem Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, os quais devem ter como um dos conteúdos mínimos a caracterização física dos RD. Assim, o objetivo deste trabalho foi atualizar a gravimetria do município, para dar suporte à elaboração do Plano e identificação de potencialidades e fragilidades na gestão de resíduos sólidos. Além disso, este trabalho usou uma metodologia baseada na NBR 10.007 e normas internacionais para realizar a caracterização física dos RD no aterro sanitário. As análises para verificar a influência do clima e da presença de coleta seletiva foram feitas pelo teste Mann-Whitney, enquanto que a relação da gravimetria com aspectos socioeconômicos foi feita pela correlação de Spearman. Por fim, realizou-se a análise de agrupamento hierárquica aglomerativa para formar grupos de setores similares, e assim, estimar a gravimetria do município considerando um setor de cada grupo formado. A estimativa da gravimetria de São Carlos em 2018 foi: 37,48% de Matéria Orgânica; 5,13% de Papel; 4,59% de Papelão; 6,51% de Plástico filme; 7,25% de Plástico rígido; 3,10% de Vidro; 1,73% de Metais; 1,46% de Embalagem longa vida; 4,72% Têxteis, couro e borracha; 0,68% Resíduo eletrônico; 0,99% Medicamentos, curativos e embalagens de medicamentos e cosméticos; 0,47% Embalagens de tintas, esmaltes, aerossóis e inseticidas; 25,89% de Rejeitos. Concluiu-se que houveram mudanças no padrão de consumo da população se comparada com estudos anteriores e que a coleta seletiva se encontra em uma situação regular no município. Também constatou-se que não há evidências estatísticas de diferença da gravimetria entre as estações climáticas e entre os setores com e sem coleta seletiva. Constatou-se também que é possível estimar a gravimetria por menos e que a combinação ideal variou com a estação da coleta de dados.

Palavras chave: Resíduos Domiciliares. Gravimetria. Gestão.

ABSTRACT

KIM, Viviane Jin Hee. **Analysis of the gravimetric composition of household waste in São Carlos (SP)**. 2019. 168 f. Dissertation (Master's degree in Science and Hydraulic and Sanitation engineering) – São Carlos School of Engineering. University of São Paulo, São Carlos, 2019.

The population growth in the urban areas associated to the increase and change in the consumption pattern results in a greater generation of Household Waste (HW). The National Solid Waste Policy foresees the obligation of the municipalities to elaborate Municipal Integrated Solid Waste Management Plans, which should have as one of the minimum contents the gravimetry of the HW. In this way, the objective of this work was to update the municipality's gravimetry, aiming the elaboration of the Plan and identification of potentialities and weaknesses in solid waste management. In addition, this work used a methodology based on NBR 10.007 and international standards to perform the physical characterization of HW in the landfill. The analyzes to verify the influence of the climate and the presence of selective collection were done by the Mann-Whitney test, whereas the relation of gravimetry with socioeconomic aspects was made by the Spearman correlation. Finally, agglomerative hierarchical cluster analysis was performed to form groups of similar sectors, and in sequence make combinations considering one sector of each group, to propose a set of reduced sectors to facilitate monitoring or to determine future gravimetries of the municipality. The estimation of the gravimetry of São Carlos in 2018 was: 37,48% of Organic matter; 5,13% Paper; 4,59% Cardboard; 6,51% Soft plastic; 7,25% Hard plastic; 3,10% Glass; 1,73% of Metals; 1,46% of Multilayers packaging; 4,72% Textiles, leather and rubber; 0,68% Electronic waste; 0,99% Medicines, packaging of medicines and cosmetics; 0,47% Packaging of paints, enamels, aerosols and insecticides; 25,89% of Rejects. It was concluded that there were changes in consumption pattern of the population compared to past studies and that the selective collection is in a regular situation in the municipality. It was also verified that statistically there is no difference evidence of the gravimetry between the climatic seasons and between the sectors with and without selective collection. In relation to gravimetry estimation by less sectors, it was verified that it is possible and that the ideal combination varied with the climatic season that the data was collected.

Keywords: Household Waste. Gravimetry. Waste Management.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: EVOLUÇÃO DA GERAÇÃO ANUAL TOTAL DE RSU NO BRASIL EM MILHÕES DE TONELADAS ENTRE 2008 E 2017.	5
FIGURA 2: EVOLUÇÃO DA MASSA ANUAL TOTAL DE RSU COLETADA E DISPOSTA EM ATERRO SANITÁRIO EM MILHÕES DE TONELADAS ENTRE 2008 E 2017.	6
FIGURA 3: EVOLUÇÃO DA MÉDIA DE GERAÇÃO ANUAL <i>PER CAPITA</i> DE RSU DO BRASIL (KG/HAB/DIA) ENTRE 2008 E 2017.	6
FIGURA 4: EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE COBERTURA (%) DE COLETA DE RSU DO BRASIL EM RELAÇÃO À POPULAÇÃO ENTRE 2008 E 2017.	6
FIGURA 5: LINHA DO TEMPO DOS PRINCIPAIS MARCOS LEGAIS AMBIENTAIS NO BRASIL.	9
FIGURA 6: CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS QUANTO À ORIGEM, SEGUNDO A PNRS (2010).	10
FIGURA 7: CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS QUANTO À PERICULOSIDADE, SEGUNDO A PNRS (2010).	11
FIGURA 8: PRINCIPAIS OBRIGAÇÕES INSTITUÍDAS PELA PNRS E A SITUAÇÃO NO ANO DE 2018.	14
FIGURA 9: TIPOS DE PLANOS PROPOSTOS PELA PNRS E SEUS RESPECTIVOS RESPONSÁVEIS POR SUA ELABORAÇÃO.	15
FIGURA 10: ILUSTRAÇÃO DO CICLO DA DEMANDA POR PRODUTOS NOVOS E NECESSIDADE DE MAIOR PODER AQUISITIVO.	17
FIGURA 11: MERCADO DO CONSUMO DE CAFÉ EM CÁPSULA NO BRASIL (MIL TONELADAS).	17
FIGURA 12: EVOLUÇÃO DOS TIPOS DE EMBALAGENS E SUAS QUESTÕES AMBIENTAIS DE ACORDO COM O PERÍODO HISTÓRICO.	19
FIGURA 13: TOTAL DE TRABALHOS POR QUANTIDADE DE TIPOS DE RESÍDUOS ADOTADOS.	22
FIGURA 14: TOTAL DE TRABALHOS POR NOMENCLATURA DE TIPO DE RESÍDUO ADOTADA.	22
FIGURA 15: ILUSTRAÇÃO GENÉRICA DO PROCESSO DE AMOSTRAGEM.	23
FIGURA 16: DIFERENTES EXEMPLOS DE <i>DESIGNS</i> DE AMOSTRAGEM, COM SUAS REPRESENTAÇÕES NO ESPAÇO E NO TEMPO.	25
FIGURA 17: SETORES DA COLETA REGULAR DE SÃO CARLOS EM 1989.	31
FIGURA 18: METODOLOGIA UTILIZADA POR GOMES (1989) PARA CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS RESÍDUOS DOMICILIARES DE SÃO CARLOS.	32
FIGURA 19: MAPA DA COLETA REGULAR DE SÃO CARLOS EM 2007.	33
FIGURA 20: METODOLOGIA UTILIZADA POR FRÉSCA (2007) PARA CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS RESÍDUOS DOMICILIARES DE SÃO CARLOS.	34
FIGURA 21: ESQUEMA SIMPLIFICADO DA METODOLOGIA UTILIZADA PARA ALCANÇAR CADA OBJETIVO ESCOLHIDO NESTE TRABALHO.	37
FIGURA 22: LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS (SP).	38
FIGURA 23: LOCALIZAÇÃO DOS ECO PONTOS E PEVS DE SÃO CARLOS EM 2018.	45
FIGURA 24: ILUSTRAÇÃO DO PROCESSO DE ESTIMAÇÃO DA GRAVIMETRIA DOS RD DE SÃO CARLOS EM 2018.	47
FIGURA 25: ILUSTRAÇÃO DOS TIPOS DE RESÍDUOS COMPARADOS ENTRE OS DADOS DE 2018 E OS TRABALHOS ANTERIORES.	48
FIGURA 26: ILUSTRAÇÃO EXPLICATIVA DE UM BOXPLOT.	50
FIGURA 27: GRÁFICOS DE PROBABILIDADE NORMAL E SUAS RESPECTIVAS DISTRIBUIÇÕES UNIVARIADAS.	51
FIGURA 28: ETAPAS PARA APLICAÇÃO DO TESTE SHAPIRO-WILK.	52
FIGURA 29: ESQUEMAS DOS TESTES ESTATÍSTICOS NÃO PARAMÉTRICOS APLICADOS PARA VERIFICAR AS HIPÓTESES LEVANTADAS.	53
FIGURA 30: ETAPAS NECESSÁRIAS PARA A ANÁLISE DE AGRUPAMENTO.	56

FIGURA 31: EXEMPLO GEOMÉTRICO PARA CALCULAR DISTÂNCIA EUCLIDIANA.....	56
FIGURA 32: EXEMPLO ILUSTRATIVO DE UM DENDOGRAMA RESULTANTE DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO HIERÁRQUICA AGLOMERATIVA.	57
FIGURA 33: PROCEDIMENTO UTILIZADO NA CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS RD PARA COLETA DE DADOS NO ATERRO SANITÁRIO DE SÃO CARLOS EM 2018.....	61
FIGURA 34: ILUSTRAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE TRIAGEM UTILIZADO NA COLETA DE DADOS NO ATERRO SANITÁRIO DE SÃO CARLOS EM 2018.	63
FIGURA 35: REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA GRAVIMETRIA DE SÃO CARLOS EM 2018.	72
FIGURA 36: PRODUÇÃO TOTAL DE PLÁSTICOS NO MUNDO ENTRE 1950 E 2015 EM MILHÕES DE TONELADAS.....	75
FIGURA 37: GRÁFICO DA EVOLUÇÃO DA GRAVIMETRIA (%) DOS TIPOS DE RESÍDUOS COMUNS ENTRE OS ANOS 1988, 2005 E 2018.	88
FIGURA 38: COMPARAÇÃO INDIVIDUAL DAS GRAVIMETRIAS COM GOMES (1989) E FRÉSCA (2007) POR TIPO DE RESÍDUO..	90
FIGURA 39: COMPARAÇÃO COM FERNANDEZ (2008) DAS GRAVIMETRIAS REFERENTES AOS RESÍDUOS PERIGOSOS.	91
FIGURA 40: BOXPLOT GERADO PARA OS DADOS DA GRAVIMETRIA DO VERÃO DE 2018 PARA CADA TIPO DE RESÍDUO.	93
FIGURA 41: BOXPLOT GERADO PARA OS DADOS DA GRAVIMETRIA DO INVERNO DE 2018 PARA CADA TIPO DE RESÍDUO.	94
FIGURA 42: BOXPLOT GERADO PARA OS DADOS DA GRAVIMETRIA DE 2018 PARA CADA TIPO DE RESÍDUO.	95
FIGURA 43: GPN DA MATÉRIA ORGÂNICA NO VERÃO DE 2018 EM SÃO CARLOS.	97
FIGURA 44: GPN DA MATÉRIA ORGÂNICA NO INVERNO DE 2018 EM SÃO CARLOS.	97
FIGURA 45: GPN DA MATÉRIA ORGÂNICA DA MÉDIA DAS ESTAÇÕES PARA 2018 E SÃO CARLOS.....	98
FIGURA 46: REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS P-VALORES RESULTANTES DO TESTE MANN-WHITNEY DA ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO CLIMA POR TIPO DE RESÍDUO.	100
FIGURA 47: REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS P-VALORES RESULTANTES DO TESTE MANN-WHITNEY PARA ANALISAR INFLUÊNCIA DA PRESENÇA DE COLETA SELETIVA POR TIPO DE RESÍDUO.....	101
FIGURA 48: QUANTIDADE DE REFEIÇÕES PREPARADAS EM CASA POR SEMANA..	103
FIGURA 49: PARCELA DA POPULAÇÃO QUE SABE O QUE É COMPOSTAGEM.	104
FIGURA 50: PARCELA DA POPULAÇÃO QUE REALIZA COMPOSTAGEM.....	104
FIGURA 51: PARCELA DA POPULAÇÃO QUE SEPARA OS MATERIAIS RECICLÁVEIS.	105
FIGURA 52: CONHECIMENTO DE QUEM COLETA OS MATERIAIS RECICLÁVEIS.....	105
FIGURA 53: DENDOGRAMA DOS SETORES AGRUPADOS PARA O VERÃO DE 2018.	106
FIGURA 54: DENDOGRAMA DOS SETORES AGRUPADOS PARA O INVERNO DE 2018.	107
FIGURA 55: INDICAÇÃO DOS GRUPOS FORMADOS PARA O VERÃO NO MAPA DA CIDADE DE SÃO CARLOS.	108
FIGURA 56: INDICAÇÃO DOS GRUPOS FORMADOS PARA O INVERNO NO MAPA DA CIDADE DE SÃO CARLOS.	109
FIGURA 57: GRAVIMETRIA DE SÃO CARLOS DE 2018 COM ERRO CALCULADO A PARTIR DA ESTIMAÇÃO POR MENOS SETORES PARA O INVERNO.	112
FIGURA 58: GRAVIMETRIA DE SÃO CARLOS DE 2018 COM ERRO CALCULADO A PARTIR DA ESTIMAÇÃO POR MENOS SETORES, PARA MO E REJEITOS NO INVERNO.	112
FIGURA 59: GRAVIMETRIA DE SÃO CARLOS DE 2018 COM ERRO CALCULADO A PARTIR DA ESTIMAÇÃO POR MENOS SETORES PARA O VERÃO.	113

FIGURA 60: GRAVIMETRIA DE SÃO CARLOS DE 2018 COM ERRO CALCULADO A PARTIR DA ESTIMAÇÃO POR MENOS SETORES, PARA MO E REJEITOS NO VERÃO.	113
FIGURA 61: MAPA CONCEITUAL DA SIMILARIDADE EXISTENTE ENTRE A PNRS E ECONOMIA CIRCULAR.....	135
FIGURA 62: GPN DOS DADOS DO “PAPEL” PARA O VERÃO DE SÃO CARLOS EM 2018.	147
FIGURA 63: GPN DOS DADOS DO “PAPELÃO” PARA O VERÃO DE SÃO CARLOS EM 2018.	147
FIGURA 64: GPN DOS DADOS DO “PLÁSTICO FILME” PARA O VERÃO DE SÃO CARLOS EM 2018.	147
FIGURA 65: GPN DOS DADOS DO “PLÁSTICO RÍGIDO” PARA O VERÃO DE SÃO CARLOS EM 2018.	148
FIGURA 66: GPN DOS DADOS DO “VIDRO” PARA O VERÃO DE SÃO CARLOS EM 2018.....	148
FIGURA 67: GPN DOS DADOS DO “METAIS” PARA O VERÃO DE SÃO CARLOS EM 2018.	148
FIGURA 68: GPN DOS DADOS DO “EMBALAGENS LONGA VIDA” PARA O VERÃO DE SÃO CARLOS EM 2018.....	149
FIGURA 69: GPN DOS DADOS DO “TÊXTEIS, COURO E BORRACHA” PARA O VERÃO DE SÃO CARLOS EM 2018.	149
FIGURA 70: GPN DOS DADOS DO “REE” PARA O VERÃO DE SÃO CARLOS EM 2018.	149
FIGURA 71: GPN DOS DADOS DO “MEDICAMENTOS, CURATIVOS E EMBALAGENS DE MEDICAMENTOS E COSMÉTICOS” PARA O VERÃO DE SÃO CARLOS EM 2018.	150
FIGURA 72: GPN DOS DADOS DO “EMBALAGENS DE TINTAS, ESMALTES, AEROSSÓIS E INSETICIDAS” PARA O VERÃO DE SÃO CARLOS EM 2018.	150
FIGURA 73: GPN DOS DADOS DO “REJEITOS” PARA O VERÃO DE SÃO CARLOS EM 2018.	150
FIGURA 74: GPN DOS DADOS DO “PAPEL” PARA O INVERNO DE SÃO CARLOS EM 2018.	151
FIGURA 75: GPN DOS DADOS DO “PAPELÃO” PARA O INVERNO DE SÃO CARLOS EM 2018.	151
FIGURA 76: GPN DOS DADOS DO “PLÁSTICO FILME” PARA O INVERNO DE SÃO CARLOS EM 2018.	151
FIGURA 77: GPN DOS DADOS DO “PLÁSTICO RÍGIDO” PARA O INVERNO DE SÃO CARLOS EM 2018.	152
FIGURA 78: GPN DOS DADOS DO TIPO “VIDRO” PARA O INVERNO DE SÃO CARLOS EM 2018.	152
FIGURA 79: GPN DOS DADOS DO TIPO “METAIS” PARA O INVERNO DE SÃO CARLOS EM 2018.	152
FIGURA 80: GPN DOS DADOS DO TIPO “EMBALAGENS LONGA VIDA” PARA O INVERNO DE SÃO CARLOS EM 2018.	153
FIGURA 81: GPN DOS DADOS DO TIPO “TÊXTEIS, COURO E BORRACHA” PARA O INVERNO DE SÃO CARLOS EM 2018.	153
FIGURA 82: GPN DOS DADOS DO TIPO “REE” PARA O INVERNO DE SÃO CARLOS EM 2018.	153
FIGURA 83: GPN DOS DADOS DO TIPO “MEDICAMENTOS, CURATIVOS E EMBALAGENS DE MEDICAMENTOS E COSMÉTICOS” PARA O INVERNO DE SÃO CARLOS EM 2018.	154
FIGURA 84: GPN DOS DADOS DO TIPO “EMBALAGENS DE TINTAS, ESMALTES, AEROSSÓIS E INSETICIDAS” PARA O INVERNO DE SÃO CARLOS EM 2018.	154
FIGURA 85: GPN DOS DADOS DO TIPO “REJEITOS” PARA O INVERNO DE SÃO CARLOS EM 2018.	154
FIGURA 86: GPN DOS DADOS DO TIPO “PAPEL” PARA A MÉDIA DE SÃO CARLOS EM 2018.	155
FIGURA 87: GPN DOS DADOS DO TIPO “PAPELÃO” PARA A MÉDIA DE SÃO CARLOS EM 2018.	155
FIGURA 88: GPN DOS DADOS DO TIPO “PLÁSTICO FILME” PARA A MÉDIA DE SÃO CARLOS EM 2018.	155
FIGURA 89: GPN DOS DADOS DO TIPO “PLÁSTICO RÍGIDO” PARA A MÉDIA DE SÃO CARLOS EM 2018.....	156
FIGURA 90: GPN DOS DADOS DO TIPO “VIDRO” PARA A MÉDIA DE SÃO CARLOS EM 2018.	156
FIGURA 91: GPN DOS DADOS DO TIPO “METAIS” PARA A MÉDIA DE SÃO CARLOS EM 2018.....	156
FIGURA 92: GPN DOS DADOS DO TIPO “EMBALAGENS LONGA VIDA” PARA A MÉDIA DE SÃO CARLOS EM 2018.	157

FIGURA 93: GPN DOS DADOS DO TIPO “TÊXTEIS, COURO E BORRACHA” PARA A MÉDIA DE SÃO CARLOS EM 2018.....	157
FIGURA 94: GPN DOS DADOS DO TIPO “REE” PARA A MÉDIA DE SÃO CARLOS EM 2018.	157
FIGURA 95: GPN DOS DADOS DO TIPO “MEDICAMENTOS, CURATIVOS E EMBALAGENS DE MEDICAMENTOS E COSMÉTICOS” PARA A MÉDIA DE SÃO CARLOS EM 2018.	158
FIGURA 96: GPN DOS DADOS DO TIPO “EMBALAGENS DE TINTAS, ESMALTES, AEROSSÓIS E INSETICIDAS” PARA A MÉDIA DE SÃO CARLOS EM 2018.....	158
FIGURA 97: GPN DOS DADOS DO TIPO “REJEITOS” PARA A MÉDIA DE SÃO CARLOS EM 2018.	158

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: ESTIMATIVAS POPULACIONAIS DO BRASIL PARA OS ANOS ENTRE 2008 E 2016, SEGUNDO O IBGE (2019).	7
TABELA 2 - VALOR DE MERCADO DOS MATERIAIS RECICLÁVEIS NO BRASIL EM DEZEMBRO DE 2018 (R\$/t).	8
TABELA 3 - DISTRIBUIÇÃO DOS DOMICÍLIOS PERMANENTES POR CLASSE DE RENDIMENTO.....	39
TABELA 4 - DADOS COLETADOS NO INVERNO REFERENTES À COLETA REGULAR DE SÃO CARLOS, POR SETOR E POR TIPO DE RESÍDUO (%).	70
TABELA 5 - DADOS COLETADOS NO VERÃO REFERENTES A COLETA REGULAR DE SÃO CARLOS, POR SETOR E POR TIPO DE RESÍDUO (%) NO VERÃO.	71
TABELA 6 - CÁLCULO DA GRAVIMETRIA DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS PARA O ANO DE 2018.	72
TABELA 7: GRAVIMETRIA MÉDIA, DESVIO PADRÃO E ERRO PADRÃO DOS ESTUDOS GOMES (1989), FRÉSCA (2007) E ESTE TRABALHO.	73
TABELA 8 - RESULTADO DA GRAVIMETRIA POR TIPO DE MATERIAL REFERENTE Á COLETA SELETIVA DE SÃO CARLOS EM 2018.	86
TABELA 9 - EVOLUÇÃO DA GRAVIMETRIA POR TIPO DE MATERIAL ENTRE 1988, 2005 E 2018.	88
TABELA 10 - RESULTADO DOS TESTES DE NORMALIDADE PELO MÉTODO GPN POR TIPO DE RESÍDUO PARA 2018 E ESTAÇÃO CLIMÁTICA.	96
TABELA 11: VALORES DE W CALCULADOS POR TIPO DE RESÍDUO DE 2018 E CADA ESTAÇÃO CLIMÁTICA.	99
TABELA 12: RESULTADO DO TESTE DE NORMALIDADE PELO TESTE SHAPIRO-WILK PARA 2018 E CADA ESTAÇÃO CLIMÁTICA. .	99
TABELA 13 - RESULTADOS DO TESTE MANN-WHITNEY PARA VERIFICAR A INFLUÊNCIA DO CLIMA POR TIPO DE RESÍDUO.	100
TABELA 14 - RESULTADOS DO TESTE MANN-WHITNEY PARA VERIFICAR A INFLUÊNCIA DA PRESENÇA DE COLETA SELETIVA. .	101
TABELA 15: RESULTADOS PREDOMINANTES DOS QUESTIONÁRIOS SOCIOECONÔMICOS APLICADOS POR SETOR COM GRAVIMETRIA COLETADA EM SÃO CARLOS NO ANO DE 2018.	102
TABELA 16 - RESULTADO DA CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE GRAVIMETRIA CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS POR TIPO DE RESÍDUO.	103
TABELA 17 - GRAVIMETRIA (%) OBTIDA COM AS DUAS MELHORES COMBINAÇÕES COMPARADAS COM A GRAVIMETRIA REAL.	110
TABELA 18: GRAVIMETRIA (%) OBTIDA DAS DUAS MELHORES COMBINAÇÕES COMPARADA COM A GRAVIMETRIA REAL DE CADA ESTAÇÃO.	111
TABELA 19 - RESULTADO DA GRAVIMETRIA ESTIMADA A PARTIR DE DAS COMBINAÇÕES DE SETORES NO VERÃO.	159
TABELA 20: RESULTADO DA GRAVIMETRIA ESTIMADA A PARTIR DA COMBINAÇÃO DE SETORES NO INVERNO.	160
TABELA 21 - VALORES TABELADOS DA CONSTATANTE $A(n-1+1)$, GERADAS PELAS MÉDIAS, VARIÂNCIAS E COVARIÂNCIAS DAS ESTATÍSTICAS DE ORDEM DE UMA AMOSTRA DE TAMANHO N DE UMA DISTRIBUIÇÃO NORMAL	163
TABELA 22 - VALORES CRÍTICOS DA ESTATÍSTICA W DE SHAPIRO-WILK, PARA ACEITAR OU REJEITAR H_0	167

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: TIPOS DE RESÍDUOS ADOTADOS NO ESTUDO DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS RESÍDUOS DOMICILIARES DE GOMES (1989).....	32
QUADRO 2: TIPOS DE RESÍDUOS ADOTADOS NO ESTUDO DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS RESÍDUOS DOMICILIARES DE FRÉSCA (2007).....	34
QUADRO 3: ESQUEMA EXEMPLIFICANDO AS DISTÂNCIAS CALCULADAS PARA A ANÁLISE DE AGRUPAMENTO.	57
QUADRO 4: LISTA DE BAIRROS POR SETORES DA COLETA REGULAR DE SÃO CARLOS EM 2018.	143

LISTA DE FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFIA 1: GALPÃO ONDE OS MATERIAIS RECICLÁVEIS COLETADOS PELA COOPERVERDA SÃO DEPOSITADOS ANTES DA ETAPA DE TRIAGEM.	42
FOTOGRAFIA 2: TRABALHADORES DA COOPERATIVA DISPONDO OS MATERIAIS SOBRE A MESA PARA INICIAR A SEPARAÇÃO DOS TIPOS DE MATERIAIS RECICLÁVEIS.	42
FOTOGRAFIA 3: TRABALHADORES DA COOPERATIVA SEPARANDO OS DIFERENTES TIPOS DE RESÍDUOS RECICLÁVEIS MANUALMENTE.	43
FOTOGRAFIA 4: TRABALHADORES DA COOPERATIVA ESPALHANDO OS RESÍDUOS RECICLÁVEIS SOBRE A MESA DE TRIAGEM DE FORMA MANUAL E COM AUXÍLIO DE UMA VASSOURA.	43
FOTOGRAFIA 5: EMBALAGENS LONGA VIDA PRENSADAS E DISPOSTAS NA ÁREA FRONTAL DO BARRACÃO DA COOPERATIVA ATÉ SEREM VENDIDAS.	44
FOTOGRAFIA 6: MATERIAIS RECICLÁVEIS SEPARADOS E DISPOSTOS NA ÁREA FRONTAL DO BARRACÃO DA COOPERATIVA ATÉ SEREM VENDIDOS.	44
FOTOGRAFIA 7: MASSA TOTAL DOS RESÍDUOS DOMICILIARES DESCARREGADO EM ÁREA ISOLADA PARA SER ADOTADA COMO AMOSTRA MÃE NO ATERRO SANITÁRIO DE SÃO CARLOS.	65
FOTOGRAFIA 8: ESCAVADEIRA ESPALHANDO A AMOSTRA MÃE PARA FACILITAR O PROCESSO DE ESCOLHA DE PONTOS ALEATÓRIOS PARA COMPOR A AMOSTRA A' NO ATERRO SANITÁRIO DE SÃO CARLOS.	65
FOTOGRAFIA 9: PESQUISADORA SELECIONANDO AMOSTRAS DE FORMA ALEATÓRIA PARA COMPOR A AMOSTRA A' NO ATERRO SANITÁRIO DE SÃO CARLOS.	66
FOTOGRAFIA 10: DIVISÃO DA AMOSTRA HOMOGENEIZADA EM QUATRO MONTES PARA REALIZAR O MÉTODO DE QUARTEAMENTO NO ATERRO SANITÁRIO DE SÃO CARLOS.	66
FOTOGRAFIA 11: VOLUNTÁRIOS REALIZANDO A SEPARAÇÃO DOS TIPOS DE RESÍDUOS DA CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS RD NO ATERRO SANITÁRIO DE SÃO CARLOS EM 2018.	67
FOTOGRAFIA 12: PESQUISADORA REALIZANDO A PESAGEM E REGISTRO DAS MASSAS DOS DIFERENTES TIPOS DE RESÍDUOS NA ENTRADA DO ATERRO SANITÁRIO DE SÃO CARLOS EM 2018.	67
FOTOGRAFIA 13: CADERNO CONTROLE DE VENDAS DA COOPERVERDA COM OS DADOS UTILIZADOS PARA ESTIMAR A GRAVIMETRIA DOS MATERIAIS RECICLÁVEIS DE SÃO CARLOS EM 2018.	69
FOTOGRAFIA 14: CALÇADOS EM BOM ESTADO DESTINADOS AO ATERRO SANITÁRIO QUE NÃO FORAM INCLUÍDOS NA AMOSTRA.	76
FOTOGRAFIA 15: VESTIMENTAS EM BOM ESTADO DESTINADAS AO ATERRO SANITÁRIO QUE NÃO FORAM INCLUÍDAS NA AMOSTRA.	76
FOTOGRAFIA 16: BRINQUEDOS INFANTIS EM BOM ESTADO DESTINADOS AO ATERRO SANITÁRIO QUE NÃO FORAM INCLUÍDOS NA AMOSTRA.	77
FOTOGRAFIA 17: RESÍDUOS COM POTENCIAL DE RECICLAGEM SEM SEGREGAÇÃO E COM DESTINAÇÃO INADEQUADA.	78
FOTOGRAFIA 18: INTERIOR DE RECIPIENTE PLÁSTICO DESTINADO AO ATERRO SANITÁRIO CONTENDO APENAS SERRAGEM DE MADEIRA.	78
FOTOGRAFIA 19: EMBALAGENS DE COSMÉTICOS, AEROSSÓIS E ÓLEO LUBRIFICANTE AUTOMOTIVO DESTINADAS AO ATERRO SANITÁRIO.	79

FOTOGRAFIA 20: EMBALAGEM DE PROTETOR SOLAR DESTINADA AO ATERRO SANITÁRIO.....	79
FOTOGRAFIA 21: EMBALAGEM DE CREME COLORANTE DESTINADA AO ATERRO SANITÁRIO.	80
FOTOGRAFIA 22: EMBALAGENS DE PRODUTOS DE HIGIENE PESSOAL E COSMÉTICO DESTINADAS AO ATERRO SANITÁRIO.....	80
FOTOGRAFIA 23: PILHAS ALCALINAS, LÂMPADAS E EMBALAGEM DE DESODORANTE DESTINADAS AO ATERRO SANITÁRIO.	81
FOTOGRAFIA 24: BASE DE LIQUIDIFICADOR DESTINADA AO ATERRO SANITÁRIO.....	81
FOTOGRAFIA 25: PILHA ALCALINA DESTINADA AO ATERRO SANITÁRIO.	82
FOTOGRAFIA 26: MEDICAMENTOS, EMBALAGENS DE MEDICAMENTOS E PRODUTOS DE HIGIENE PESSOAL DESTINADOS AO ATERRO SANITÁRIO.	82
FOTOGRAFIA 27: AMPOLAS DE SERINGAS DESTINADAS AO ATERRO SANITÁRIO.	83
FOTOGRAFIA 28: SERINGA, EMBALAGEM DE MEDICAMENTO E TUBOS COM AMOSTRAS DE SANGUE DESTINADAS AO ATERRO SANITÁRIO.	83
FOTOGRAFIA 29: EMBALAGEM COM INDICAÇÃO DE RESÍDUO INFECTANTE DESTINADA AO ATERRO SANITÁRIO.	84
FOTOGRAFIA 30: RESÍDUOS DESTINADOS AO ATERRO SANITÁRIO E ACONDICIONADOS COM USO EXCESSIVO DE SACOLAS PLÁSTICAS DESNECESSARIAMENTE.	85
FOTOGRAFIA 31: MATERIAIS RECICLÁVEIS SEGREGADOS NA FONTE E DESTINADOS AO ATERRO SANITÁRIO.....	85
FOTOGRAFIA 32: EXEMPLO DE EMBALAGEM RECICLÁVEL QUE NÃO POSSUI MERCADO NO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS.	87
FOTOGRAFIA 33: CONTEÚDO DE UMA <i>BAG</i> COM OS REJEITOS DESTINADOS PARA A COLETA SELETIVA DE SÃO CARLOS EM 2018.	87
FOTOGRAFIA 34: CONJUNTO DE EMBALAGENS DE VIDROS DESTINADOS AO ATERRO SANITÁRIO DE SÃO CARLOS EM 2018. ..	89

LISTA DE SIGLAS

AAHA - Análise de Agrupamento Hierárquica Aglomerativa

ABIC - Associação Brasileira da Indústria do Café

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRALATAS - Associação Brasileira de Produtores de lata de alumínio

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

ACISC – Associação Comercial e Industrial de São Carlos

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

APASC - Associação para Proteção Ambiental de São Carlos

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem

CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

COOPERVIDA - Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis de São Carlos

DF - Distrito Federal

DP - Desvio padrão

EC - Economia Circular

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária

EP - Erro Padrão

EPIs – Equipamentos de Proteção Individual

GIRO – Gestão Integrada de Resíduos Orgânicos

GPN – Gráfico da Probabilidade Normal

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MO – Matéria orgânica

NuMI EcoSol- Núcleo Multidisciplinar Integrado de Estudos, Formação e Intervenção em Economia Solidária

ONU - Organização das Nações Unidas

PET - Polietileno tereftalato

PEV – Ponto de Entrega Voluntária

PMGIRS - Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PMSC - Prefeitura Municipal de São Carlos

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos

RD - Resíduos Domiciliares

REE - Resíduo Eletroeletrônico

RLU - Resíduos de Limpeza Urbana

RSS - Resíduos de Serviços de Saúde

RSU - Resíduos Sólidos Urbanos

SGAS - Secretaria Geral de Gestão Ambiental e Sustentabilidade da UFSCar

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente

SM - Salário Mínimo

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SNS - Secretaria Nacional de Saneamento

SNVS – Sistema Nacional de Vigilância Sanitária

SUASA – Sistema Unificado de atenção à Sanidade Agropecuária

TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UFSCar - Universidade Federal de São Carlos

UNICEP - Centro Universitário Central Paulista

USP - Universidade de São Paulo

LISTA DE SÍMBOLOS

ρ – coeficiente da correlação de Spearman

d_i – diferença entre as posições

n – número de amostras

α – nível de significância

n_i – posição da amostra “i”

Z_{accum} – probabilidade acumulada

W – probabilidade do teste Shapiro-Wilk

b – constante do teste Shapiro-Wilk

x_i – valores da amostra na posição “i”

$\bar{x}$ – média dos valores

S – tamanho da amostra

X^2 - valor tabelado do qui-quadrado

N – tamanho da população

P – proporção da população

d – índice de precisão

SUMÁRIO

1.	Introdução.....	1
1.1.	Objetivos	2
1.1.1.	Objetivo principal.....	2
1.1.2.	Objetivos específicos.....	3
2.	Revisão Bibliográfica.....	5
2.1.	Panorama dos resíduos sólidos do Brasil em 2018.....	5
2.2.	Política Nacional de Resíduos Sólidos	8
2.3.	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) 14	
2.4.	Novos padrões de consumo	16
2.5.	Caracterização física de resíduos sólidos.....	20
2.5.1.	Amostragem de resíduos sólidos e inferência estatística	23
2.5.2.	Classificação dos materiais.....	27
2.5.3.	Análise dos dados	27
2.6.	Trabalhos anteriores realizados em São Carlos	30
3.	Metodologia	37
3.1.	Área de estudo.....	38
3.2.	Proposta metodológica.....	46
3.3.	Gravimetria de São Carlos	47
3.4.	Comparação com estudos anteriores.....	47
3.5.	Manipulação dos dados.....	48
3.5.1.	Teste de normalidade.....	49
3.5.2.	Análise dos fatores influentes sobre a gravimetria.....	52
3.5.3.	Levantamento dos aspectos socioeconômicos da população	55
3.6.	Estimar gravimetria do município a partir de menos setores.....	56
4.	Resultados e Discussão	59
4.1.	Proposta metodológica para gravimetria da coleta regular.....	59
4.2.	Metodologia para coleta de dados da coleta seletiva	68
4.3.	Gravimetria de São Carlos	69
4.3.1.	Coleta Regular	69
4.3.2.	Coleta Seletiva.....	86
4.4.	Comparação com estudos anteriores.....	88
4.5.	Resultado dos testes estatísticos.....	92

4.5.1. Teste de normalidade.....	92
4.5.2. Análise da influência do clima	99
4.5.3. Análise da influência da coleta seletiva.....	101
4.5.4. Correlação com aspectos socioeconômicos.....	102
4.6. Estimar gravimetria do município a partir de menos setores.....	106
4.6.1. Análise de agrupamento	106
4.6.2. Aproximação da gravimetria através menos setores	110
5. Conclusões e recomendações	115
6. Sugestões de trabalhos futuros	119
Referências.....	121
APÊNDICE A – Mapa conceitual.....	135
APÊNDICE B – Termo de consentimento livre e esclarecido	137
APÊNDICE C - Questionário perfil socioeconômico.....	139
APÊNDICE D – Código da análise de agrupamento.....	141
APÊNDICE E – Lista de bairros.....	143
APÊNDICE F - Ficha coleta de dados – aterro sanitário.....	145
APÊNDICE G – Gráficos de probabilidade normal	147
APÊNDICE H – Resultado das combinações.....	159
ANEXO A.....	163
ANEXO B	167

1. Introdução

Conforme levantado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), em 2018 a maioria da população brasileira habitava em áreas urbanas, representando aproximadamente 86,6% da população total. Isso somado com os atuais padrões de consumo e com a grande disponibilidade de produtos industrializados, embalados e com menor vida útil, resultam em maior geração de Resíduos Domiciliares (RD) e alteração da composição gravimétrica dos mesmos (DIAS; MORAES FILHO, 2008; NEVES; CASTRO, 2012; SOARES, 2013; OZCAN et. al., 2016).

O aumento da geração de resíduos é resultado do maior consumo por parte da população, o qual é resultado do aumento da renda familiar e do valor do salário mínimo, avanço da tecnologia, estabilidade dos empregos, aumento da importação e maior uso da *internet* (MEDEIROS, 2015). Também deve ser mencionado a alteração na produção de embalagens, pois isto tem relação direta com a mudança da composição gravimétrica dos resíduos gerados pela população urbana. Inicialmente serviam somente para acondicionar o alimento e facilitar o transporte, mas que passou a ser a identidade do produto e do fabricante, sendo o principal meio de comunicação entre estes e o consumidor, induzindo o último a consumi-lo (PONTES et. al., 2009).

Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil 2017 elaborado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2018), em 2017 o Brasil gerou no total 78,4 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), sendo que 91,2% foram coletados e destes apenas 59,1% seguiram para aterros sanitários. Estes dados indicam que do total gerado em 2017 no Brasil, 46% dos RSU não são coletados ou são dispostos em lixões a céu aberto ou aterros controlados, isto é, apenas um pouco mais da metade dos RSU gerados no Brasil é disposta de forma ambientalmente correta.

A destinação inadequada dos RSU, seja em lixões ou nas vias públicas de um município, acarreta em diversos impactos ambientais, dentre eles a contaminação do solo e águas subterrâneas, proliferação de vetores, emissão de gases e partículas poluentes para a atmosfera (GOUVEIA, 2012; CORDOBA et. al., 2013; SILVA, 2015). Por isso, é indispensável que as gestões públicas busquem uma gestão dos RSU ambientalmente adequada, para evitar ou minimizar estes impactos, uma vez que as ações antrópicas, qualquer que seja sua ordem, produzem algum tipo de resíduo (GOMES et. al., 2014).

De acordo com Campos e Borga (2015), a gestão de Resíduos Sólidos (RS) é um conjunto de ações e normas operacionais, financeiras e de planejamento, onde toda a população geradora

participa através de adesões a programas de educação, redução de descarte e separação dos materiais recicláveis. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) definiu a gestão integrada de resíduos sólidos em seu Art. 3º, parágrafo XI como um “conjunto de ações voltadas para busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável” (BRASIL, 2012).

Para alcançar uma gestão de RS adequada e eficiente, dados referentes à composição gravimétrica, quantidade e distribuição da geração são considerados como o primeiro passo, permitindo direcionar os planos de ações e estratégias para o gerenciamento dos RS (VEGA; BENÍTEZ; BARRETO, 2008; GALLARDO et. al., 2016; ADENIRAN; NUBI; ADELOPO, 2017).

Estas estratégias de gerenciamento abordam, por exemplo, a escolha do método da coleta e transporte, geração de energia, dimensionamento do aterro sanitário e/ou estações de transbordo, avaliar o potencial de reutilização, reciclagem e recuperação dos resíduos (MOURA; LIMA; ARCHANJO, 2012; EDJABOU et. al., 2015; VIANA; SILVEIRA; MARTINHO, 2015; OZCAN et. al., 2016).

Além disso, a PNRS determina no Art. 19º que a caracterização dos resíduos é um dos conteúdos mínimos que devem compor os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), os quais os municípios são obrigados a elaborar os seus respectivos Planos para estarem de acordo com a Política.

No caso do município de São Carlos (SP), a questão dos resíduos sólidos não estava de acordo com a PNRS em 2018, pois as caracterizações dos resíduos domiciliares existentes estavam desatualizadas e a cidade ainda não possuía um PMGIRS neste ano. O mais próximo que o município possuía era o Plano Municipal de Saneamento de São Carlos (PMSC, 2012).

Por isso, este trabalho busca contribuir para a futura elaboração do PMGIRS de São Carlos, fornecendo os dados básicos necessários referentes à composição gravimétrica dos resíduos domiciliares da cidade.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo principal

O objetivo principal foi determinar a composição gravimétrica dos resíduos domiciliares do município de São Carlos em 2018 e analisar os fatores influentes sobre a mesma.

1.1.2. Objetivos específicos

- a) Propor metodologia para realizar a caracterização física dos RD da coleta regular;
- b) Comparar a composição gravimétrica de 2018 com estudos anteriores e identificar alterações no padrão de consumo de São Carlos;
- c) Analisar a influência dos fatores climáticos sobre a composição gravimétrica dos RD;
- d) Analisar a influência da presença da coleta seletiva sobre a composição gravimétrica dos RD;
- e) Identificar se há relação entre os aspectos socioeconômicos e a composição gravimétrica dos setores, referentes à coleta regular;
- f) Investigar a possibilidade de monitorar a composição gravimétrica dos RD do município a partir de menos setores.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Panorama dos resíduos sólidos do Brasil em 2018

O diagnóstico dos resíduos sólidos no Brasil é realizada anualmente pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE).

O SNIS foi criado em 1996, que está vinculada à Secretaria Nacional de Saneamento (SNS) do Ministério do Desenvolvimento Regional. O SNIS é um sistema que possui informações e indicadores sobre a prestação de serviços de água e esgoto, de manejo de resíduos sólidos urbanos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (SNIS, 2019b). Os dados disponíveis neste sistema de informações relacionados com resíduos sólidos são a partir de 2002, os quais são compilados e publicados anualmente no formato de Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos (SNIS, 2019a).

Já a ABRELPE realiza o relatório anual referente a resíduos sólidos no Brasil intitulado de Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil, que passou a ser publicado em 2003 e são de livre acesso (ABRELPE, 2018). Nesta seção, optou-se por apresentar somente as informações disponíveis nos Panoramas da ABRELPE a partir do ano de 2008, por causa da dificuldade em acessar os primeiros Panoramas. As informações estão nas Figuras 1, 2, 3 e 4 a seguir e são referentes aos dados dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), os quais englobam Resíduos Domiciliares (RD) e Resíduos de Limpeza Urbana (RLU) segundo a classificação quanto à origem da PNRS. As informações extraídas são: geração total de RSU no Brasil, geração de RSU *per capita*, massa de RSU coletada e disposta em aterro sanitário e do índice de cobertura da coleta de RSU.

Figura 1: Evolução da geração anual total de RSU no Brasil em milhões de toneladas entre 2008 e 2017.

Fonte: Adaptado de Abrelpe.

Figura 2: Evolução da massa anual total de RSU coletada e disposta em aterro sanitário em milhões de toneladas entre 2008 e 2017.

Fonte: Adaptado de Abrelpe.

Figura 3: Evolução da média de geração anual *per capita* de RSU do Brasil (kg/hab/dia) entre 2008 e 2017.

Fonte: Adaptado de Abrelpe.

Figura 4: Evolução do índice de cobertura (%) de coleta de RSU do Brasil em relação à população entre 2008 e 2017.

Fonte: Adaptado de Abrelpe.

Os dados dispostos nas Figuras 1 e 2 indicam que entre o ano de 2012 e 2013 houve um grande aumento da geração total de RSU e também da massa coletada total, mas o mesmo não ocorreu com a massa de resíduos destinada aos aterros sanitários. A geração *per capita* teve uma queda de quase 0,2 Kg e a cobertura da coleta e massa destinada a aterro sanitário tiveram um aumento muito pequeno se comparado com a massa gerada. Estes dados são justificados pelo crescimento populacional que ocorreu entre 2012 e 2013, que segundo as estimativas populacionais do IBGE (2018a), Tabela 1, foi superior do que o crescimento médio populacional entre os demais anos.

Tabela 1: Estimativas populacionais do Brasil para os anos entre 2008 e 2016, segundo o IBGE (2019).

Ano	População brasileira (hab)
2008	189.612.814
2009	191.446.868
2010	190.732.694
2011	192.379.287
2012	193.946.886
2013	201.032.714
2014	202.768.562
2015	204.450.649
2016	206.081.432

Fonte: IBGE(2018a).

Apesar da Figura 4 mostrar que o índice de cobertura de coleta de RSU no Brasil está aumentando, representando cerca de 91% da massa de RSU total gerada em 2017, a Figura 2 também permite identificar que a porcentagem dos RSU disposto em aterro sanitário representam cerca de 42% da massa total de RSU gerada. Isto mostra que apesar da evolução referente a cobertura de coleta, a destinação dos resíduos ainda precisa melhorar, principalmente se considerar o não cumprimento de uma das metas estabelecidas pela PNRS de eliminar a destinação de resíduos sólidos em lixões a céu aberto até 2014.

O Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil de 2017 (ABRELPE, 2018) apresenta que o índice de recuperação dos plásticos, papel/papelão e alumínio neste ano foram, respectivamente, 8,2%, 52,3% e 87,2%. Estes índices mostram que o país precisa investir em reciclagem para que estas porcentagens aumentem no futuro, principalmente no caso dos plásticos, cuja porcentagem se encontra abaixo de 10%.

Segundo o Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE, 2018), o valor de mercado dos materiais recicláveis em dezembro de 2018 no estado de São Paulo mostra que o alumínio é aquele com maior valor em relação aos demais, como pode ser visto na Tabela 2.

Isto é uma das razões para que este material tenha um índice de recuperação elevado, próximo aos 90% conforme apresentado pela ABRELPE (2018).

Tabela 2 - Valor de mercado dos materiais recicláveis no Brasil em dezembro de 2018 (R\$/t).

Material	Papelão	Papel Branco	Latas de aço	Alumínio	Vidro incolor	Plástico rígido	PET	Plástico filme	Embalagem Longa Vida
Valor	580 PL	800 L	550 L	5300 L	180 L	1850 P	2800 P	600 P	260P

P – Prensado; L – Limpo

Fonte: CEMPRE (2018).

Este mercado, assim como os outros, flutua de acordo com a economia do país, o que se observa é que o alumínio e o PET são os materiais mais valorizados. Estes dois materiais costumam ser embalagens de produtos muito consumidos pela população, como as bebidas, e são materiais leves, o que facilita a coleta e transporte destes pelos catadores informais. Apesar dos catadores informais não participarem de cooperativas de reciclagem, eles também são responsáveis pelo alto índice de reciclagem no Brasil, principalmente do alumínio, que tem a taxa de reciclagem nacional maior do que a média mundial (ABRALATAS, 2017).

2.2. Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é considerada um marco histórico na gestão ambiental do Brasil, apresentando uma visão moderna de como solucionar o problema relacionado ao lixo urbano (GOMES et. al., 2014). Assim, este capítulo tem a finalidade de apresentar o contexto histórico que a Lei 12.305/2010 surgiu, como a mesma é estruturada, o que trouxe de inovador e quais as vantagens e desvantagens, incluindo as suas dificuldades.

Antes da aprovação da PNRS, a normatização sobre os resíduos sólidos, principalmente os resíduos sólidos urbanos, se encontrava de forma pulverizada em diferentes leis, decretos, portarias e resoluções (NASCIMENTO NETO; MOREIRA, 2010). Para facilitar a compreensão do leitor frente a elaboração da PNRS, traçou-se uma linha do tempo da legislação ambiental no Brasil, disponível na Figura 5.

Figura 5: Linha do tempo dos principais marcos legais ambientais no Brasil.

Fonte: Autora.

Nascimento Neto e Moreira (2010) afirmam que a ausência de um marco regulatório sobre resíduos sólidos por tanto tempo trouxe consequências negativas, pois a existência de diversas leis que abordavam esta questão dificultava os seus cumprimentos, o que resultava em uma insegurança legal expressiva.

Até o surgimento da PNRS, os instrumentos legais que abordavam diretamente a gestão de resíduos sólidos era a Constituição Federal de 1988 e a Lei de Crimes Ambientais de 1998. A primeira, em seu artº 30, estabelece que é competência do município a limpeza urbana e a gestão de resíduos sólidos. A segunda constitui a ferramenta que o Ministério Público tem pautado as atuações referentes à disposição final inadequada dos resíduos sólidos.

Segundo Nascimento Neto e Moreira (2010), observa-se que uma legislação dedicada aos resíduos sólidos não acompanhou devidamente as evoluções registradas referentes ao abastecimento de água e esgotamento sanitário. Os resíduos sólidos ganharam uma expressividade a partir do século XX, devido ao aumento populacional e a migração para as áreas urbanas, o que consequentemente mudou o perfil de consumo e descarte.

O documento possui aspectos genéricos que buscam orientar em relação à gestão de resíduos, incluindo questões básicas para sua aplicação. A Política inicia apresentando os

princípios, objetivos, e diretrizes que a norteiam durante todo o documento. Em seguida, se definem os conceitos, as responsabilidades são distribuídas e se estabelecem os instrumentos econômicos para aqueles que aderirem à Lei. No final, a PNRS determina algumas proibições relativas à matéria central. Ou seja, a Política consiste numa ferramenta cujo objetivo é disciplinar a questão de resíduos sólidos em âmbito nacional.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) definiu os resíduos sólidos em seu artº 3 como:

XVI – resíduos sólidos: 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 semi sólido, 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, Lei nº 12.305/10, inciso XVI, Art. 3º).

Além disso, a PNRS classificou os resíduos sólidos quanto à origem e periculosidade, que podem ser vistas nas Figuras 6 e 7, respectivamente. Esta classificação permite visualizar quem é responsável pelo seu resíduo e quais medidas devem ser tomadas de acordo com a periculosidade do mesmo. Observe que os resíduos domiciliares foram destacados em vermelho, pois o mesmo é o objeto de estudo deste trabalho e podem englobar os resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, como ocorre no município de São Carlos.

Figura 6: Classificação dos resíduos sólidos quanto à origem, segundo a PNRS (2010).

Fonte: Autora.

Figura 7: Classificação dos resíduos sólidos quanto à periculosidade, segundo a PNRS (2010).

Fonte: Autora.

Outra novidade trazida pela PNRS é o instrumento logística reversa, definido na PNRS como:

“Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. (BRASIL, 2010, art. 3)”

Segundo o art. 33 da PNRS (BRASIL, 2010), os materiais que são obrigados a implementar sistemas de logística reversa são:

- a) agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso, observadas as regras de gerenciamento de resíduos perigosos previstas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa, ou em normas técnicas;
- b) pilhas e baterias;
- c) pneus;
- d) óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;
- e) lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;
- f) produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

No estado de São Paulo, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) publicou em 2018 a Decisão de Diretoria nº 076/2018 (DOU, 2018), que estabelece procedimento para a incorporação da logística reversa no âmbito do licenciamento ambiental. Isto significa que a logística reversa passa a ser um condicionante para a emissão ou renovação

das licenças de operação de fabricantes ou responsáveis pela importação, distribuição ou comercialização de alguns produtos. Os produtos especificados pela CETESB, que vão além daqueles listados pela PNRS, são: óleo comestível; medicamentos (vencidos ou em desuso); e embalagens de diversos produtos, como tintas imobiliárias, alimentícios, bebidas, produtos de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos, produtos de limpeza e afins.

Outro fator que contribui com a implementação de um sistema de logística reversa é a inclusão social dos catadores, buscando desmarginilizar o trabalhador e prover meios para seu trabalho ser menos insalubre. Porém, a PNRS não criou mecanismos de obrigatoriedade desta inclusão, apontando apenas incentivos financeiros e fiscais (NASCIMENTO NETO; MOREIRA, 2010).

Em relação as inovações que a PNRS trouxe, principalmente em seus princípios são (GODOY, 2013):

- a) prevenção e precaução;
- b) contaminante-pagador e protetor-recebedor;
- c) visão sistêmica;
- d) desenvolvimento sustentável;
- e) ecoeficiência;
- f) cooperação compartilhada entre o poder público, setor empresariam e comunidade;
- g) responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto;
- h) reconhecimento que os resíduos possuem um valor agregado embutido neles;
- i) respeito às diversidades locais e regionais;
- j) direito à informação e aos mecanismos de controle;
- k) proporcionalidade na aplicação de taxas e tributos relativos aos resíduos.

O primeiro princípio listado anteriormente fica bem evidente na prioridade de ações proposta no Art. 9º da PNRS, sendo esta a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada. Ou seja, é preferível que as ações busquem medidas de prevenção (não geração) em vez de correção (reciclagem).

Muitos destes princípios inovadores listados por Godoy (2013) são também conceitos base da Economia Circular (EC). Isto ficou mais evidente ao elaborar o mapa conceitual da intersecção entre a PNRS e EC, disponível na Figura 61 do APÊNDICE A e apresentado por (KIM, CONTE, SCHALCH, 2018a). A identificação destes conceitos similares foi feita pela simples visualização da mesma palavra nos dois mapas conceituais elaboradas para cada tema,

como por exemplo o “Desenvolvimento Sustentável”, que é um dos princípios da PNRS e um dos conceitos chaves da EC.

As linhas de cores vermelho, rosa e laranja se referem às ligações identificadas no mapa da PNRS, enquanto que as cores azul e verde são as ligações trazidas pelo mapa da EC. As caixas destacadas em vermelho são os conceitos similares identificados nos dois mapas, totalizando dezessete, sendo estes: desenvolvimento de sistemas de gestão; logística reversa; acordo setorial; responsabilidade compartilhada; contrato firmado entre poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes; produção e consumo de bens e serviços desenvolvimento sustentável; não geração de resíduos; redução de geração; reúso; reciclagem; recuperação; coleta de resíduos; destinação final ambientalmente adequada; impactos ambientais; ciclo de vida do produto; ecoeficiência; e visão sistêmica. Os dois temas priorizam ações preventivas para minimizar os impactos ambientais, como pode ser visto nas primeiras ações do Art. 9º, mencionado anteriormente (não geração, redução, reutilização e reciclagem).

Em linhas gerais, a PNRS busca agregar valor ao resíduo, aumentar a capacidade competitiva do setor produtivo, promover a inclusão social dos catadores, delinear o papel de cada integrante da sociedade (estado, município, setor privado e população) e promover consórcios intermunicipais (NASCIMENTO NETO; MOREIRA, 2010).

Segundo Godoy (2013), a dificuldade para se aplicar a Lei nº 12.305 se encontra em conseguir contribuições financeiras, principalmente os municípios pequenos com menos recursos, além da burocracia complexa que deve ser ultrapassada pelos funcionários municipais, que normalmente não possuem treinamento para tal. O autor considera que o maior desafio seja a falta de participação e apoio por parte da população, pois a responsabilidade pelo meio ambiente ainda é focada nos setores mais visíveis e recorrentes, como a vegetação amazônica e qualidade da água.

Somado a isso, aqueles municípios com outros tipos e problemas, como por exemplo, a pobreza, o analfabetismo e inexistência de esgotamento sanitário e tratamento de água, a questão de resíduos sólidos deixa de ser uma das prioridades da gestão municipal (GODOY, 2013). Essa dificuldade fica evidente ao analisar as metas e prazos estipulados pela Política, os quais precisaram ser prorrogados por não terem sido cumpridas. Um exemplo disso é a erradicação dos lixões a céu aberto, que tinha como limite o ano de 2014, e que um projeto aprovado em 2015 estabeleceu novos prazos entre 2018 e 2021, o que dependerá do porte do

município. A Figura 8 apresenta algumas obrigações estabelecidas pela PNRS e suas respectivas situações em 2018.

Apesar disso, a criação da PNRS ainda deve ser considerada com um grande passo em relação a gestão de resíduos sólidos no Brasil. O fato das metas não terem sido cumpridas não deve ser considerada como um fracasso, mas que isso é consequência do grau de enraizamento dos problemas ambientais no país e desinformação da população.

Figura 8: Principais obrigações instituídas pela PNRS e a situação no ano de 2018.

	OBRIGAÇÕES	SITUAÇÃO 2018
UNIÃO	Plano Nacional de Resíduos Sólidos	Disponível a versão preliminar do Plano desde 2012
	Acordos Setoriais de Logística Reversa	Apenas 03 acordos setoriais foram assinados
	Sistema Nacional de Informações em Resíduos Sólidos	SINIR implementado mas não atende as exigências da PNRS
ESTADOS	Plano Estadual de Resíduos Sólidos	11 Estados finalizaram os planos
	Estudo e soluções consorciadas	
MUNICÍPIOS	Plano Municipal de Resíduos Sólidos	41,7% dos municípios possuem Plano
	Eliminação de Lixões	40% destinam resíduos para aterro sanitário
	Coleta Seletiva	Cerca de 65% possuem alguma iniciativa de coleta seletiva
	Compostagem	Cerca de 13% possuem alguma iniciativa de compostagem

Fonte: Adaptado de CNM (2018).

2.3. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS)

Os Planos de Resíduos Sólidos são previstos pela PNRS como instrumentos para concretizar a Lei, conforme o Art. 8º, representando documentos de um processo de planejamento no âmbito da União, Estados, Municípios e diferentes setores, os quais devem guiar os gestores públicos e privados quanto à gestão de resíduos adequada. Os Planos

apresentados pela Política e o responsável pela elaboração de cada um podem ser vistos na Figura 9.

Figura 9: Tipos de planos propostos pela PNRS e seus respectivos responsáveis por sua elaboração.

Fonte: Autora.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos dispõe sobre os Planos no Título III - Capítulo II, sendo que o PMGIRS é apresentado de forma mais detalhada na seção IV deste capítulo. O PMGIRS é obrigatória pela lei e um requisito para que os municípios e Distrito Federal (DF) tenham acesso aos recursos da União destinados a serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, ou então condição para o DF e municípios obterem benefícios por incentivos ou financiamentos de entidades federais (Ex: BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) para esta finalidade. Para ter acesso aos recursos da União, são priorizados os municípios que optarem por soluções consorciadas intermunicipais para a gestão de resíduos sólidos, e aqueles que implementarem a coleta seletiva com participação de cooperativas.

Assim, o Art. 19º da Lei 12.305/2010 apresenta o conteúdo mínimo que um PMGIRS deve ter, sendo que o primeiro item se refere ao diagnóstico de resíduos sólidos. Este é considerado como um levantamento e análise da situação dos resíduos gerados no município,

principalmente uma avaliação quantitativa e qualitativa, considerando desde a origem de geração do resíduo até a sua disposição final.

Vale destacar que o conceito de caracterização é diferente do diagnóstico, mesmo sendo complementares. Enquanto a caracterização foca na quantidade e qualidade dos resíduos sólidos, o diagnóstico engloba três tipos de dados (VIANA; SILVEIRA; MARTINHO, 2015), sendo estes: dados de manejo ou operacionais; dados legais incidentes sobre os resíduos sólidos para a fonte geradora e para a localidade; e dados de passivo ambiental deixados pelos resíduos.

A política especifica exatamente o que deve constar neste diagnóstico, sendo muito mais detalhado comparado aos outros tipos de planos. Os pontos que devem ser considerados são: origem, volume, caracterização dos resíduos e forma de destinação e disposição final adotadas no território do município.

Uma vez que este artigo apresenta 19 itens considerados como conteúdos mínimos de um PMGIRS, os outros não serão abordados neste trabalho para não sobrecarregar a leitura. Porém, recomenda-se a leitura da PNRS como um todo, principalmente os artigos nº 18 e 19, que discorrem sobre o PMGIRS.

2.4. Novos padrões de consumo

A revolução industrial trouxe para a sociedade diversas inovações tecnológicas, tendo como consequências o aumento da produtividade e geração de impactos ambientais, pois os recursos naturais passaram a ser apropriação do capital (LEFF, 2004). Assim, surgiu a sociedade de consumo, a qual se baseia na estratégia em primeiro se criar uma necessidade para posterior oferecer um produto que a atenda, tendo como ferramenta a publicidade, que acaba seduzindo o consumidor através da persuasão da existência desta necessidade mencionada e também de se manter com bens novos (ZANIRATO; ROTONDARO, 2016).

Para Zanin e Rodrigues (2016), o capital aprisiona o homem pela apropriação de seu tempo, ou o homem está dedicando seu tempo para a reprodução do capital como trabalhador, ou está realizando seu lucro como consumidor. Isso gera uma necessidade do homem moderno por produtos que tragam mais eficiência e praticidade no seu cotidiano, ou seja, a sociedade se encontra em um ciclo que, para evitar a estagnação da demanda, é necessário aumentar os níveis de renda, que por sua vez são sustentados pela oferta de novos produtos e serviços (CHRISTENSEN; LUNDVALL, 2004). Este fenômeno foi ilustrado na Figura 10.

Figura 10: Ilustração do ciclo da demanda por produtos novos e necessidade de maior poder aquisitivo.

Fonte: Autora.

Dessa forma, o crescimento econômico está atrelado ao desenvolvimento de novos produtos (CHRISTENSEN; LUNDVALL, 2004), como por exemplo as cápsulas de café que chegaram ao Brasil em 2006, e têm como uma de suas principais características a produção de uma dose de café em aproximadamente 30 segundos.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria do Café (ABIC), em 2014 o Brasil consumiu 6 mil toneladas de café em cápsula, passando para 9 mil toneladas em 2016, representando um aumento de 50% em dois anos. Na análise de mercado realizado pela Euromonitor Consulting para a ABIC, a previsão é que para os anos de 2019, 2020 e 2021 o consumo de café em cápsulas seja de 12.000, 13.000 e 14.000 toneladas, respectivamente, como indicado pela Figura 11.

Figura 11: Mercado do consumo de café em cápsula no Brasil (Mil toneladas).

Fonte: (ABIC, 2017)

O crescente consumo em quantidade e qualidade é considerada por Medeiros (2015) como consequência do aumento da renda familiar e do valor do salário mínimo, avanço da tecnologia, estabilidade dos empregos, aumento da importação e maior uso da *internet*. Enquanto que Silva, Oliveira e Silva (2015) associam o aumento do consumo com o surgimento de produtos com obsolescência programada, principalmente dos produtos tecnológicos, onde são substituídos rapidamente por outro modelo que desqualifica o produto anterior, resultando na não utilização do produto no período real de validade.

O aumento da geração de resíduos sólidos também deve ser associado ao aumento da produção de embalagens, cuja função era inicialmente acondicionar o alimento e facilitar o transporte, mas que agora é visto como a identidade do produto e como meio de comunicação entre estes e o consumidor (PONTES et. al., 2009). Isto foi levantado por Albach, Razera e Alves (2016), onde abordaram o *design* para sustentabilidade voltado ao setor de embalagens em diferentes períodos da história da humanidade. A partir deste trabalho, traçou-se a evolução das embalagens com os períodos históricos, como pode ser visto na Figura 12.

No Brasil, a revolução das embalagens deu-se início na década de 1930 e 1940, período este em que diversas multinacionais entraram no país, principalmente aquelas voltadas para higiene e beleza. Na década seguinte, surgiram os primeiros supermercados e concomitante a isso, a transformação das embalagens em um “vendedor silencioso” e a crescente oferta de alimentos industrializados e embalados (ALBACH; RAZERA; ALVES, 2016).

Além disso, deve-se mencionar também a mudança dos padrões de consumo por que a sociedade passou, por exemplo:

- a) o aumento da produção e consumo de alimentos industrializados, que muitas vezes são preferíveis devido a praticidade do alimento estar pronto para consumo e de fácil transporte (SOUZA, 2010; FONSECA et. al., 2011);
- b) constante surgimento de inovações tecnológicas, principalmente no setor de eletrônicos, resultando na busca pelo novo por parte da população (SIGRIST et. al., 2015);
- c) maior ocorrência de propagandas de medicamentos, resultando em um aumento de automedicação por parte da população (MACEDO et. al., 2014; DOMINGUES et. al., 2015);
- d) maior preocupação da população quanto à estética e crescimento do mercado de cosméticos e de higiene pessoal (ROS, 2016);

- e) contínua mudança nas tendências de moda, resultando em compra constante de peças de roupas (CARVALHO, 2014).

Figura 12: Evolução dos tipos de embalagens e suas questões ambientais de acordo com o período histórico.

Fonte: Autora conforme Albach et. al. (2016).

Assim, o produto mais abundante deste modelo de sociedade é o resíduo, onde a produção de lixo é a indústria mais sólida e imune a crises, tornando-se um dos principais desafios da vida moderna (BAUMAN, 2007).

2.5. Caracterização física de resíduos sólidos

A caracterização física de resíduos sólidos pode ser definida como a “determinação de seus constituintes e de suas respectivas porcentagens, em massa e volume, em uma amostra de resíduos sólidos, podendo ser físico, químico e biológico” (ABNT, 2004).

Conforme apresentado anteriormente, a caracterização física dos resíduos sólidos gerados em um município faz parte do diagnóstico e é previsto na PNRS, no Art. 19º, como um dos conteúdos mínimos que deve compor o PMGIRS (BRASIL, 2010). Portanto, é indispensável que todos os municípios brasileiros colem esta informação para estar de acordo com a lei.

Além disso, ter em mãos os dados da quantidade e tipo dos materiais recicláveis gerados permite fazer um dimensionamento da logística de coleta dos mesmos, da capacidade de recuperação, a frota de veículos necessárias para a coleta, a quantidade de funcionários necessários e levantar a receita que pode ser gerada com a recuperação dos recicláveis e a economia feita ao não destiná-los no aterro sanitário (VILHENA, 2012). Enquanto que saber a porcentagem da fração orgânica gerada no município permite viabilizar a forma de valorizar este tipo de resíduo (VIANA; SILVEIRA; MARTINHO, 2015), o que pode ser feita através de compostagem ou digestão anaeróbia. Ou seja, sabendo a quantidade gerada de resíduos orgânicos é possível fazer o dimensionamento das unidades de compostagem e biometanização e verificar a melhor forma de instalar estas no município, para atender a demanda e com o melhor custo-benefício.

Cada município deve obter a própria composição gravimétrica, não recomendando que uma localidade adote a gravimetria de outro município como similar, pois a composição gravimétrica dos resíduos sólidos de um município varia de acordo com alguns fatores (VIANA; SILVEIRA; MARTINHO, 2015), sendo estes:

- a) fatores econômicos (mais influente);
- b) fatores sazonais/climáticos;
- c) fatores demográficos;
- d) fatores geográficos;
- e) fatores culturais;
- f) fatores temporais;
- g) fatores políticos;
- h) fatores legais/normativos; e
- i) fatores especiais.

Por isso, é indispensável que os municípios realizem o levantamento da composição gravimétrica dos resíduos sólidos gerados em suas respectivas áreas. Porém, a metodologia para caracterização física dos RD não é padronizada no mundo, o que dificulta a comparação entre diferentes estudos (DAHLÉN; LAGERKVIST, 2008; EDJABOU et. al., 2015). No Brasil, observa-se que diversos trabalhos adotam uma metodologia diferente uma da outra para realizar a análise da composição gravimétrica.

Como exemplo desta variedade, verificou-se a existência de algum padrão nas metodologias aplicadas para levantamento da composição gravimétrica de município brasileiros a partir de 2010 (KIM; CONTE; SCHALCH, 2018b). Para isto realizou-se um levantamento de trabalhos com o objetivo de caracterizar fisicamente os resíduos sólidos entre 2010 e 2017, totalizando 30 trabalhos. Os trabalhos utilizados foram: (ALCANTARA, 2010; BARRETO; MELO, 2015; CAMPOS; BORGA, 2015; CARDOSO, 2013; COELHO; ALENCAR; OLIVEIRA, 2011; COSTA et. al., 2012; ALMEIDA, 2012; FRANCO, 2012; GALDINO; MARTINS, 2016; GASQUES, 2013; GUADAGNIN et. al., 2014; GUIMARÃES; BERNHARD, 2015; RIBEIRO JUNIOR, 2013; KONRAD et. al., 2014; KONRAD; CASARIL; SCHMITZ, 2010; MANTOVANI, 2013; MASKOW, 2015; MELO, 2015; MOURA; LIMA; ARCHANJO, 2012; OENNING et. al., 2012; PICANÇO, 2013; PONT; VALVASSORI; GUADAGNIN, 2013; SANTOS et. al., 2013a, 2013b; SANTOS; MOTA, 2010; SOARES, 2013, 2014, 2011; SOUZA, 2014; SOUZA et. al., 2015)

Em seguida, realizou-se uma leitura mais criteriosa para verificar as seguintes características nos estudos: quantidade de tipos de resíduos consideradas; nomenclaturas dos tipos de resíduos adotadas; e uso do método do quarteamento. Os autores constataram que somente a aplicação do método do quarteamento se mostrou como mais predominante, sendo adotado por 2/3 dos trabalhos analisados, sendo uma das recomendações da NBR 10.007 (2004). Porém, houveram diferenças entre as formas como os métodos de quarteamento eram aplicados, além de alguns estudos não explicitarem o procedimento de forma detalhada.

Em contrapartida, a quantidade de tipos de resíduos em cada caracterização se mostrou mais heterogênea, variando de 5 a 47 tipos por estudo, o que pode ser visto na Figuras 13, enquanto que as nomenclaturas adotadas também se mostraram não padronizadas conforme indicado na Figuras 14.

Figura 13: Total de trabalhos por quantidade de de tipos de resíduos adotados. **Figura 14: Total de trabalhos por nomenclatura de tipo de resíduo adotada.**

Legenda: A-Papel; B-Papelão; C-Papel/Papelão; D-Plásticos; E-Embalagem Longa Vida; F-Compósitos/multicamadas; G-Metals; H-Vidros; I-Matéria Orgânica; J-Rejeito; K-Perigosos; L-Material não reciclável; M-Material reciclável; N-Diversos/outros.

Estes resultados se mostraram como insatisfatórios, pois a quantidade de tipos de resíduos variou bastante (de 5 a 47), sendo que a quantidade mais adotada (8) ocorreu em apenas 16,6% dos trabalhos. As nomenclaturas, o resultado considerado como mais insatisfatório é que o tipo “rejeito” foi considerado em apenas aproximadamente 37% dos trabalhos, sendo que é inevitável a geração deste tipo de resíduos em uma área urbana e todos foram feitos após a publicação da PNRS, que definiu este tipo de resíduo. Dessa forma, identifica-se que há a

necessidade de elaborar uma metodologia para se realizar a caracterização física dos resíduos sólidos no Brasil de forma mais padronizada.

Recomenda-se também que esta proposta seja disposta no formato de norma para que os técnicos responsáveis sigam as recomendações feitas, pois uma das poucas recomendações presentes na NBR 10.007 foi adotada pela maioria dos trabalhos levantados, sendo o uso do método de quarteamento.

Segundo Edjabou et. al. (2015), a caracterização dos resíduos sólidos consiste em três etapas, sendo estas: amostragem do próprio resíduo; classificação dos materiais a serem separados (ex: papel, vidro, plástico, matéria orgânica, etc.); e manipulação, interpretação e aplicação dos dados obtidos. Assim, os próximos conceitos serão apresentados de acordo com as etapas propostas pelo mesmo autor.

2.5.1. Amostragem de resíduos sólidos e inferência estatística

Devido à inviabilidade operacional de caracterizar a massa total de RD destinados para um aterro sanitário, é necessário realizar a etapa de redução do tamanho da amostra e amostragem, buscando coletar uma amostra suficientemente representativa para estimar a geração de RD do município total. Esta inviabilidade é consequência do aumento do custo desta operação e da demanda de muito esforço físico e tempo (PETERSEN; DAHL; ESBENSEN, 2004; VIANA; SILVEIRA; MARTINHO, 2015).

A Figura 15 ilustra o procedimento de uma amostragem genérica, onde primeiro deve-se selecionar parcela da população do estudo suficientemente representativa, para em seguida observar dados desta amostra e extrapolar estas informações por inferência estatística. Segundo Barbeta, Reis e Bornia (2010), a inferência estatística é a conclusão de uma dada população com base em uma amostra de observações, isto é, generalizações de amostras para populações de onde estas foram extraídas.

Figura 15: Ilustração genérica do processo de amostragem.

Fonte: Autora

Os dados obtidos, por observação ou experimento, costumam ser acompanhadas de um erro experimental, pois há variações aleatórias decorrentes de uma infinidade de fatores que não são controláveis. Por isso, é necessário realizar uma averiguação da veracidade destes dados, para identificar a causa destas variações mencionadas e direcionar as melhores maneiras de se analisar os dados.

No caso de trabalhos de caracterização de RD ou que desenvolveram uma metodologia de caracterização, diversos destes recomendam que se considere a massa do próprio caminhão coletor como amostra mãe, pois é um procedimento simples e com custo muito menor (DAHLÉN; LAGERKVIST, 2008). A redução de massa é feita considerando a amostra mãe e deve-se determinar previamente qual será a massa reduzida, pois caso a amostra reduzida seja muito pequena, isso implicará em uma maior variabilidade se comparado com amostras maiores. Porém, se a amostra for muito grande, o custo e o tempo de amostragem serão muito grandes e podem ser inviáveis. Por isso, Klee (1993) recomendou uma faixa de massa ideal para realizar caracterização de resíduos sólidos, sendo a faixa entre 91 e 136 kg.

Existem diversas formas de se realizar a amostragem, e segundo Viana, Silveira e Martinho (2015) as técnicas de amostragem se dividem em dois grandes grupos: probabilísticas e não probabilísticas. A primeira tem o objetivo de minimizar a tendenciosidade de representação na amostra, ou seja, cada elemento possui a mesma probabilidade de ser selecionado. Já na segunda técnica, a seleção dos elementos depende do julgamento do operador, ou seja, a escolha é feita utilizando critérios subjetivos. Por isso, os próprios autores recomendam que a amostragem seja feita utilizando a técnica probabilística.

O *design* de amostragem probabilística permite a estimação da variabilidade de forma confiável, a reprodutibilidade do estudo (dentro de certos limites) e realizar inferências estatísticas de forma válida.

Segundo EPA530-D-02-002 (2002), existem diferentes estratégias para desenvolver o *design* da etapa de amostragem, cada uma com suas respectivas vantagens e desvantagens, cabendo aos responsáveis selecionar a forma com o melhor custo benefício. A seguir, na Figura 16, serão apresentados uma ilustração exemplificando alguns diferentes *designs* de amostragem.

Figura 16: Diferentes exemplos de *designs* de amostragem, com suas representações no espaço e no tempo.

Fonte: Adaptado de EPA530-D-02-002 (2002).

Independente da escolha do método de amostragem, todos possuem erros que originam na própria etapa de amostragem, e a única forma de minimizá-los é entendendo a origem destes. Segundo a teoria de amostragem desenvolvida por Gy (1950, apud PETERSEN; MINKKINEN; ESBENSEN, 2005), existem sete possíveis erros que podem ocorrer na etapa de amostragem que são consequência da própria heterogeneidade do material, sendo estes:

- Erro de flutuação de heterogeneidade em longo prazo: a variação espacial implica que uma amostra de um determinado local não representará outra parte da área estudada;
- Erro de flutuação de heterogeneidade periódica: esta variação periódica pode ocorrer de acordo com a variação das estações climáticas ou eventos específicos, como as festas de final de ano ou o carnaval;

- c) Erro fundamental de amostragem: este tipo de erro sempre será gerado, devido a heterogeneidade dos tamanhos, formatos e densidades das partículas. Para que este erro não ocorra seria necessário amostrar toda a população em estudo, que neste caso seria o lote total do caminhão compactador responsável pela coleta dos RD;
- d) Erro de agrupamento e segregação: resultado da distribuição não uniforme do material;
- e) Erro da delimitação do incremento: ocorre quando a amostragem realiza algum tipo de separação física do material analisado (ex: sub-amostragem) e o centro de massa de determinada partícula está dentro do limite da sub-amostra, mas a partícula em si não é considerada parte desta. Este erro pode originar no processo de quarteamento;
- f) Erro da extração do incremento: resultante da perda de determinada partícula da amostra, devido a ocorrência de ventos que carregam parte da amostra para fora do espaço amostral ou que adicionam elementos não pertencentes a amostra na mesma;
- g) Erro de preparação: ocorre quando a amostra é contaminada, neste caso pode ser por agregação de partículas de solo nos materiais que compõe os RD, ou então quando parte da amostra gruda nos aparelhos utilizados para manipulação da amostra.

Para obter uma amostra verdadeiramente representativa de uma população, principalmente quando se trata de materiais particulados heterogêneos, é essencial que todos os envolvidos no projeto/estudo tenham um conhecimento mínimo da Teoria de Amostragem (PETERSEN; MINKKINEN; ESBENSEN, 2005). Outra forma de minimizar a ocorrência destes erros é elaborar previamente um plano de amostragem (EPA530-D-02-002, 2002), onde diversas questões devem ser esclarecidas, como a unidade de amostragem, nível de amostragem, tamanho das amostras, confiabilidade dos dados e período de coleta de dados (VIANA; SILVEIRA; MARTINHO, 2015).

A NBR 10.007 (ABNT, 2004) dispõe que, como os resíduos sólidos são constituídos de materiais com características diferentes entre si, isto é, são heterogêneos, deve-se realizar o processo de homogeneização e quarteamento para obter uma maior representatividade da amostra. Conforme a definição 2.8 da norma, o quarteamento é um procedimento onde se divide uma amostra pré-homogeneizada em quatro partes iguais, as quais duas partes opostas são

eliminadas. As partes que permanecem são homogeneizadas novamente e o processo de quarteamento é repetido até atingir o volume desejado.

Assim, a etapa de amostragem se finaliza e pode se dar início a etapa de classificação dos materiais, que será apresentada na subseção a seguir.

2.5.2. Classificação dos materiais

Segundo Dahlén e Lagerkvist (2008), é muito difícil comparar estudos de composição gravimétrica de resíduos sólidos se há diferenças nos tipos de resíduos consideradas em cada estudo, o que varia de acordo com o objetivo. Os autores levantaram que dentre os métodos analisados o número de categorias de resíduos sólidos considerados variaram de 2 a 47. A NBR 10.007 não determina quais categorias devem ser consideradas para realizar a caracterização física dos RD, o que deixa uma abertura para que cada localidade considere o que achar pertinente, de acordo com a finalidade do estudo, dificultando a comparação temporal e espacial.

Além do número de tipos considerados, Edjabou et. al. (2015) afirmam que as convenções nominais adotadas para os diferentes materiais existentes nos resíduos sólidos gerados podem ser ambíguas. Neste estudo foi feita a caracterização dos resíduos sólidos municipais de 3 localidades e em 3 níveis de detalhamento, o primeiro nível possuindo 10 tipos, o segundo com 36 e o terceiro com 56. Estes diferentes níveis de categorização indicaram que, dependendo do nível de detalhamento adotado em cada estudo, certo tipo de resíduo pode ser considerado como pertencente a categorias diferentes, alterando a operação na etapa de separação dos tipos de resíduos e os resultados obtidos. Por isso, esta etapa de seleção dos tipos de resíduos a serem consideradas na caracterização física dos resíduos domiciliares é muito importante e deve ser estudada na etapa de planejamento da amostragem.

2.5.3. Análise dos dados

A etapa de análise dos dados é tão importante quanto a etapa do plano de amostragem de resíduos sólidos, pois se for aplicado um teste de forma equivocada pode-se gerar resultados enviesados e comprometer as conclusões do estudo. Esta etapa contribui para inferir sobre os diferentes fatores que influenciam na quantidade e qualidade de resíduos sólidos gerados, por exemplo, sazonalidade, ciclo econômico e localização da área de estudo (VIANA; SILVEIRA; MARTINHO, 2015).

A NBR 10.007 não discorre sobre esta etapa, ou seja, também deixa esta grande lacuna para que cada estudo de caso escolha seu método de análise. Por isso, buscaram-se normas internacionais e outras referências para direcionar as análises que podem ser aplicadas neste trabalho.

Além disso, Barbetta (2014) discorre sobre a necessidade de utilizar modelos probabilísticos como uma forma de mensurar a incerteza. O modelo pode ser considerado como uma representação da realidade estudada, sendo uma ferramenta para simplificar, descrever e facilitar a interpretação dos resultados, sendo constituídos de duas partes: os possíveis resultados e a probabilidade de se obter cada resultado (ou grupo de resultados). O modelo de distribuição dos dados direcionará o pesquisador para os testes estatísticos mais adequados de acordo com os dados, os quais auxiliarão na verificação da veracidade dos resultados e confirmação de hipóteses levantadas.

Para garantir a qualidade dos dados e usar ferramentas estatísticas, e assim analisar se há uma diferença significante entre a geração no verão e inverno, por exemplo, é necessário estimar alguns valores estatísticos a partir da massa das amostras, realizar inferências e medir a precisão dos resultados (EPA530-D-02-002, 2002; EUROPEAN COMMISSION, 2004; VIANA; SILVEIRA; MARTINHO, 2015).

A interpretação envolve procedimentos estatísticos que relacionem a composição dos resíduos sólidos com a população, onde a média e desvio padrão devem ser obtidos para cada tipo de resíduo analisado. Estes dois parâmetros podem ser utilizados para compreender as características de certa fonte de geração e serem compilados para qualquer tipo de estratificação utilizada no plano de amostragem, por exemplo, grupo demográfico, tipo de comércio ou até para estimar a geração da área total estudada (MCCAULEY-BELL et. al., 1997).

Esta estimativa da geração da área total pode ser feita a partir do Teorema do Limite Central, o qual afirma que a população amostrada repetidas vezes, as médias de todas as amostras tenderão a seguir uma distribuição normal (U.S. EPA, 2000; EPA530-D-02-002, 2002). Isto significa que a estimação da composição gravimétrica do município pode ser calculada a partir da média das médias dos setores.

Segundo a European Commission (2004), o objetivo de realizar inferências estatísticas das amostras é realizar previsões de certo parâmetro baseando-se nas informações da amostra, que sem uma medida de precisão o problema estatístico estará incompleto. Esta precisão dos resultados pode ser obtida através do intervalo de confiança e o nível de significância. O intervalo de confiança desejado é o mais estreito possível, pois isso significa que o resultado

obtido será mais preciso, enquanto que o nível de significância recomendado é aquele com o valor mais próximo possível de 1.

Além disso, os norte-americanos possuem outra norma exclusivamente para tratar da avaliação da qualidade dos dados, sendo esta a EPA QA/G-9 (U.S. EPA, 2000). A mesma afirma para utilizar os dados como suporte de tomada a decisão, estimar um parâmetro da população ou responder questões de pesquisa exploratória, é necessário realizar uma revisão preliminar dos dados.

Esta revisão consiste em dois principais elementos, descrever estatisticamente os dados e fazer a representação gráfica destes. Esta descrição estatística consiste na extração dos valores estatísticos mencionados anteriormente, permitindo uma melhor compreensão dos dados e realizar futuras inferências da população a partir dos dados da amostra. Enquanto que a representação gráfica permite identificar padrões e relações dentro dos dados, confirmar alguma hipótese levantada e identificar problemas potenciais.

A norma EPA530-D-02-002 (2002) recomenda que o teste de normalidade seja feito na etapa de revisão preliminar dos dados. Este tipo de teste é utilizado para verificar se certo conjunto de dados, de uma variável aleatória, é bem modelado por uma distribuição normal.

A motivação de se aplicar este tipo de teste é que a distribuição normal (distribuição gaussiana) é considerada como a distribuição contínua mais importante, pois esta curva representa diversas populações na natureza e a partir dela é possível realizar testes paramétricos (TORMAN; COSTER; RIBOLDI, 2012). Os testes paramétricos são aqueles que utilizam informações numéricas da amostra, como a média e desvio padrão amostrais, para descrição das amostras e possíveis comparações entre diferentes populações (EVERITT; SKRONDAL, 2010).

Segundo Leotti, Birck e Riboldi (2005), a normalidade na distribuição dos dados é necessária para utilizar vários métodos estatísticos e supor independência entre os dados observados. Inclusive, o estudo deles comparou diferentes testes de normalidade e suas respectivas eficiências, enquanto que a norma EPA530-D-02-002 (2002) sugere outros métodos para checar a normalidade dos dados, como por exemplo o teste Shapiro-Wilk. Caso os dados não atendam os requisitos de normalidade, é indicado que se procure outro teste paramétrico que siga a distribuição de probabilidade adotada ou utilizar testes não paramétricos (LEOTTI; BIRCK; RIBOLDI, 2005).

Em contrapartida, o estudo realizado por Edjabou et. al. (2015) aplicou testes estatísticos diferentes dos mencionados até então, sendo estes o teste Kruskal-Wallis e o teste de

permutação para identificar as diferenças entre as áreas de estudos e entre os padrões de habitações (casas e condomínios). Além deste, aplicou-se o teste Kolmogorov-Smirnov para apontar pelo menos uma categoria de resíduo que fosse diferente de forma significativa entre os tipos de habitações dos municípios analisados.

Dessa forma, observa-se que existe uma grande diversidade de possíveis testes estatísticos e análises que podem ser aplicadas em um estudo de análise de composição gravimétrica de resíduos sólidos.

2.6. Trabalhos anteriores realizados em São Carlos

Como os dois trabalhos utilizaram metodologias, quantidade e nomenclaturas de tipos de RD diferentes, a seguir cada um será mais detalhado para melhor compreensão e auxiliar na posterior comparação com os resultados obtidos neste estudo de caso.

O estudo de Gomes (1989) realizou a caracterização no ano de 1988, dividindo os 13 setores de coleta regular da época (Figura 17) em 4 zonas. Em seguida, foi selecionado 1 setor que fosse representativo de cada zona, sendo estes os setores 1, 3, 5 e 7. Para cada caracterização, foi utilizada a metodologia disposta na Figura 18, dividindo os resíduos em 8 tipos, de acordo com o grau de biodegradabilidade. Os tipos adotados por Gomes (1989) e suas respectivas descrições estão dispostas no Quadro 1.

Em contrapartida, o trabalho de Frésca (2007) caracterizou os resíduos gerados em toda a área urbana de São Carlos no ano de 2005, como pode ser visto na Figura 19, totalizando 15 setores. Cada coleta de dados utilizou a metodologia apresentada na Figura 20, dividindo os resíduos em 8 tipos, que estão listados e descritos no Quadro 2.

Figura 17: Setores da coleta regular de São Carlos em 1989.

Fonte: Gomes (1989)

Figura 18: Metodologia utilizada por Gomes (1989) para caracterização física dos resíduos domiciliares de São Carlos.

Quadro 1: Tipos de resíduos adotados no estudo de caracterização física dos resíduos domiciliares de Gomes (1989).

Tipo	Descrição
1. Matéria orgânica	Parte facilmente degradável e consiste em restos de alimentos, folhas de vegetais e outros materiais orgânicos
2. Papel	Materiais celulosíticos, como papeis e papelão (inclui papel de embrulho, papel higiênico, caixas de papelão, folhas de jornais, filtros de café)
3. Trapo	Materiais da família dos tecidos, panos e fios
4. Madeira, couro e borracha	Materiais dificilmente degradáveis (pedaços de madeira, gravetos, pedaços de couro e pedaços de pneus e outros tipos de borracha)
5. Vidro	Garrafas, embalagens de vidro de diversos gêneros alimentícios e também pedaços de materiais cerâmicos
6. Metal	Metais ferrosos e não-ferrosos (arames, tampas de garrafa de bebidas e outras embalagens)
7. Plástico	Engloba os plásticos rígidos e moles (diferentes embalagens de alimentos, os próprios sacos de lixo e pedaços de brinquedos)
8. Inertes	Grupo constituído por pedras, tijolos, terra e outros finos

Figura 19: Mapa da coleta regular de São Carlos em 2007.

Fonte: Vega Engenharia Ambiental (2005, apud Frésca, 2007).

Figura 20: Metodologia utilizada por Frésca (2007) para caracterização física dos resíduos domiciliares de São Carlos.

Fonte: Adaptado de Frésca (2007).

Quadro 2: Tipos de resíduos adotados no estudo de caracterização física dos resíduos domiciliares de Frésca (2007).

Tipo	Descrição
1. Matéria orgânica	Restos de alimentos, folhas vegetais e outros materiais orgânicos encontrados
2. Papel e papelão	Derivados de celulose
3. Plástico filme	*
4. Plástico duro	*
5. Alumínio e metal	*
6. Vidro	*
7. Embalagem longa vida	*
8. Outros	*

*Estes itens não foram detalhados no texto.

Paralelo a este último trabalho, foram realizados outros dois que também coletaram informações no aterro sanitário. Estes trabalhos foram realizados por Matos (2006) e Fernandez (2008).

O primeiro detalhou os tipos de resíduos poliméricos termoplásticos gerados no município de São Carlos, sendo observado que o PET foi a mais frequente e considerado com regularidade na geração, devido ao pequeno desvio padrão, em ambas as estações.

O segundo trabalho teve como objetivo analisar a forma como o gerenciamento dos resíduos domiciliares perigosos era feito, partindo da identificação destes materiais destinados ao aterro sanitário. A autora separava os seguintes materiais: Pilhas; Medicamentos; Aerossóis; Inseticidas; RSS; Tintas/Vernizes/Esmaltes/Solventes; Colas; Lâmpadas Fluorescentes; e Baterias.

Este último trabalho foi considerado nesta pesquisa para selecionar os tipos de resíduos perigosos a serem triados na coleta de dados. Já o primeiro não foi utilizado por não ser o foco do estudo, apesar de ser de extrema importância esta caracterização detalhada dos plásticos para identificar o potencial de reciclagem e direcionar ações para minimizar a geração e destinação inadequada deste resíduo.

Por fim, vale mencionar o trabalho realizado por Mancini (1999), que levantou a situação da coleta informal naquela época através da aplicação de questionários nos depósitos de sucata no município. Uma das conclusões obtidas foi que quase 30% do material reciclável em São Carlos era coletado pelos catadores informais, ou seja, estes trabalhadores são de suma importância para a prática da hierarquia de ações prevista na PNRS e também para o funcionamento de um sistema de logística reversa.

Por questões relacionadas a limitações de recursos e tempo, optou-se por não considerar os catadores informais neste estudo, mesmo sabendo que para se caracterizar todo o resíduo gerado no município estes deveriam ser incorporados na coleta de dados.

3. Metodologia

Primeiramente, será feita uma breve caracterização da cidade de São Carlos para posterior apresentação da metodologia de acordo com a sequência apresentada dos objetivos, conforme indicado na Figura 21.

Figura 21: Esquema simplificado da metodologia utilizada para alcançar cada objetivo escolhido neste trabalho.

Fonte: Autora.

3.1. Área de estudo

O município de São Carlos está localizado no interior do estado de São Paulo, na região centro-leste, com área total de 1.136.907 km² e altitude de 830 m, Figura 22. A população estimada pelo IBGE (2018b) é de 247.088 habitantes para 2018, com salário médio mensal em torno de 3,3 salários mínimos e possui um PIB *per capita* de R\$ 40.435,49, com quase 60% da receita oriunda de fontes externas.

Figura 22: Localização do município de São Carlos (SP).

Fonte: Fabrício (2016)

São Carlos tem as suas nascentes localizadas no próprio município, tendo como os principais córregos que drenam a área urbana os Córregos do Monjolinho, Mineirinho, Gregório, Tijuco, Medeiros, Lazarini, Água Quente e Água Fria (OLIVEIRA, 1996).

O clima do município é considerado como Cwa (classificação de Koeppen), abrangendo toda a região central do Estado, sendo caracterizado pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e períodos de seca no inverno (CEPAGRI, 2018).

Segundo o Cadastro Geral de Empregos e Desempregados (ACISC, 2018), em 2018 São Carlos conta com total 977 indústrias, 1055 estabelecimentos de comércio, 1657 prestadores de serviços e 203 estabelecimentos do setor de agropecuária, extração vegetal, caça e pesca. Dentre as indústrias, destacam-se a Volkswagen, Faber-Castell, Electrolux Tecumseh, Tapetes São Carlos, Toalhas São Carlos e Latina.

Além disso, a cidade possui duas unidades de pesquisa da Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (EMBRAPA), um Centro universitário (UNICEP) e duas grandes universidades (UFSCar e USP) (PMSC, 2019^a).

Segundo Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010), a renda *per capita* mensal média de São Carlos era de R\$1.079,45, com 0,58% da população considerada como extremamente pobre, 2,53% como pobre e com o índice de Gini¹ igual a 0,49. O censo também fez o levantamento da distribuição dos domicílios permanentes por classe de rendimento em salários mínimos (SM), que em 2010 um SM era no valor de R\$510,00, disposto na Tabela 3. Pela Tabela 3, é possível verificar que a maior parte da população de São Carlos em 2010 recebia entre 2 e 5 SM e entre 5 e 10 SM.

Tabela 3 - Distribuição dos domicílios permanentes por classe de rendimento.

Classe de Rendimento	Nº de domicílios	(%)
Sem rendimento	1140	1,6
Até 1/2 SM	581	0,8
Entre 1/2 e 1 SM	2637	3,7
Entre 1 e 2 SM	9422	13,2
Entre 2 e 5 SM	28689	40,1
Entre 5 e 10 SM	18692	26,1
Entre 10 e 20 SM	7400	10,3
Mais de 20 SM	3054	4,3
Total	71615	100

Fonte: Censo IBGE (2010).

O crescimento da cidade foi impulsionado pela economia do café, a qual forneceu recursos financeiros para que os próprios fazendeiros investissem em infraestrutura da cidade como criação de bancos, sistema de água e esgoto, hospitais, escolas e energia elétrica (BARBOSA, 2018). Com a crise do café em 1929, a atividade rural passou a ser substituída pelo trabalho urbano como operários nas oficinas, comércio, fábricas e na construção civil, resultando em uma consolidação da indústria e se destacando dentre as outras cidades do interior do Estado de São Paulo na década de 50 (PMSC, 2019b).

Na segunda metade do século XX, o município teve um impulso no desenvolvimento tecnológico e educacional com a implantação da Escola de Engenharia de São Carlos (USP) e do SENAI na década de 1950, com a fundação da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

¹ É um instrumento usado para medir o grau de concentração de renda, apontando a diferença entre os rendimentos dos mais pobres e dos mais ricos. Este valor varia de 0 a 1, sendo 0 a representação da completa igualdade e 1 completa desigualdade.

na década de 1960 e com a criação do primeiro parque industrial na década de 1970 (PMSC, 2019b). Além disso, em 1984 se instalou em São Carlos a fundação da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), ano este em que o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) convidou a cidade para integrar a rede de polos tecnológicos do Estado de São Paulo (QUAPÁ, 2019).

A ocupação urbana foi feita ocupando os fundos de vale, através da canalização dos córregos, implantando avenidas e marginais e assentamentos por causa das condições topográficas. Isso resultou em um aumento das áreas inundadas e outras condições inadequadas de uso e ocupação do solo (Fantin, Schenk e Peres, 2017). De acordo com Tucci (1997), a urbanização traz consigo três principais fenômenos, sendo estes: (1) aumento das vazões máximas; (2) aumento da produção de sedimentos e produção de resíduos sólidos; e (3) deteriorização da qualidade da água, resultando em uma necessidade de implementar sistemas de saneamento básico² minimamente eficiente para lidar com esses três fenômenos da melhor forma possível.

Em 2018, a empresa responsável pelos serviços de limpeza urbana e tratamento de resíduos era a São Carlos Ambiental, serviços estes que incluem a coleta, transporte, tratamento e disposição final apenas dos resíduos domiciliares e dos serviços de saúde. A partir de uma reunião com os engenheiros ambientais da empresa, foi levantado as principais características da gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos de São Carlos que serão apresentadas a seguir.

A coleta regular dos RD é baseada na divisão da área do município em vinte e quatro setores, os quais possuem frequência de coleta em dias alternados, exceto a região central cuja coleta é feita diariamente. A coleta é feita porta a porta por caminhões compactadores, que após completarem a rota dirigem-se diretamente para o aterro sanitário de São Carlos. Este empreendimento está localizado no km 600 da Rodovia Luís Augusto de Oliveira, equivalendo a aproximadamente 15 km de distância do centro da cidade.

Em relação aos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS), os estabelecimentos geradores deste tipo de resíduo devem se cadastrar para solicitar a coleta e tratamento adequado. Segundo a ANVISA (2006), os RSS são divididos em 5 grupos (A, B, C, D e D) de acordo com sua características e riscos que podem acarretar ao meio ambiente e à saúde (BRASIL, 2006), os quais não serão detalhados por não serem o foco deste estudo.

² Conjunto de serviços, infraestruturas e instalações de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais (MMA, 2019).

Segundo a São Carlos Ambiental, em 2018 a coleta e tratamento dos RSS em São Carlos se referem apenas a aqueles dos grupos A (infectantes) e E (perfurocortantes). Após a coleta no estabelecimento cadastrado, os resíduos são destinados a uma unidade de incineração que está instalado no próprio aterro sanitário do município. Em seguida, os materiais incinerados são triturados e aterrados junto com os resíduos domiciliares.

Além disso, São Carlos conta com a participação da coleta seletiva que teve início em 2002, ano este em que foi criado o Programa Municipal de Coleta Seletiva por meio da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Sustentável, Ciência e Tecnologia. Com o Programa, foram criadas três cooperativas (COOPERVIDA, COOLETIVA e a ECOATIVA), que posteriormente em 2010 foram unificadas e assim, uma única cooperativa passou a atuar em São Carlos, sendo esta a COOPERVIDA (Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis de São Carlos) (NUMI, 2019; SANTIAGO et. al., 2013). Segundo a Presidente da COOPERVIDA, a cooperativa possui um contrato de prestação de serviço com a Prefeitura Municipal, sendo que esta deve fornecer infraestrutura básica e realizar pagamentos no caso de cumprimento de metas determinadas no contrato.

A coleta seletiva no município se encontrava em situação regular no ano de 2018, pois a limitação de recursos resultou em uma menor área abrangida pela COOPERVIDA. Neste ano, a rota da coleta seletiva passava por locais pontuais e o percursos entre estes pontos. Após a coleta, estes materiais eram encaminhados para o barracão da cooperativa, localizado na Rua José Mancini, 615, no bairro Parque São José.

Os pontos coletados pela coleta seletiva são os Eco Pontos, UFSCar, Hotel Ibis, Mapfre, Colégio Tic Tac Toys e Condomínios como o Eldorado, Parque Faber I e II. Porém, a rota exata da coleta entre estes locais não foi disponibilizada para a pesquisa, limitando a informação apenas a lista de bairros que dois dos três caminhões passam coletando os recicláveis. Os bairros são: Centro, Santa Mônica, Cidade Jardim, Jardim Nova Santa Paula, Jardim Paulistano, Parque Delta, Santa Felícia, Santa Marta, Planalto Paraíso, Jardim Cardinalli e Jardim Paraíso.

Após visita ao barracão, a pesquisadora observou como era a logística e funcionamento da cooperativa. O barracão conta com quatro galpões interligados, sendo que cada um deles possui uma finalidade. O primeiro é a área separada para depositar os materiais coletados (Fotografia 1), o segundo é voltado para a triagem manual dos materiais recicláveis por tipo de resíduo (Fotografia 2, 3 e 4), o terceiro é a área de prensagem das embalagens longa vida e plásticos (Fotografia 5), e o quarto é a área administrativa e cozinha. A região frontal

(Fotografia 6) do barracão é destinado para dispor as *bags* contendo os materiais recicláveis após a triagem manual, que ficam ali até serem comercializados.

Fotografia 1: Galpão onde os materiais recicláveis coletados pela COOPERVIDA são depositados antes da etapa de triagem.

Fonte: Autora (18/04/2018)

Fotografia 2: Trabalhadores da cooperativa disposto os materiais sobre a mesa para iniciar a separação dos tipos de materiais recicláveis.

Fonte: Autora (18/04/2018)

Fotografia 3: Trabalhadores da cooperativa separando os diferentes tipos de resíduos recicláveis manualmente.

Fonte: Autora (18/04/2018)

Fotografia 4: Trabalhadores da cooperativa espalhando os resíduos recicláveis sobre a mesa de triagem de forma manual e com auxílio de uma vassoura.

Fonte: Autora (18/04/2018)

Fotografia 5: Embalagens longa vida prensadas e dispostas na área frontal do barracão da cooperativa até serem vendidas.

Fonte: Autora (18/04/2018)

Fotografia 6: Materiais recicláveis separados e dispostos na área frontal do barracão da cooperativa até serem vendidos.

Fonte: Autora (18/04/2018)

Além da coleta porta a porta da coleta seletiva, os cidadãos também possuem a alternativa de destinar seus materiais recicláveis nos Ecopontos do município. Além dos materiais recicláveis os ecopontos também recebem pequenos volumes de Resíduos da Construção Civil (RCC) (até 1 m³), móveis velhos, eletrodomésticos e equipamentos eletroeletrônicos. Segundo a PMSC (2019c), São Carlos possui cinco Ecopontos, sendo que um deles está em reforma/inativo.

É fácil notar que a quantidade de ecopontos e sua distribuição destes na área urbana, Figura 23, de São Carlos não incentiva a população a entregar seus resíduos recicláveis em Eco Pontos, o que facilitaria a logística da coleta. Dos quatro Eco Pontos ativos, todos estão localizados na região mais periférica da cidade do lado oeste, sem contar que dois destes estão posicionados bem próximos um ao outro.

Figura 23: Localização dos Eco Pontos e PEVs de São Carlos em 2018.

Fonte: Autora.

A cidade de São Carlos também conta com um projeto desenvolvido pela Associação Veracidade focada na recuperação dos resíduos orgânicos. O Projeto Gestão Integrada de Resíduos Orgânicos (GIRO) foi criado em 2012 com o objetivo de descentralizar a gestão de resíduos orgânicos com a compostagem nos bairros da cidade e iniciativas de autogestão e educação ambiental.

Neste projeto, os participantes devem destinar seus resíduos orgânicos nos Pontos de Entrega Voluntária (PEV), onde os resíduos são compostados e o produto deste processo é

utilizado na produção de hortaliças como fertilizantes orgânicos. Em 2018, o projeto contava com duas PEVs, uma no bairro Vila Costa do Sol e outra na própria sede da Associação Veracidade, indicados pelas cores rosa e preto na Figura 23.

Por fim, vale mencionar que São Carlos possui o Fórum Comunitário de Resíduos Sólidos de São Carlos-SP (Fórum Comunitário), que busca a reorganização da coleta seletiva, o fortalecimento da COOPERVIDA e a gestão de resíduos sólidos adequada seguindo a PNRS. O Fórum Comunitário foi criado em outubro de 2015 com a união de diversas instituições e sujeitos, como USP Recicla, Associação para Proteção Ambiental de São Carlos (Apasc) e Secretaria Geral de Gestão Ambiental e Sustentabilidade da UFSCar (SGAS) (OLIVEIRA, 2018; FÓRUM COMUNITÁRIO, 2019).

3.2. Proposta metodológica

Para selecionar uma metodologia de caracterização física dos resíduos domiciliares, foi feita uma revisão bibliográfica das metodologias utilizadas para isto e estudos que discorriam sobre a forma de realizar a caracterização.

Os principais trabalhos utilizados para propor uma metodologia foram: Klee, (1993); McCauley-Bell et. al., (1997); U.S. Environmental Protection Agency, (2000); EPA530-D-02-002, (2002); ASTM International, (2003); NBR 10.007, (2004); European Commission, (2004); Petersen, Dahl, Esbensen, (2004); Petersen, Minkinen, Esbensen, (2005); Dahlén e Lagerkvist, (2008); Viana, Silveira e Martinho, (2015); e Edjabou et. al., (2015).

A fundamentação teórica a qual se baseou para propor a metodologia de coleta de dados já foi apresentada no capítulo de Revisão Bibliográfica, na seção “2.5 Caracterização física de resíduos sólidos”, e por isso não será discorrido novamente.

O método foi aplicado no aterro sanitário de São Carlos para coletar os dados da composição dos resíduos domiciliares da coleta regular, no verão e no inverno em dias consecutivos. O período de coleta no verão foi entre os meses de março e abril (06/03 a 06/04) e no mês de agosto (06/08 a 31/08) para o inverno.

Os dados necessários referentes à coleta seletiva foram obtidos diretamente com a cooperativa responsável na cidade, sendo esta a Coopervida. Tais informações foram a massa total de material recebido pela cooperativa, e a massa dos materiais que foram comercializados após a triagem, permitindo estimar a massa de resíduos que não são reciclados no município pela diferença. Este procedimento será melhor apresentado na seção de resultados, juntamente com a metodologia utilizada no aterro sanitário.

3.3. Gravimetria de São Carlos

A partir dos dados coletados, a determinação da gravimetria dos RD de cada setor foi calculada pela razão entre a massa desta fração considerada e a massa total de resíduos, ou seja, a porcentagem do componente “i”. Assim, a determinação da composição gravimétrica do município de São Carlos para o ano de 2018 foi feita através da estimação da média entre os setores e as estações climáticas. A Figura 24 ilustra como que se estimou a composição gravimétrica dos RD de São Carlos para 2018.

Figura 24: Ilustração do processo de estimação da gravimetria dos RD de São Carlos em 2018.

Fonte: Autora.

3.4. Comparação com estudos anteriores

Conforme apresentado no tópico 2.6, as nomenclaturas e tipos de resíduos domiciliares adotadas nos estudos realizados por Frésca (2007), Fernandez (2008) e Gomes (1989) foram diferentes entre si e com esta pesquisa. Por isso, para realizar a comparação foi necessário realizar um pré-tratamento dos dados de forma que os tipos fossem as mesmas e permitir a análise da evolução da gravimetria no tempo.

Como houveram algumas categorias que foram adotados em somente um dos estudos anteriores, isto impossibilitou uma análise da evolução temporal considerando os três anos. Por exemplo, Gomes (1989) considerou “Papel” enquanto que Frésca (2007) adotou “Papel e papelão” como uma única categoria, o que impossibilita saber de fato qual a massa exata só do Papel. Por isso, a comparação de alguns tipos foi feita de forma individual com cada um dos trabalhos anteriores.

A análise da evolução da gravimetria entre os três anos só foi possível de forma direta para os tipos “Matéria orgânica”, “Vidro” e “Metais”. Já os “Plástico filme” e “Plástico rígido”

de 2005 e 2018 foram somados, unificando-os em uma única categoria conforme realizado por Gomes (1989).

Para a comparação com Fernandez (2008) foi necessário somar os três tipos restantes do gravimetria de 2018, que seriam: “Medicamentos, curativos e embalagens de medicamentos e cosméticos”; “Embalagens de tintas, esmaltes, aerossóis e inseticidas”; e “REE”. Para facilitar a compreensão, esquematizou-se em conjuntos os tipos que seriam comparadas, disponível na Figura 25.

Figura 25: Ilustração dos tipos de resíduos comparados entre os dados de 2018 e os trabalhos anteriores.

Fonte: Autora.

Os resíduos do tipo “Papel” e “Inertes/Outros” foram descartados nesta análise porque cada gravimetria considerou materiais diferentes como pertencentes a estas categorias, o que impossibilitou a comparação. No caso de Gomes (1989), o “Papel” incluía os papéis provenientes dos resíduos sanitários e partículas de solo como “Inertes”. Enquanto que a gravimetria de Frésca (2007) e deste trabalho consideraram os resíduos sanitários como “Rejeitos” e “Outros” e as partículas de solo como “Matéria orgânica”.

3.5. Manipulação dos dados

Uma vez que o intuito desta pesquisa é fazer análises estatísticas e estimar dados da população a partir de amostras, é necessário verificar o comportamento destes para aplicar os testes de forma correta. Como apresentado na seção de revisão bibliográfica, alguns testes partem do pressuposto de que os dados são bem representados por uma distribuição normal.

Por isso, a primeira etapa da análise dos dados foi verificar a normalidade dos mesmos e selecionar os tipos de testes e análises estatísticos a serem aplicados.

Dessa forma, os testes de normalidade utilizados neste trabalho serão apresentados nas seções a seguir.

3.5.1. Teste de normalidade

A normalidade dos dados foi verificada através de métodos gráficos (histograma/boxplot e gráfico da probabilidade normal) e métodos numéricos (Teste Shapiro-Wilk), que serão apresentados a seguir.

Histogramas/boxplot

O método gráfico é considerado como um dos mais simples, sendo que a verificação da normalidade é somente de forma visual do histograma³ gerado, através da comparação do formato do histograma com o de uma distribuição normal (formato de sino). Apesar de este método ter como vantagem a simplicidade, o mesmo se mostra problemático para distribuições que não sejam extremamente não normais ou para amostras muito pequenas (EPA QA-G9, 2000; HAIR et. al., 2005).

Os histogramas por tipo de resíduo foram gerados utilizando o Excel, onde parâmetros descritivos da amostra foram calculados para permitir a obtenção da quantidade necessária de intervalos para a geração do histograma.

Primeiro, obtiveram-se alguns valores da população, sendo estes: valor mínimo, valor máximo, média, tamanho da amostra (n), quantidade de classes ($=\sqrt[2]{n}$), incremento ($(Máx.-Mín/N^{\circ} classes)$) e o desvio padrão. Em seguida, observou-se qual a frequência de aparição dos dados dentro da faixa determinada pelo corte, o qual é a soma entre o valor mínimo e o produto entre a classe e o incremento.

Uma vez que a apresentação de cada histograma tornaria a leitura maçante (totalizando 39 histogramas), optou-se por gerar *boxplots* e apresentar os resultados deste teste de uma forma mais condensada. A interpretação do *boxplot* também será feita de forma visual, assim como os histogramas, de forma que para se considerar que um conjunto de dados fosse bem representado pela normal a figura deve ter os quartis extremos bem curtos e os quartis do meio maiores, precisando também ser simétrico, como apresentado na Figura 26.

³ O histograma é a apresentação gráfica da distribuição da frequência de uma única variável

Figura 26: Ilustração explicativa de um boxplot.

Fonte: Autora.

Gráfico da Probabilidade Normal (GPN)

A abordagem do GPN compara a distribuição cumulativa de valores de dados reais com a distribuição cumulativa de uma distribuição normal. Esta última forma uma reta diagonal, a qual é comparada com os dados: se os dados forem bem representados pela normal, a linha que representa os dados se aproxima bem da diagonal. A Figura 27 apresenta diferentes desvios de normalidade e sua representação na probabilidade normal em termos de curtose⁴ e assimetria⁵.

Para esta análise, considerou-se cada tipo de resíduo para cada estação climática e para a média das estações, resultando assim em 39 GPN. O procedimento realizado seguiu as seguintes etapas:

- Ordenar de forma crescente e enumerar a posição de cada dado;
- Calcular a probabilidade acumulada pela equação $Z_{acum} = \left(\frac{n_i - 0,5}{n} \right)$;
- Gerar gráfico dos dados ordenados pelos valores de Z;
- Traçar a linha de tendência e o valor de R^2 da reta;
- Adotar o nível de significância (α) e comparar com o valor de R^2 , se $R^2 > 1 - \alpha$ aceita hipótese nula (dados são bem representados pela distribuição normal), caso contrário, rejeita-se a hipótese nula. Neste trabalho adotou-se $\alpha = 0,05$.

⁴ Medida de elevação/achatamento de uma distribuição se comparada a distribuição normal (HAIR et. al., 2005).

⁵ Medida de simetria de uma distribuição, normalmente a comparação é feita com a distribuição normal (HAIR et. al., 2005).

Figura 27: Gráficos de probabilidade normal e suas respectivas distribuições univariadas.

Fonte: Hair et. al. (2005).

Teste Shapiro-Wilk

Por último, aplicou-se o Teste Shapiro-Wilk por ser considerado como um dos métodos mais comuns, um dos mais eficazes e é indicado por EPA QA-G9, (2000), Hair et. al., (2005), Torman, Coster e Riboldi (2012). Este teste foi proposto em 1965 e é baseado na estatística W (PORTAL ACTION, 2018), dada pela Equação (2):

$$W = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

Onde:

$\bar{x}$ – Média dos valores da amostra;

x_i – Valores da amostra ordenados (x_1 é o menor);

b – Constante determinada a partir da Equação 3;

$$b = \begin{cases} \sum_{i=1}^{n/2} a_{n-i+1} * (x_{n-i+1} - x_i), & \text{se } n \text{ é par} \\ \sum_{i=1}^{(n+1)/2} a_{n-i+1} * (x_{n-i+1} - x_i), & \text{se } n \text{ é ímpar} \end{cases} \quad (3)$$

Os valores de a_{n-i+1} são constantes geradas pelas médias, variâncias e covariâncias das estatísticas de ordem de uma amostra de tamanho “n” de uma distribuição normal. Estes valores são tabelados e estão disponíveis no ANEXO A.

Após calcular W, compara-se o mesmo com o valor crítico da estatística W, apresentado no ANEXO B. Esta tabela apresenta diferentes valores críticos de acordo com o nível de significância adotado e a quantidade de amostras “n”. Os passos para a aplicação do teste estão mais detalhados na Figura 28.

Figura 28: Etapas para aplicação do Teste Shapiro-Wilk

Fonte: Autora.

3.5.2. Análise dos fatores influentes sobre a gravimetria

Uma vez que os dados obtidos não passaram nos testes de normalidade, os testes estatísticos utilizados foram os não paramétricos, como pode ser visto na Figura 29. Assim, o teste Mann-Whitney e a correlação de Spearman será brevemente explicado a seguir.

Vale ressaltar que entre as duas coletas a empresa responsável pela coleta realizou uma pequena alteração no mapa dos setores, buscando melhorias no gerenciamento na etapa de coleta dos resíduos sólidos urbanos. Assim, para realizar os testes de normalidade da média dos setores e fazer os testes da influência de sazonalidade foi necessário fazer uma adaptação para garantir que a comparação fosse da mesma área.

Os setores que foram comparados para manter a mesma área foram:

- a) Setor 24 (inverno) com setor 10 (verão)

b) Setor 10 (inverno) com setor 15 (verão) ⁶

Figura 29: Esquemas dos testes estatísticos não paramétricos aplicados para verificar as hipóteses levantadas.

*aplicado para cada tipo de resíduo

**correlação entre aspectos socioeconômicos e gravimetria de cada tipo de resíduo

Fonte: Autora.

O teste Mann-Whitney é baseado nos postos dos valores obtidos combinando-se as duas amostras. Isso é feito ordenando-se esses valores, do menor para o maior, independentemente do fato de qual população cada valor provém. Para o uso deste teste supõe-se que os conjuntos de dados a serem analisados são independentes e de populações diferentes. Este teste é recomendado para os casos em que os dados não seguem a normalidade, se mostram heterogêneos ou possuem um $n < 30$.

Este teste se baseia na estatística U, que foi calculada neste trabalho através da ferramenta “Mann-Whitney U Test Calculator” (SOCIAL SCIENCE STATISTICS, 2018), que retornava diretamente o valor de U.

Utiliza-se o p-valor calculado pelo teste para determinar se a diferença entre as medianas das populações é estatisticamente significativa. Se $p\text{-valor} \leq \alpha$, deve-se rejeitar a hipótese nula,

⁶ Como o setor 15 não foi caracterizado no verão, utilizou-se a média dos setores 14 e 16, pois o 15 se encontrava entre estes dois setores

ou seja, é possível concluir que a diferença entre as medianas dos dois grupos é estatisticamente significativa. Neste caso, consideraria que há evidências de que a gravimetria entre as estações são diferentes entre as duas estações climáticas. Caso contrário, se $p\text{-valor} > \alpha$ não se deve rejeitar a hipótese nula, pois não há evidências suficientes para concluir que a diferença entre as medianas da população é estatisticamente significativa.

Este teste foi feito entre as gravimetrias do verão e do inverno, para identificar se há ou não diferença entre estas duas populações, e entre os setores com e sem coleta seletiva. Para esta última análise consultou-se a cooperativa para levantar a rota que a mesma segue para diferenciar os setores que contam com a mesma.

Já a correlação de Spearman avalia relações, lineares ou não, entre duas variáveis. Esta correlação pode ser classificada como alta quando observações tiverem uma classificação semelhante, o que resultaria em $\rho=1$ ou $\rho=-1$, onde o sinal positivo indica se um conjunto de variáveis vai aumentar se o outro também aumentar, enquanto o negativo indica o oposto.

Para esta análise, primeiro estimou-se a gravimetria média de cada setor (entre as duas estações), para em seguida verificar se a renda média familiar mensal e nível de escolaridade influenciaria na porcentagem de cada tipo de resíduo nos setores. Dessa forma, esta etapa retornou 13 valores de ρ , um para cada categoria.

As etapas desta análise são:

- a) Colocar em colunas as variáveis desejadas X_i e Y_i , neste caso X_i : porcentagem da gravimetria de cada tipo de resíduo e Y_i : renda média e escolaridade da população;
- b) Atribuir posição para Y_i ;
- c) Ordenar de forma crescente X_i , de tal forma que a posição das variáveis Y também sigam este novo ordenamento;
- d) Calcular a diferença das posições (d_i);
- e) Calcular o quadrado das diferenças (d_i^2)
- f) Calcular ρ pela equação (1):

$$\rho = 1 - \frac{6 \cdot \sum d_i^2}{n \cdot (n^2 - 1)} \quad (1)$$

3.5.3. Levantamento dos aspectos socioeconômicos da população

Para realizar este levantamento, aplicaram-se questionários na população englobando perguntas sobre o nível de escolaridade e renda familiar. Além disso, o questionário também incluiu perguntas referentes à geração de resíduos da família e alguns aspectos sobre a segregação na fonte (materiais recicláveis e matéria orgânica) e qual o destino deste(s) tipo(s) de resíduo(s) quando separado.

Para garantir a representatividade da população ao aplicar o questionário, calculou-se o tamanho da amostra a partir da Equação 4, conforme proposto por Krejcie e Morgan (1970).

$$S = \frac{X^2 N P (1 - P)}{d^2 (N - 1) + X^2 P (1 - P)} \quad (4)$$

Onde:

S – Tamanho da amostra

X² - 3,841 (valor de tabela do qui-quadrado para nível de confiança de 0,05)

N – Tamanho da população (número de habitações)

P – Proporção da população (assumida como 0,5)

d – índice de precisão (0,05)

Assim, o único dado que faltava para calcular o tamanho da amostra é o tamanho da população, o qual foi extraído do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010). Segundo o Censo, o município de São Carlos possuía 71.613 domicílios, sendo este o valor adotado para calcular o tamanho da amostra, o que resultou em um S= 382. Como o intuito é obter respondentes de todos os setores, dividiu-se este número pela quantidade de setores caracterizados no verão, resultando assim em um S=25,5 por setor no mínimo. Como a quantidade de questionários só pode ser em números inteiros, a quantidade de questionários aplicados em cada setor foi de 26, totalizando no final em um S=390.

Em vez de mapear os bairros e selecionar as residências de forma aleatória, optou-se por abordar os cidadãos nas ruas em locais com grande fluxo de pessoas, como por exemplo, o Mercado Municipal de São Carlos e a Rodoviária. Caso algum bairro não atingisse a quantidade mínima de respostas necessárias, a pesquisadora iria diretamente ao bairro para aplicar os questionários necessários.

Para fins éticos, primeiro apresentava-se o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Em seguida, se o cidadão se mostrava de acordo com o TCLE, o questionário era aplicado. O TCLE e o modelo do questionário estão disponíveis no APÊNDICE B e APÊNDICE C, respectivamente.

3.6. Estimar gravimetria do município a partir de menos setores

O tipo de agrupamento escolhido para este trabalho foi a Análise de Agrupamento Hierárquica Aglomerativa (AAHA), o que significa que os conjuntos são formados a partir de elementos isolados. As etapas desta análise podem ser vistas na Figura 29, e serão explicadas em seguida.

Figura 30: Etapas necessárias para a análise de agrupamento.

Fonte: Autora.

Devido a quantidade de setores e de categorias, optou-se por utilizar ferramentas computacionais para realizar os agrupamentos desejados, com o objetivo de eliminar a ocorrência de erros. Utilizou-se a Linguagem de Programação Python, versão 3.6.4 e a interface Spyder 3.2.6. O código utilizado está no APÊNDICE D, que foi obtido no SCIPY.ORG, (2018).

A primeira etapa consiste em medir a semelhança entre os objetos, no caso os setores de São Carlos da coleta regular, representando o grau de correspondência entre os objetos no decorrer de todas os tipos de resíduos usadas nesta análise.

Existem diversas formas de se medir a similaridade entre objetos, podendo ser medidas correlacionais ou de distância. Como a primeira medida não é normalmente utilizada, neste estudo serão aplicadas medidas de distância. Esta representa a similaridade como proximidade de observações umas com as outras ao longo das variáveis estatísticas de agrupamento, neste estudo a medida de distância foi calculada pela distância euclidiana, Figura 31.

Figura 31: Exemplo geométrico para calcular distância euclidiana.

$$d_{1,2} = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

Fonte: Autora.

Esta distância foi calculada para todas as combinações dois a dois possíveis de setores, resultando em uma matriz de distância euclidiana. Elaborou-se esta matriz de distância duas vezes, referente aos dados do verão e inverno. A estrutura da matriz pode ser visualizada no Quadro 3.

Quadro 3: Esquema exemplificando as distâncias calculadas para a análise de agrupamento.

Matriz de distâncias							
Objetos	1	2	3	4	5	6	7
1	0	-	-	-	-	-	-
2	D(1,2)	0	-	-	-	-	-
3	D(1,3)	D(2,3)	0	-	-	-	-
4	D(1,4)	D(2,4)	D(3,4)	0	-	-	-
5	D(1,5)	D(2,5)	D(3,5)	D(4,5)	0	-	-
6	D(1,6)	D(2,6)	D(3,6)	D(4,6)	D(5,6)	0	-
7	D(1,7)	D(2,7)	D(3,7)	D(4,7)	D(5,7)	D(6,7)	0

Em seguida, estas distâncias são ordenadas de forma crescente, permitindo identificar quais objetos são mais próximos para dar início ao processo de formação de grupos. No primeiro nível da etapa de formação de grupos a quantidade de grupos existentes é igual ao número de objetos, neste exemplo apresentado no Quadro 3 é igual a sete. Aqueles objetos que tiverem a menor distância são agrupados, formando 1 grupo de 2 objetos, resultando em uma quantidade total de grupos de 6. Este procedimento de identificar a menor distância e formar grupos é realizado até que resulte em um único grupo contendo todos os objetos. No final desta etapa será gerado um dendrograma de forma que facilite a visualização dos grupos formados, como pode ser visto na Figura 32.

Figura 32: Exemplo ilustrativo de um dendrograma resultante da análise de agrupamento hierárquica aglomerativa.

Fonte: Autora.

Por fim, a escolha de uma solução final de agrupamentos depende da homogeneidade dos grupos formados em cada nível, para isto considerou-se o corte na linha que indica 70% da distância máxima. A partir desta solução final, realizou-se a estimação da média entre um setor de cada grupo, de forma que todas as combinações possíveis fossem consideradas. Em seguida, calculava-se a distância entre estas estimativas após agrupamento e a gravimetria real (obtida na coleta de dados), para posterior escolha do grupo cuja distância fosse a menor.

Este mesmo procedimento foi realizado para comparar as estimativas dos grupos com a média da gravimetria de cada estação, e verificar se a melhor combinação para cada estação é a mesma e se os tipos de resíduos mais bem representados são iguais ou diferentes.

4. Resultados e Discussão

4.1. Proposta metodológica para gravimetria da coleta regular

Para a elaboração do plano de coleta, a empresa São Carlos Ambiental forneceu o mapa⁷ da setorização da cidade e a frequência de coleta de cada setor. Assim, os dias foram selecionados para que a amostra ficasse o mínimo de tempo possível exposto no aterro, para evitar qualquer influência externa, como decomposição da matéria orgânica e alteração da massa dos tipos de resíduos por causa da chuva.

Inicialmente, o intuito era realizar a caracterização física dos RD de todos os 24 setores do município de São Carlos no verão e no inverno. Porém, isto não foi possível por conta de alguns imprevistos que surgiram na primeira campanha de coleta de dados.

O primeiro imprevisto foi na obtenção de voluntários para auxiliar na etapa de amostragem e triagem dos materiais: considerou-se no planejamento que uma quantidade mínima aceitável de pessoas para ir a campo fossem quatro, incluindo a aluna responsável pelo projeto, e quando esta quantidade não era atendida optava-se por não realizar a coleta de dados. Porém, a experiência obtida em campo permitiu verificar que quatro pessoas é suficiente para uma amostra com massa entre 40 e 60 kg, o que significa que para seguir as recomendações de Klee (1993) o ideal seria uma equipe de 10 pessoas aproximadamente.

O segundo problema foi a ocorrência de chuvas, pois o local era descoberto, a chuva iria interferir na massa de apenas alguns tipos de resíduos, como matéria orgânica e papel, o que resultaria em uma gravimetria não condizente com a realidade. Por isso, optou-se por não realizar a caracterização nos dias chuvosos.

Apesar disso, a coleta foi realizada em quase 2/3 dos setores do município, totalizando 15 setores caracterizados no verão e 13 no inverno, no inverno a quantidade de setores caracterizados foi menor por causa da dificuldade de se obter voluntários na segunda campanha de coleta de dados. A escolha dos setores a serem caracterizados foi feita em reunião com a empresa São Carlos Ambiental, buscando a maior representatividade do município em relação à localização e perfil populacional.

⁷ Por questões de sigilo da empresa não foi possível anexar o mapa no texto. Por isso, o APÊNDICE E apresenta a lista de bairros pertencentes a cada setor caracterizado neste trabalho.

Outra dificuldade foi a inviabilidade de se ligar a balança próxima ao local onde foi feita a caracterização, pois o gerador existente no Aterro Sanitário de São Carlos estava com problemas na entrada da tomada e faltaram recursos financeiros para alugar um gerador para este período. A falta da balança impediu que o tamanho da amostra fosse controlado, como o desejado, precisando que a equipe estimasse visualmente a massa retirada da amostra mãe.

Dessa forma, as duas maiores limitações deste estudo é o tamanho da amostra “n”, pois a caracterização foi feita 28 vezes, quando o planejado era 48, e a massa amostrada de resíduos, que foi abaixo do desejado. Mesmo assim, a coleta em campo foi realizada assumindo-se os possíveis riscos relacionados a representatividade da população e significância estatística. As idas a campo foram em dias corridos, nos meses de março e abril (06/03 a 06/04) e no mês de agosto (06/08 a 31/08).

O procedimento realizado em campo, isto é, no aterro sanitário, foi baseado na NBR 10.007 (ABNT, 2004), em normas internacionais (ASTM INTERNATIONAL, 2003; EUROPEAN COMMISSION, 2004) e em estudos científicos relacionados à metodologia de caracterização de resíduos sólidos (apresentados na revisão bibliográfica).

Após analisar todos estes documentos, selecionaram-se os procedimentos de forma que minimizasse os sete possíveis erros na etapa de amostragem, segundo a Teoria de Amostragem desenvolvida por Gy (1950, apud PETERSEN; MINKKINEN; ESBENSEN, 2005). A metodologia final para a coleta de dados em campo no aterro sanitário pode ser vista na Figura 33.

Figura 33: Procedimento utilizado na caracterização física dos RD para coleta de dados no aterro sanitário de São Carlos em 2018.

Fonte: Autora.

A semelhança entre a metodologia aplicada na gravimetria de 2018 e 2007 é perceptível, mudando apenas na forma de aplicação do método de quarteamento. Frésca (2007) dividiu a massa total em 16 pequenos montes e eliminava 8 deles, resultando em uma massa de amostra final próxima à metade da massa anterior ao quarteamento. Enquanto que neste trabalho, a amostra era dividida em apenas quatro montes, que após eliminar dois destes, se realizava a homogeneização e divisão em quatro montes de novo.

Os procedimentos adotados para minimizar os erros apresentados na Teoria de Amostragem podem ser observados na lista a seguir:

- Erro de flutuação de heterogeneidade em longo prazo: coletar amostras de diferentes regiões da área urbana do município;
- Erro de flutuação de heterogeneidade periódica: coletar amostras em duas estações climáticas (verão e inverno) e evitando dias atípicos (carnaval e copa mundial de futebol);
- Erro fundamental de amostragem: não há como evitar este erro;

- d) Erro de agrupamento e segregação: homogeneizar a amostra para distribuir as partículas e materiais de forma mais uniforme possível;
- e) Erro da delimitação do incremento: garantir que o material será posicionado no quadrante adequado, de acordo com o centro de massa;
- f) Erro da extração do incremento: evitar a saída e entrada de partículas da amostra da área delimitada para a caracterização;
- g) Erro de preparação: não desconsiderar certa partícula ou material que fique agregado nos instrumentos da coleta de dados.

Após a descarga do caminhão (previamente selecionado), uma escavadeira homogeneizava e espalhava o material para facilitar a retirada de amostras de forma aleatória para compor a amostra A'. Uma vez que não foi possível ligar a balança perto do local de amostragem, a retirada de amostras foi feita até que a equipe presente concordasse que fosse viável manusear a amostra na etapa de homogeneização e quarteamento dentro da lona para evitar ao máximo que os erros do tipo F e G ocorressem.

Em seguida, estas amostras eram dispostas na lona para posterior homogeneização, etapa que era feita com o auxílio de rastelos e pás de forma manual, até que a equipe em campo concordasse que a amostra estava suficiente homogênea e distribuída de forma uniforme. Assim, dava-se início ao processo de divisão em quatro montes iguais para permitir a eliminação de dois montes posicionados em lados opostos, escolhidos de forma aleatória através de sorteio. Após a eliminação destes dois montes, realizava-se mais uma homogeneização e quarteamento, sendo que a segunda eliminação eram dos quadrantes que permaneceram na primeira etapa.

Para iniciar a separação dos tipos de resíduos, os materiais foram dispostos em quatro fileiras para que este procedimento fosse mais eficiente. Cada integrante da equipe ficava responsável por coletar um único material específico, passando em cada fileira de forma sequencial, como ilustrado pela Figura 34.

Os primeiros materiais coletados eram aqueles de mais fácil identificação, como as “Papelão”, “Embalagens longa vida”, “Vidro”, “Metais”, “Plástico rígido” e “Têxteis, couro e borracha”. Em seguida, os tipos de resíduos “Papel”, “Plástico filme”, “Medicamentos, curativos e embalagens de medicamentos e cosméticos” e “Embalagens de tintas, esmaltes, aerossóis e inseticidas” eram triados, para no final restarem somente os tipos “Matéria orgânica” e “Rejeitos”.

Figura 34: Ilustração do procedimento de triagem utilizado na coleta de dados no aterro sanitário de São Carlos em 2018.

Fonte: Autora.

Os tipos escolhidos para este estudo de caso foram baseados nos estudos de Gomes (1989), Frésca (2007) e Fernandez (2008), que serão detalhadas a seguir:

- a) Matéria orgânica: material biodegradável, como restos de alimentos, partículas de solo, casca de frutas, etc;
- b) Papel: folha sulfite, folhetos de supermercado, papel pardo, etc;
- c) Papelão: material pardo com mais de uma camada, normalmente com uma camada ondulada no meio;
- d) Plástico filme: plásticos finos, de fácil deformação, como embalagens de alimentos;

- e) Plástico rígido: plásticos com resistência maior, de difícil deformação, como brinquedos, embalagens de líquidos e produtos de limpeza;
- f) Vidro: material transparente, colorido ou não, usado para embalar bebidas, incluindo os pedaços menores (cacos de vidro);
- g) Metais: todas as embalagens composta por metais ferrosos e não ferrosos, como latas de alimentos em geral;
- h) Embalagem longa vida: embalagens de multicamadas para conservar e transportar líquidos, como embalagens de leite e sucos;
- i) Têxteis, couro e borracha: materiais da família dos tecidos, pedaços de couro e borracha;
- j) REE: resíduos eletroeletrônicos;
- k) Medicamentos, curativos e embalagens de medicamentos e cosméticos: embalagens de medicamentos, cosméticos e higiene pessoal, e curativos, como band-aid e gaze usada;
- l) Embalagens de tintas, esmaltes, aerossóis e inseticidas: todos os produtos considerados como inflamáveis, corrosivos ou solventes;
- m) Rejeitos: todo o material não recuperável (ex: papel higiênico usado, cápsulas de café, fraldas, absorventes, fio dental) ou os materiais que não se enquadravam em nenhuma categoria anterior.

Ao finalizar esta etapa, os resíduos triados e ensacados eram levados para a área próxima à entrada do aterro sanitário com o auxílio de caminhões de caçamba basculantes. A razão do deslocamento dos resíduos triados para a entrada do aterro era para conseguir realizar a pesagem, pois a portaria do aterro tinha a tomada onde era possível ligar a balança e realizar a pesagem e registro das massas. Inclusive, a massa da amostra só era obtida nesta etapa no final deste procedimento pela soma das frações. A ficha utilizada para realizar o registro das massas está disponível no APÊNDICE F.

Por fim, estes dados foram computados para permitir posteriores análises e aplicação de testes estatísticos. Para fins ilustrativos, a seguir estarão as principais etapas da coleta de dados no aterro sanitário, apresentadas em fotografias.

Fotografia 7: Massa total dos resíduos domiciliares descarregado em área isolada para ser adotada como amostra mãe no aterro sanitário de São Carlos.

Fonte: Autora (06/03/2018).

Fotografia 8: Escavadeira espalhando a amostra mãe para facilitar o processo de escolha de pontos aleatórios para compor a amostra A' no aterro sanitário de São Carlos.

Fonte: Autora (13/03/2018).

Fotografia 9: Pesquisadora selecionando amostras de forma aleatória para compor a amostra A' no aterro sanitário de São Carlos.

Fonte: Autora (08/08/2018).

Fotografia 10: Divisão da amostra homogeneizada em quatro montes para realizar o método de quartearamento no aterro sanitário de São Carlos.

Fonte: Autora (08/03/2018).

Fotografia 11: Voluntários realizando a separação dos tipos de resíduos da caracterização física dos RD no aterro sanitário de São Carlos em 2018.

Fonte: Autora (09/03/2018).

Fotografia 12: Pesquisadora realizando a pesagem e registro das massas dos diferentes tipos de resíduos na entrada do aterro sanitário de São Carlos em 2018.

Fonte: Autora (08/08/2018).

4.2. Metodologia para coleta de dados da coleta seletiva

Em relação a coleta seletiva, o planejamento inicial era fazer a triagem e pesagem de todo o material reciclável recebido pela cooperativa do município. Porém, também houveram alguns imprevistos que impediram a realização do procedimento desejado, sendo necessário adaptar a metodologia prevista.

A principal dificuldade foi relacionada à balança para realizar as pesagens, pois a mesma era muito pequena para caber todo o material triado pela equipe da cooperativa. Na prática, não era possível posicionar a *bag* dos materiais triados na balança sem que parte do material encostasse no chão, além de não ser possível visualizar o visor que indicava a massa. Uma possibilidade viável seria adquirir balanças de gancho digital, para que assim a pesagem real dos materiais triados fossem registrados diretamente. Porém, por falta de recursos financeiros esta possibilidade foi descartada.

Assim, optou-se por mensurar a massa de uma *bag* cheia de cada material e contabilizar quantas *bags* seriam preenchidas, para posterior estimação da massa total. Entretanto, observou-se que enquanto a pesagem de uma *bag* era feita várias outras foram completadas e posicionadas na área frontal do galpão, ou seja, dados foram perdidos. Por isso, este procedimento também foi descartado e a mensuração da massa de material reciclado foi feito a partir dos dados disponibilizados pela própria cooperativa. Estes dados se referiam ao controle de vendas da COOPERVIDA, onde possuíam informações das massas de materiais recicláveis recebidas e vendidas, para cada tipo, como pode ser visto na Fotografia 13.

Assim, a massa de resíduos não recicláveis destinados para a coleta seletiva em São Carlos foi estimada através de um simples balanço de massa, representado pela Equação 5.

$$\textbf{Massa}_{total\ recebida} = \textbf{Massa}_{recicláveis\ vendida} + \textbf{Massa}_{rejeitos} \quad (5)$$

Onde:

Massa total recebida: massa de todo material reciclável coletado pela COOPERVIDA

Massa recicláveis vendida: massa total dos materiais recicláveis vendidos pela COOPERVIDA

Massa rejeitos: massa dos resíduos que não são recicláveis pela COOPERVIDA

Como a coleta dos dados foi feita de forma indireta, isto é, através das informações fornecidas pela cooperativa, optou-se pelos dados referentes ao mesmo intervalo de tempo que a aluna realizou a gravimetria no aterro sanitário.

Fotografia 13: Caderno controle de vendas da COOPERVIDA com os dados utilizados para estimar a gravimetria dos materiais recicláveis de São Carlos em 2018.

DATA	Comprador	material	Quantidade	Valor	total
08/02/18	Demotécnica	Isopor	483	0,60	289,80
março 2018					
03.03.18	Edgar	Garifalhos	180	0,15	27,00
06.03.18		Máquina	4	10,00	40,00
07.03.18		Pedaços microondas	6	1,00	6,00
07.03.18	Petro Ecol	Wisk	40 des	1,00	40,00
09.03.18		Wisk	9	1,00	9,00
12.03.18		PVC	460	0,80	368,00
09.03.18	Peta	Misto	1400	0,15	210,00
09.03.18	Peta	P. Branco	2.120	0,32	678,40
09.03.18	Peta	P. Fino	890	0,30	267,00
09.03.18	Peta		1.400	0,32	448,00

Fonte: Autora (20/04/2018)

4.3. Gravimetria de São Carlos

4.3.1. Coleta Regular

Primeiro serão apresentados os dados coletados no aterro sanitário para as duas estações climáticas, nas Tabelas 4 e 5. As Tabelas indicam também a data e dia da semana de ida a campo.

A composição gravimétrica dos resíduos domiciliares de São Carlos para 2018 foi estimada pela média das médias de cada estação climática, como pode ser visto na Tabela 6. Apesar dos dados não terem seguido a normalidade, como será visto posteriormente, optou-se por obter a gravimetria do município pela média em vez da mediana, porque a diferença foi muito pequena e assim, o método de estimação seria igual aos estudos anteriores.

Tabela 4 - Dados coletados no inverno referentes à coleta regular de São Carlos, por setor e por tipo de resíduo (%).

Data de coleta (dd/mm/aaaa)	Dia da semana	Setor	MO	Papel	Papelão	Plástico Filme	Plástico Rígido	Vidro	Metais	Embalagens Longa Vida	Têxteis, Couro e Borracha	REE	Medicamentos, curativos e embalagens de medicamentos e cosméticos	Embalagens de tintas, esmaltes, aerossóis e inseticidas	Rejeitos
08/08/2018	Quarta	2	24,31	13,14	7,25	6,47	12,40	0,87	1,57	2,55	6,26	4,12	0,74	0,41	19,90
27/08/2018	Segunda	3	31,16	5,42	3,87	7,54	8,23	4,78	1,63	1,55	2,54	1,44	1,02	0,23	30,59
29/08/2018	Quarta	4	46,35	5,76	3,90	6,12	4,88	2,62	3,11	1,51	4,88	0,10	0,59	1,18	19,02
16/08/2018	Quinta	6	38,08	2,12	7,26	7,86	6,28	0,13	1,40	0,89	1,17	1,27	1,68	0,41	31,45
14/08/2018	Terça	7	40,14	3,09	3,87	7,05	10,10	10,06	1,13	0,87	2,18	3,74	2,70	0,00	15,06
17/08/2018	Sexta	8	52,87	3,87	4,46	2,47	6,10	1,32	1,21	0,97	1,96	0,08	0,59	0,43	23,68
21/08/2018	Terça	10	46,47	3,45	3,21	4,47	5,43	6,14	0,89	1,60	4,84	0,37	0,96	0,09	22,08
23/08/2018	Quinta	12	45,65	1,99	4,94	4,59	7,51	5,33	1,64	1,44	3,53	0,00	0,48	0,00	22,91
30/08/2018	Quinta	14	41,72	4,60	2,60	5,76	6,97	3,46	1,64	1,64	2,17	0,00	1,29	0,45	27,67
28/08/2018	Terça	16	38,90	3,60	2,53	6,40	7,23	0,88	1,71	3,11	2,80	1,65	1,04	0,58	29,57
22/08/2018	Quarta	20	32,73	6,33	5,80	6,61	9,19	3,64	2,24	1,43	11,12	0,06	0,20	0,87	19,78
24/08/2018	Sexta	23	39,68	5,07	7,03	6,78	6,33	4,13	1,23	1,17	8,23	0,85	1,42	0,22	17,87
31/08/2018	Sexta	24	35,24	8,72	5,43	8,27	8,96	5,88	1,62	2,55	1,91	0,04	0,49	0,41	20,48

Tabela 5 - Dados coletados no verão referentes a coleta regular de São Carlos, por setor e por tipo de resíduo (%) no verão.

Data de coleta (dd/mm/aaaa)	Dia da semana	Setor	MO	Papel	Papelão	Plástico Filme	Plástico Rígido	Vidro	Metais	Embalagens Longa Vida	Têxteis, Couro e Borracha	REE	Medicamentos, curativos e embalagens de medicamentos e cosméticos	Embalagens de tintas, esmaltes, aerossóis e inseticidas	Rejeitos
09/03/2018	Sexta	2	40,47	12,77	2,76	6,58	9,32	0,52	3,68	0,62	5,34	0,80	0,92	0,37	15,85
06/03/2018	Terça	3	31,32	10,30	4,75	5,48	5,30	2,76	2,11	0,00	3,21	0,00	0,91	0,13	33,72
13/03/2018	Terça	4	44,09	2,47	8,07	6,52	9,03	1,88	1,82	2,09	1,31	0,21	0,21	0,51	21,81
15/03/2018	Quinta	6	25,39	7,13	3,81	6,25	11,96	0,31	1,40	0,91	4,88	0,67	1,24	0,88	35,17
20/03/2018	Terça	7	44,46	3,04	2,76	12,34	4,48	0,02	1,06	0,59	0,59	0,02	0,88	0,09	29,65
21/03/2018	Quarta	8	30,72	3,34	4,05	10,05	7,66	0,92	5,96	1,43	1,36	0,24	0,78	0,51	32,97
27/03/2018	Terça	10	34,58	5,81	2,53	6,62	7,40	6,23	2,05	3,15	7,79	0,58	0,16	0,00	23,08
05/04/2018	Quinta	12	42,40	1,84	3,29	4,84	5,97	3,49	0,36	0,94	4,97	0,00	2,26	0,65	29,00
14/03/2018	Quarta	13	34,07	2,39	2,80	6,54	6,44	3,71	0,37	0,86	9,85	0,21	0,91	0,56	31,28
02/04/2018	Segunda	14	47,88	2,51	5,62	5,22	4,15	5,75	1,01	0,88	1,60	0,00	0,94	0,69	23,75
19/03/2018	Segunda	16	38,36	2,70	4,23	5,28	8,52	1,40	1,84	1,24	4,07	0,00	1,56	0,54	30,25
28/03/2018	Quarta	19	32,09	5,06	4,60	9,12	7,03	1,00	0,92	2,05	8,20	0,29	1,51	0,00	28,12
08/03/2018	Quinta	20	21,62	8,29	3,37	5,53	4,45	0,22	1,01	1,03	4,48	1,08	0,81	1,50	46,61
06/04/2018	Sexta	21	33,05	5,04	5,62	7,52	6,66	5,54	1,40	2,74	10,51	0,25	0,65	1,08	19,94
23/03/2018	Sexta	23	31,60	3,58	7,86	4,50	4,28	2,36	2,75	0,70	11,65	0,35	0,70	0,35	29,33

Tabela 6 - Cálculo da gravimetria do município de São Carlos para o ano de 2018.

	São Carlos (inverno)	São Carlos (verão)	São Carlos (2018)
MO	39,48	35,47	37,48
Papel	5,16	5,08	5,13
Papelão	4,78	4,41	4,59
Plástico filme	6,18	6,83	6,51
Plástico rígido	7,66	6,84	7,25
Vidro	3,78	2,41	3,10
Metais	1,61	1,85	1,73
Embalagem Longa Vida	1,63	1,28	1,46
Têxteis e couro	4,12	5,32	4,72
REE	1,05	0,31	0,68
Medicamentos, curativos e embalagens de medicamentos e cosmético	1,01	0,96	0,99
Embalagens de tintas, esmaltes, aerossóis e inseticidas	0,40	0,52	0,47
Rejeitos	23,08	28,70	25,89

Figura 35: Representação gráfica da gravimetria de São Carlos em 2018.

Apesar da caracterização física dos resíduos domiciliares não ter atingido a massa desejada, verificou-se que a dispersão e o erro padrão dos dados de 2018 se mostraram semelhantes aos de Frésca (2007) e Gomes (1989), como pode ser visto na Tabela 7.

Tabela 7: Gravimetria média, desvio padrão e erro padrão dos estudos Gomes (1989), Frésca (2007) e este trabalho.

Tipo de Resíduo	Gomes (1989)			Frésca (2007) e Fernandez (2008)			Kim (2019)		
	Média	Desvio Padrão	Erro padrão	Média	Desvio Padrão	Erro padrão	Média	Desvio Padrão	Erro padrão
Matéria orgânica	56,71	3,73	1,32	58,46	9,18	1,68	37,34	7,59	1,43
Papel	21,30	5,29	1,87	6,47	3,16	0,58	5,12	3,08	0,58
Papelão	-	-	-				4,58	1,69	0,32
Plástico filme	8,48	1,95	0,69	8,00	2,22	0,41	6,53	1,90	0,36
Plástico rígido				2,89	0,88	0,16	7,22	2,16	0,41
Vidro	1,14	0,51	0,18	1,68	0,86	0,16	3,05	2,48	0,47
Metais	5,35	1,07	0,38	1,30	0,39	0,07	1,74	1,11	0,21
Embalagens longa vida	-	-	-	0,93	0,29	0,05	1,45	0,80	0,15
Têxteis, couro e borracha	6,09	2,86	1,01	-	-	-	4,76	3,27	0,62
REE	-	-	-	0,22	0,19	0,03	0,66	1,04	0,20
Medicamentos, curativos e embalagens de medicamentos cosméticos	-	-	-				0,99	0,58	0,11
Embalagens de tintas, esmaltes, aerossóis e inseticidas	-	-	-				0,47	0,38	0,07
Rejeitos	1,30	1,29	0,46	20,05	6,62	1,21	26,09	6,96	1,32

Os itens destacados em negrito foram aqueles tipos de resíduos cujo erro padrão estimado para a gravimetria de 2018 foram superiores aos erros dos dois estudos anteriores. Observa-se que apenas cinco tiveram um erro maior dentre os treze, isto é, menos da metade da quantidade de tipos de resíduos adotados. Uma forma de se diminuir este erro seria aumentando o “n” da amostragem, o que foi igual a 28 neste trabalho, pois o Erro Padrão (EP)⁸ é calculado pela razão entre o Desvio Padrão (DP) e a raiz quadrada de “n”.

Por isso, verifica-se que apesar da massa amostrada ser bem menor do que o planejado, os resultados não foram comprometidos se comparado com os estudos anteriores. Isto mostra uma possibilidade de se investigar sobre a massa ideal de resíduos sólidos visando a caracterização física, e assim, verificar se as recomendações de Klee (1993) ainda são adequadas mesmo após 25 anos.

Através da Figura 35, é fácil notar que a “Matéria orgânica” e “Rejeitos” são os tipos mais representativos, seguido pelos dois tipos de “Plásticos” e dos “Têxteis, couro e borracha”.

Segundo a PNRS, apenas os “Rejeitos” deveriam ser dispostos no aterro sanitário, isto é, apenas 25,80% dos resíduos em massa no caso de São Carlos. Considerando os

⁸ $EP = DP / \sqrt{n}$

dados do projeto do aterro (FIPAI, 2009) e a porcentagem de rejeitos da gravimetria de 2018 é possível estimar a massa recebida no aterro sanitário em um cenário ideal.

O aterro ainda possui catorze anos de tempo de vida, onde se espera receber um total de 1.944.502 t neste intervalo. Se apenas 25,89% dessa massa fosse destinada ao aterro sanitário de São Carlos, isso implicaria em um ganho significativo de volume disponível e tempo de vida útil do aterro. Isto é, nos próximos catorze anos o aterro receberia 373.064,5 t, o que é esperado pelo projeto para os anos entre 2019 e 2023.

As consequências positivas disso também se estenderia para a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos de São Carlos, pois implicaria na redução dos custos com a logística da coleta por precisar de menos mão de obra, caminhões compactadores e combustível. Outro ponto que deve ser mencionado é a redução dos impactos ambientais, pois a maior taxa de recuperação dos resíduos, através da reciclagem e logística reversa, diminuiria o consumo de energia e recursos naturais para a produção de produtos novos, além da menor emissão de gases poluentes pelos caminhões responsáveis da coleta regular e pela metanização da fração orgânica disposta no aterro.

No caso da fração orgânica dos RD de São Carlos, a mesma deveria ser reciclada para seguir a prioridade de ações da PNRS, o que poderia ser feito nos próprios domicílios dos habitantes de São Carlos por compostagem/vermicompostagem ou de forma mais centralizada em unidades municipais de compostagem/biometanização. Inclusive, a recuperação da fração orgânica poderia resultar em geração de renda e energia para o próprio município.

A situação dos “Plásticos” é consequência da maior disponibilidade e uso deste tipo de material. De acordo com o relatório da ONU “*Mapping of global plastics value chain and plastics losses to the environment*”, a produção de plásticos teve um aumento médio anual de aproximadamente 9% entre 1950 e 2015 segundo Plastics Europe (2016 *apud* UN Environment, 2018), como pode ser observado na Figura 36.

Figura 36: Produção total de plásticos no mundo entre 1950 e 2015 em milhões de toneladas.

Fonte: Plastics Europe (2016 *apud* UN Environment, 2018)

No caso dos resíduos “Têxteis, couro e borracha”, Bartle (2010) afirma que o consumo destes tipos de produtos está aumentando por causa do crescimento populacional e também por causa do aumento da prosperidade. Dessa forma, é necessário que se realizem estudos voltados para investigações de como esse material deve ser manuseado da melhor forma possível em relação ao meio ambiente, o que deve incluir as etapas de coleta, reuso, reciclagem e disposição final de forma adequada (FARRANT et. al., 2010).

Mesmo que os resíduos “Têxteis, couro e borracha” tenha sobressaído perante os outros tipos de resíduos, muitas amostras contendo estes materiais foram descartados para evitar enviesamento dos resultados, pois foi observado em campo a presença deste tipo em grandes quantidades no verão. Estes materiais podem ser vistos nas Fotografias 14, 15 e 16, com predominância de calçados, roupas e brinquedos.

Fotografia 14: Calçados em bom estado destinados ao aterro sanitário que não foram incluídos na amostra.

Fonte: Autora (08/03/2018)

Fotografia 15: Vestimentas em bom estado destinadas ao aterro sanitário que não foram incluídas na amostra.

Fonte: Autora (06/03/2018)

Fotografia 16: Brinquedos infantis em bom estado destinados ao aterro sanitário que não foram incluídos na amostra.

Fonte: Autora (16/03/2018)

A maior ocorrência de “Têxteis, couro e borracha” no verão foi associado com o hábito da população de descartar as peças em desuso. Este hábito enaltece a falta de conhecimento e mobilização da população sobre como proceder com este tipo de material. A maioria dos “Têxteis, couro e borracha” observados em campo poderia seguir a prioridade de ações proposta pela PNRS, sendo que a reutilização e reciclagem são mais adequadas do que disposição final no aterro sanitário. A reutilização poderia ser feita através de doações para pessoas mais carentes ou instituições que poderiam reverter estes itens em dinheiro para ser investido em outros setores, como alimentação, higiene básica e medicação.

O desalinhamento com a prioridade de ações da PNRS, Art. 9º, também pôde ser observado na destinação de materiais com potencial de reciclagem para o aterro sanitário, como apresentado nas Fotografias 17 e 18. Na primeira Fotografia observa-se um recipiente contendo apenas uma embalagem longa vida e pó de café, enquanto que na segunda mostra um recipiente plástico contendo apenas serragem de madeira. A

embalagem longa vida é um material coletado pela COOPERVIDA e o pó de café e serragem poderiam ser utilizados para promover a reciclagem da fração orgânica no município.

Fotografia 17: Resíduos com potencial de reciclagem sem segregação e com destinação inadequada.

Fonte: Autora (22/03/2018).

Fotografia 18: Interior de recipiente plástico destinado ao aterro sanitário contendo apenas serragem de madeira.

Fonte: Autora (15/03/2018)

Vale ressaltar que não existia uma usina de compostagem no município em 2018, o que constava eram iniciativas pontuais para incentivar esta forma de recuperação da fração orgânica por parte do Veracidade, como apresentado no capítulo de Revisão Bibliográfica.

Foi observado também a destinação incorreta de outros tipos de materiais, como aqueles passíveis de logística reversa, conforme previsto no Art. 33º da PNRS (2010) e Decisão de Diretoria Nº 076/2018/C (CETESB, 2018). A última estabelece doze metas até 2021 de acordo com o tipo de resíduo, por exemplo, uma das metas é que pelo menos 90% das baterias automotivas de todos os municípios paulistas devem ser destinadas para a logística reversa.

Os resíduos observados com maior frequência durante a amostragem foram as pilhas, baterias, lâmpadas e embalagens de produtos inflamáveis como desodorantes e inseticidas. Para fins ilustrativos, as Fotografias entre 19 e 26 a seguir apresentam a imagens destes materiais listados anteriormente.

Fotografia 19: Embalagens de cosméticos, aerossóis e óleo lubrificante automotivo destinadas ao aterro sanitário.

Fonte: Autora (16/03/2018).

Fotografia 20: Embalagem de protetor solar destinada ao aterro sanitário.

Fonte: Autora (27/03/2018).

Fotografia 21: Embalagem de creme colorante destinada ao aterro sanitário.

Fonte: Autora (20/03/2018).

Fotografia 22: Embalagens de produtos de higiene pessoal e cosmético destinadas ao aterro sanitário.

Fonte: Autora (20/03/2018).

Fotografia 23: Pilhas alcalinas, lâmpadas e embalagem de desodorante destinadas ao aterro sanitário.

Fonte: Autora (09/03/2018).

Fotografia 24: Base de liquidificador destinada ao aterro sanitário.

Fonte: Autora (08/03/2018).

Fotografia 25: Pilha alcalina destinada ao aterro sanitário.

Fonte: Autora (16/03/2018).

Fotografia 26: Medicamentos, embalagens de medicamentos e produtos de higiene pessoal destinados ao aterro sanitário.

Fonte: Autora (08/03/2018).

Isso enaltece a falta de comprometimento dos responsáveis com a implementação do sistema de logística reversa (fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes), considerando a necessidade de estar em conformidade com a legislação e o impacto ambiental resultante pela ausência deste sistema.

Por fim, a última observação relacionado com a destinação incorreta dos resíduos se refere aos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS), pois estes devem ter uma logística de coleta e tratamento diferente dos RD. Pela quantidade observada considerou-se que os

geradores eram consultórios particulares, cuja geração é menor do que os centros hospitalares (Santa Casa, Hospital Universitário, Hospital da UNIMED), Fotografias 27, 28 e 29.

Fotografia 27: Ampolas de seringas destinadas ao aterro sanitário.

Fonte: Autora (05/04/2018).

Fotografia 28: Seringa, embalagem de medicamento e tubos com amostras de sangue destinadas ao aterro sanitário.

Fonte: Autora (06/03/2018).

Fotografia 29: Embalagem com indicação de resíduo infectante destinada ao aterro sanitário.

Fonte: Autora (06/03/2018).

A forma de acondicionamento destes resíduos indicou a falta de responsabilidade com a saúde pública e meio ambiente por parte do gerador, pois os mesmos se encontravam dentro de sacos pretos comuns, normalmente utilizados pela população para os resíduos domiciliares. Uma vez que há contato direto entre os resíduos e os funcionários da empresa responsável pela coleta, isto pode trazer grandes riscos para a saúde da população.

Dessa forma, identifica-se a necessidade de verificar quem são os pequenos geradores de RSS de São Carlos, para que estes se cadastrem de forma adequada no sistema da empresa responsável pelo gerenciamento destes resíduos e realizem a destinação correta, minimizando os riscos mencionados anteriormente.

Além da destinação incorreta dos RD, destaca-se o mau uso de sacolas plásticas para acondicionamento dos RD, pois foi observado um uso excessivo de forma desnecessária, Fotografia 30, além dos casos em que a massa de resíduos estava superior do que capacidade de suporte do recipiente.

Além disso, a alta ocorrência de vidro quebrado sem a devida proteção foi observado, o que traz riscos para os funcionários responsáveis pela coleta regular de resíduos de São Carlos. Mesmo que os vidros tenham se rompido após a compactação do caminhão coletor, é indicado que os vidros (inteiros ou quebrados) sejam descartados dentro de garrafas PET, papelão ou envolvidos com jornal.

Fotografia 30: Resíduos destinados ao aterro sanitário e acondicionados com uso excessivo de sacolas plásticas desnecessariamente.

Fonte: Autora (27/03/2018).

Por fim, vale mencionar a destinação de materiais recicláveis segregados na fonte para o aterro sanitário, como pode ser visto na Fotografia 31. Isto mostrou que o cidadão se atentou em separar os resíduos de forma correta, mas não com o destino que o mesmo seguiria.

Fotografia 31: Materiais recicláveis segregados na fonte e destinados ao aterro sanitário.

Fonte: Autora (06/04/2018).

Dessa forma, identifica-se que, no geral, o contexto em que a gestão de resíduos sólidos de São Carlos se encontra é frágil, extinguindo potencialidades para buscar mais eficiência na reciclagem e aumento do tempo de vida útil do aterro sanitário.

4.3.2. Coleta Seletiva

A gravimetria estimada para a coleta seletiva de São Carlos para 2018 está disponível na Tabela 8. Destaca-se que algumas estimativas foram necessárias para as situações em que as vendas eram feitas por unidade e não por massa.

Tabela 8 - Resultado da gravimetria por tipo de material referente á coleta seletiva de São Carlos em 2018.

RESULTADOS GRAVIMETRIA RECICLÁVEIS						
Material	Verão		Inverno		2018	
	Massa (Kg)	Gravimetria (%)	Massa (Kg)	Gravimetria (%)	Massa (Kg)	Gravimetria (%)
Plástico rígido	9504,37	6,65	4840,8	4,8	7172,58	5,72
Plástico filme	3610	2,52	350	0,35	1980	1,44
Alumínio	655,2	0,46	267,8	0,27	461,5	0,36
Sucata	10678	7,47	4759,4	4,72	7718,7	6,09
Papel	20295	14,19	6100,8	6,05	13197,9	10,12
Papelão	15300	10,70	16089	15,95	15694,5	13,32
Vidro	772,25	0,54	11674,86	11,97	6223,55	6,25
Embalagem Longa Vida	150	0,10	0	0	75	0,05
Rejeito	82050,58	57,37	56808,5	56,31	69429,54	56,84
Total	143015,4	100,00	100891,2	100,00	121953,28	100,00

O que se mostrou mais impactante na coleta seletiva foi a porcentagem da massa de “Rejeito”, representando quase 57% da massa total recebida. Esta categoria engloba todos os materiais destinados para reciclagem incorretamente, sendo estes: as embalagens recicláveis que não possuem mercado em São Carlos (Fotografia 32); materiais não recicláveis e restos alimentares (Fotografia 33).

A predominância de “Rejeitos” na gravimetria da coleta seletiva dificulta o funcionamento da cooperativa, que é feita predominantemente manual conforme apresentado no capítulo de Revisão bibliográfica. O tempo e esforço físico é maior do que o ideal, resultando em uma menor eficiência e geração de renda. Além disso, se perde muito material que é reciclável no município pela contaminação de restos alimentares, cuja destinação à COOPERVERDA está totalmente incorreta, já que a mesma não realiza a reciclagem de resíduos orgânicos.

Fotografia 32: Exemplo de embalagem reciclável que não possui mercado no município de São Carlos.

Fonte: Autora (10/04/2018).

Fotografia 33: Conteúdo de uma bag com os rejeitos destinados para a coleta seletiva de São Carlos em 2018.

- Embalagens plásticas recicláveis que não têm mercado em São Carlos
- Restos de alimento destinados para reciclagem de forma incorreta

Fonte: Autora (18/04/2018).

Ademais, esta alta porcentagem de “Rejeitos” também implica em um maior custo operacional quando se trata no gerenciamento dos resíduos sólidos, pois aproximadamente 82 t de resíduos passam pelo barracão desnecessariamente, os quais poderiam ser encaminhados diretamente ao aterro sanitário. A existência deste ponto intermediário também resulta em uma maior quantidade de emissões de poluentes atmosféricos pelos caminhões coletores e consumo de combustíveis.

Vale mencionar que a inexistência de “Embalagem longa vida” no inverno não significa que estas não foram destinadas para a reciclagem, pois os dados se baseiam na venda do produto. Assim, conclui-se que no mês de agosto a cooperativa não vendeu este material para empresas que realizam a reciclagem destas embalagens.

Verifica-se também que a porcentagem de metais não predomina na gravimetria da coleta seletiva de São Carlos em 2018, o que está relacionado com a influência dos catadores informais no município. Isto será melhor discutido na seção 4.5.4., onde estão os resultados dos questionários aplicados e verificou-se que os catadores informais são os maiores responsáveis pela coleta dos materiais recicláveis na cidade.

4.4. Comparação com estudos anteriores

Uma vez que o ano da publicação dos estudos de gravimetria são diferentes do ano em que se coletaram os dados, os gráficos e tabelas a seguir estão apresentados segundo o ano o qual se realizaram as caracterizações físicas.

A Tabela 9 e Figura 37 apresentam a comparação realizada entre os resultados obtidos em 2018, Frésca (2007) e Gomes (1989), referentes aos seguintes tipos de resíduos: “Matéria orgânica”, “Vidro”, “Metais” e “Plásticos”.

Tabela 9 - Evolução da gravimetria por tipo de material entre 1988, 2005 e 2018.

	1988	2005	2018
MO	56,70	59,08	37,48
Vidro	1,40	1,67	3,10
Metais	5,40	1,31	1,73
Plástico	8,50	10,47	13,76

Figura 37: Gráfico da evolução da gravimetria (%) dos tipos de resíduos comuns entre os anos 1988, 2005 e 2018.

No caso da “Matéria orgânica”, observa-se que entre os dois primeiros estudos houve um ligeiro aumento, mas que entre a gravimetria de 2005 e 2018 houve um grande

decréscimo. Esta diminuição da fração orgânica nos RD de São Carlos foi associada com o aumento de produtos industrializados, o que também pode ser apoiado com o aumento da porcentagem de plásticos, e não com a promoção de compostagem pela população.

Como será visto posteriormente, o resultado do questionário indicou que apenas 14% da população residente nos setores caracterizados realiza a compostagem em casa, o que ainda é pouco. Além disso, foi observado em campo que a maioria dos plásticos eram embalagens de produtos alimentícios, como bolachas, salgadinhos, doces, entre outros.

No caso dos “Plásticos rígidos”, a maioria era embalagem de diferentes produtos de limpeza, como desinfetantes, produtos para tirar limo e gorduras, lustra móveis e água sanitária. Isso se deve a constante necessidade de inovação de produtos para atender a demanda de praticidade da população.

Em relação ao “Vidro”, observa-se que de 1988 para 2005 o aumento foi pequeno, principalmente se comparado com o aumento deste último para o presente, cuja porcentagem quase dobrou. As coletas realizadas no aterro permitiram a identificação dos vidros que predominaram após etapa de triagem, sendo as embalagens de bebidas alcoólicas, como cerveja do tipo *long neck* e vinho, Fotografia 34.

Fotografia 34: Conjunto de embalagens de vidros destinados ao aterro sanitário de São Carlos em 2018.

Fonte: Autora (06/03/2018).

Já os “Metais” tiveram o comportamento quase que contrário ao do “Vidro”, entre os dois primeiros estudos teve uma queda brusca, e entre 2005 e 2018 teve um suave aumento. Considera-se que esta constância seja consequência do alto valor agregado nas

embalagens de alumínio, o que as tornam interessantes para serem destinadas para a reciclagem para os catadores informais.

A diminuição da presença de “Metais” no aterro sanitário entre 1988 e 2005 foi resultado da criação do Programa Municipal de Coleta Seletiva por meio da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Sustentável, Ciência e Tecnologia, em 2002.

As comparações feitas de forma individual com as análises de Gomes (1989) e Frésca (2007) está disposta na Figura 38.

As porcentagens dos resíduos “Têxteis, couro e borracha” se mostraram muito próximas entre os anos de 1988 e 2018, o que indica que não houve mudança no consumo de produtos dessa categoria. Além disso, deve-se citar que Gomes (1989) considerou “Madeira” em sua gravimetria como pertencente a esta categoria, enquanto que na gravimetria de 2018 “Madeira” foi considerada como “Matéria orgânica”.

Figura 38: Comparação individual das gravimetrias com Gomes (1989) e Frésca (2007) por tipo de resíduo..

A gravimetria dos outros três tipos de resíduos foi comparado somente com o trabalho de Frésca (2007), e foi observado que houve aumento na porcentagem em todos os tipos. O “Papel e papelão” e “Embalagem longa vida” tiveram um comportamento semelhante, tendo um aumento de aproximadamente 50% e 60%, respectivamente. Isso é consequência do aumento do consumismo da população, maior quantidade de produtos que utilizam estes tipos de embalagem e menor cobertura da coleta seletiva no município.

Um exemplo disso é o leite, que costumava ser vendido em garrafas de vidro, passou pela embalagem plástica para no fim, ser comercializado em embalagens longa vida. Além disso, existem outros produtos que utilizam este material por causa das

propriedades de conservação de alimentos, o que é consequência das multicamadas, como sucos, creme de leite e leite condensado.

Por fim, “Rejeitos” e “Inertes” tiveram um aumento de quase 35%, o que é consequência da existência de novos tipos de resíduos, como por exemplo as cápsulas de café que se mostraram com elevada frequência na caracterização. Estas cápsulas são formadas por uma embalagem de plástico rígido, tampa de alumínio e com matéria orgânica em seu interior. Por isso, este material não podia ser incluído em nenhum desses outros tipos de resíduos, além de não possuir um mercado para reciclagem destas cápsulas em São Carlos.

Por fim, a presença dos resíduos perigosos no aterro sanitário mostraram um aumento considerável, que é fácil observar na Figura 39. Isto é resultado do desenvolvimento tecnológico e maior acessibilidade a estes produtos, incentivando um maior consumo de produtos eletroeletrônicos pela população. A presença de pilhas e baterias era frequente nas caracterizações, e por terem uma massa específica alta, uma única unidade deste resíduo resultava em um aumento da massa da categoria como um todo.

Figura 39: Comparação com Fernandez (2008) das gravimetrias referentes aos resíduos perigosos.

Além disso, deve-se mencionar o conceito de obsolescência programada, pois é comum que produtos não atendam mais as necessidades e exerçam suas funções após um curto período de tempo, resultando no descarte do mesmo. Somado a isso, também pode-se considerar o desejo constante de inovação da sociedade, que mesmo tendo um produto em funcionamento, as pessoas desejam o aquele mais moderno e ponta de linha, e assim, descartam seu aparelho mesmo em perfeitas condições.

4.5. Resultado dos testes estatísticos

4.5.1. Teste de normalidade

Histogramas e Boxplots

A seguir, serão apresentados os boxplots para cada estação e para a média anual de 2018. Como apresentado anteriormente, este método indica que os dados são bem representados pela normal se os boxplots se mostrarem simétricos, com as extremidades pequenas e região central maior.

Pelas Figuras 40, 41 e 42 é perceptível que a maioria dos boxplots gerados se mostram simétricos, como o “Plástico filme” no inverno. Porém, a simetria apenas não é suficiente, pois é fácil observar que o primeiro e quarto quartil (extremidades) se mostram maiores do que o segundo e terceiro quartil (região central).

Assim, o teste de normalidade por histograma/boxplot resultou em não normalidade de todos os tipos de resíduos para o verão, inverno e para a média de 2018.

Figura 40: Boxplot gerado para os dados da gravimetria do verão de 2018 para cada tipo de resíduo.

Figura 41: Boxplot gerado para os dados da gravimetria do inverno de 2018 para cada tipo de resíduo.

Figura 42: Boxplot gerado para os dados da gravimetria de 2018 para cada tipo de resíduo.

Gráfico de Probabilidade Normal (GPN)

A Tabela 10 apresenta os valores de R^2 resultantes deste teste para cada tipo de resíduo, estação climática e 2018. Pela Tabela 10, é possível verificar que houve um predomínio da não normalidade segundo o método GPN.

Na sequência, serão apresentados três Gráficos de Probabilidade Normal da “Matéria orgânica”, referente ao verão, inverno e a média das estações, os demais GPNs serão apresentados no APÊNDICE G.

Para que os dados passem no teste de normalidade pelo método GPN, o R^2 resultante deve ser maior do que 0,95, como não ocorreu para a “Matéria orgânica”, na média das estações. A visualização dos gráficos apresentados nas Figuras 43, 44 e 45, mostram que os dois primeiros possuem os pontos bem próximos a linha ajustada, enquanto que o último já não está tão próximo, principalmente na parte superior da reta.

Tabela 10 - Resultado dos testes de normalidade pelo método GPN por tipo de resíduo para 2018 e estação climática.

Tipo	R^2 verão	R^2 inverno	R^2 2018	Resultado do teste (verão-inverno-2018)
MO	0,9687	0,9509	0,9308	Normal-normal-não normal
Papel	0,8576	0,8789	0,8262	Não normal-não normal-não normal
Papelão	0,8791	0,9518	0,9012	Não normal-normal-não normal
Plástico filme	0,8439	0,9393	0,9241	Não normal-não normal-não normal
Plástico rígido	0,94	0,9258	0,9467	Não normal-não normal-não normal
Vidro	0,9074	0,9547	0,9255	Não normal-normal-não normal
Metais	0,8114	0,8914	0,9213	Não normal-não normal-não normal
Embalagem Longa Vida	0,9001	0,9157	0,8583	Não normal-não normal-não normal
Têxteis e couro	0,9453	0,8618	0,8884	Não normal-não normal-não normal
REE	0,9769	0,7888	0,8424	Normal-não normal-não normal
Medicamentos, curativos e embalagens de medicamentos	0,9029	0,9024	0,9711	Não normal-não normal-normal
Embalagens de tintas, esmaltes, aerossóis e inseticidas	0,9338	0,9021	0,9250	Não normal-não normal-não normal
Rejeitos	0,9412	0,8464	0,9619	Não normal-não normal-normal

Figura 43: GPN da Matéria orgânica no Verão de 2018 em São Carlos.

Figura 44: GPN da Matéria orgânica no Inverno de 2018 em São Carlos.

Figura 45: GPN da Matéria orgânica da média das estações para 2018 e São Carlos.

Teste Shapiro-Wilk

A Tabela 11 apresenta os valores de W calculados por tipo de resíduo no verão, inverno e 2018. Na segunda linha está indicado o valor do W crítico de cada estação e do ano, para permitir a comparação com W calculado e verificar a normalidade pelo teste Shapiro-Wilk, conforme apresentado na Tabela 12.

É fácil observar que para os três testes de normalidades utilizados, de acordo com o resíduo, a não normalidade predominou nos dados coletados nas duas estações. Apesar do teste mais confiável (Shapiro-Wilk) ter resultado em normalidade para alguns tipos de resíduos, somente os “Medicamentos, curativos e embalagens de medicamentos e cosméticos” passaram no teste para ambas as estações e para a média anual.

Portanto, optou-se realizar testes não paramétricos para todos os setores e resíduos, permitindo a análise da influência do clima, da presença de coleta seletiva e da correlação com os aspectos socioeconômicos, que serão percorridos nas subseções a seguir.

Tabela 11: Valores de W calculados por tipo de resíduo de 2018 e cada estação climática.

Tipo de resíduo	Verão (Wc= 0,881)	Inverno (Wc= 0,866)	2018 (Wc=0,924)
	W calc.	W calc.	W calc.
Matéria orgânica	0,9653	0,9607	0,9199
Papel	0,8547	0,8832	0,8320
Papelão	0,8777	0,7336	0,9050
Plástico filme	0,8464	0,7311	0,9271
Plástico rígido	0,9366	0,3063	0,9479
Vidro	0,8932	0,3124	0,9121
Metais	0,8215	0,8981	0,9222
Embalagem longa vida	0,9014	0,9070	0,8653
Têxteis, couro e borracha	0,933	0,8636	0,8896
REE	0,8629	0,7805	0,8459
Medicamentos, curativos e embalagens de medicamentos e cosméticos	0,9114	0,9092	0,9646
Embalagens de tintas, esmaltes, aerossóis e inseticidas	0,9334	0,9047	0,9322
Rejeitos	0,9521	0,8575	0,9613

Tabela 12: Resultado do teste de normalidade pelo teste Shapiro-Wilk para 2018 e cada estação climática.

RESULTADO GERAL SHAPIRO WILK			
Tipologia de resíduo	Resultado teste		
	Verão	Inverno	2018
MO	Normal	Normal	Não Normal
Papel	Não Normal	Normal	Não Normal
Papelão	Não Normal	Não Normal	Não Normal
Plástico Filme	Não Normal	Não Normal	Não Normal
Plástico Rígido	Normal	Não Normal	Normal
Vidro	Normal	Não Normal	Não Normal
Metais	Não Normal	Normal	Não Normal
Embalagem Longa Vida	Normal	Normal	Não Normal
Têxteis, Couro e Borracha	Normal	Não Normal	Não Normal
REE	Não Normal	Não Normal	Não Normal
Medicamentos, curativos e embalagens de medicamentos e cosméticos	Normal	Normal	Normal
Embalagens de tintas, esmaltes, aerossóis e inseticidas	Normal	Normal	Não Normal
Rejeitos	Normal	Não Normal	Normal

4.5.2. Análise da influência do clima

O resultado do teste Mann-Whitney para analisar a influência do clima está disposto na Tabela 13 e Figura 46. Uma vez que nenhum tipo de resíduo teve um p-valor menor

que 0,05 (indicado na Figura 46 pela linha horizontal) a hipótese nula não foi rejeitada, ou seja, a diferença da gravimetria entre as estações climáticas não é estatisticamente significativa. Ao analisar os p-valores de cada tipo de resíduo, é possível afirmar que os dados da “Matéria orgânica” se mostraram mais semelhantes entre as estações, pois foi o tipo de resíduo com o menor p-valor.

Tabela 13 - Resultados do teste Mann-Whitney para verificar a influência do clima por tipo de resíduo.

	Valor de Z	Valor de U	P-valor
Matéria orgânica	-1,16644	318,5	0,2420
Papel	-0,65715	349,5	0,5092
Papelão	-0,1725	379	0,8652
Plástico filme	-0,22179	376	0,8258
Plástico rígido	-0,44358	362,5	0,6599
Vidro	-0,83787	338,5	0,4009
Metais	-0,23	375,5	0,8181
Embalagem Longa Vida	-0,72287	345,5	0,4715
Têxteis, couro e borracha	0,032036	370	0,7489
REE	-0,96108	331	0,3370
Medicamentos, curativos e embalagens de medicamentos e cosméticos	0,13964	381	0,8886
Embalagens de tintas, esmaltes, aerossóis e inseticidas	0,39429	365,5	0,6965
Rejeitos	0,46822	361	0,6383

Figura 46: Representação gráfica dos p-valores resultantes do teste Mann-Whitney da análise da influência do clima por tipo de resíduo.

Portanto, verifica-se que, estatisticamente, é muito pouco provável que haja diferença da gravimetria de cada tipo de resíduo entre as estações. Isto permite inferir

que, baseando-se na estatística da gravimetria de São Carlos em 2018, não há necessidade de realizar a caracterização física dos resíduos domiciliares em duas estações climáticas.

4.5.3. Análise da influência da coleta seletiva

O resultado do teste está apresentado na Tabela 14, e a representação gráfica deste resultado está na Figura 47, se limitando apenas aos materiais recicláveis coletados pela COOPERVIDA.

Tabela 14 - Resultados do teste Mann-Whitney para verificar a influência da presença de coleta seletiva.

Tipo	Valor de z	Valor de U	P-valor
Papel	0,42219	358	0,67448
Papelão	0,17384	373	0,86502
Plástico filme	0,35597	362	0,71884
Plástico rígido	-0,0745	379	0,9442
Vidro	-0,90234	329	0,36812
Metais	0,94373	326,5	0,34722
Embalagem Longa Vida	-0,45531	356	0,64552

Figura 47: Representação gráfica dos p-valores resultantes do teste Mann-Whitney para analisar influência da presença de coleta seletiva por tipo de resíduo.

Assim como no teste realizado anteriormente, esta comparação indica que estatisticamente não há evidência de que exista desigualdade entre os setores com e sem coleta seletiva, ou seja, a gravimetria entre os setores podem ser considerados como estatisticamente iguais segundo o teste. Isto deve ser resultado da pequena área que a cooperativa realiza a coleta seletiva e o fato desta área ser muito fragmentada, de forma que não houvesse um setor com coleta seletiva em toda sua área.

Destaca-se que isto foi resultado de um estudo de caso com duas grandes limitações (massa da amostra e número de amostras), e que o ideal seria realizar o teste Mann-

Whitney em um contexto mais favorável, onde a área abrangida pela coleta seletiva em São Carlos fosse maior e mais uniforme.

4.5.4. Correlação com aspectos socioeconômicos

O resultado das primeiras perguntas do questionário socioeconômico se encontra na Tabela 15, onde estão apresentadas as características predominantes (moda) para cada setor. Ressalta-se que foram aplicados 390 questionários, 26 por setor com RD caracterizados fisicamente neste trabalho.

Tabela 15: Resultados predominantes dos questionários socioeconômicos aplicados por setor com gravimetria coletada em São Carlos no ano de 2018.

Setor	Moradores na residência	Renda total da família	Tipo de moradia	Nível de escolaridade do(a) chefe de família
2	2	3 a 4 SM	Própria	Médio completo
3	1	3 a 4 SM	Alugada	Superior completo
4	3	3 a 4 SM	Própria	Superior completo
6	4	2 a 3 SM	Própria	Médio completo
7	2	5 SM ou mais	Alugada	Superior completo
8	4	2 a 3 SM	Própria	Médio completo
10	4	2 a 3 SM	Própria	Médio completo
12	3	5 SM ou mais	Própria	Superior completo
14	4	1 a 2 SM	Própria	Médio completo
16	4	2 a 3 SM	Própria	Superior completo
20	3	1 a 2 SM	Própria	Médio completo
23	4	2 a 3 SM	Própria	Médio completo
14-16	3	2 a 3 SM	Própria	Superior completo
Município	4	2 a 3 SM	Própria	Médio completo

A Tabela 16 apresenta os valores de ρ obtidos para cada tipo de resíduo. O retorno de um único valor de ρ para cada tipo é resultado do próprio método da Correlação de Spearman, porque o mesmo consiste em ranqueamento, isto é, mesmo mudando a característica socioeconômica da população, a ordem do ranqueamento permanecia a mesma.

Sabendo que o valor de ρ pode variar de -1 a 1 e que 0 indica nenhuma correlação, a Tabela 16 mostra que há correlação entre os aspectos socioeconômicos e a gravimetria dos resíduos domiciliares destinados ao aterro sanitário de São Carlos. Porém, observa-se que a correlação é pequena, pois se encontram valores mais próximos de zero do que de 1 ou -1.

Tabela 16 - Resultado da correlação de Spearman entre gravimetria características socioeconômicas por tipo de resíduo.

Tipo	ρ
MO	0,2637
Papel	-0,4725
Papelão	-0,2637
Plástico Filme	-0,6813
Plástico Rígido	-0,6098
Vidro	0,3076
Metais	-0,1758
Embalagem Longa Vida	0,0934
Têxteis, Couro e Borracha	0,3736
REE	-0,3461
Medicamentos, Curativos e Embalagens de Medicamentos e Cosméticos	0,1098
Embalagens de Tintas, Esmaltes, Aerossóis e Inseticidas	0,0934
Rejeitos	0,1978

A exceção disso está nos “Plásticos”, que retornaram um $p < -0,6$, o que indica que quanto maior escolaridade ou renda familiar, menor será a geração de plásticos pela família. Dessa forma, é possível afirmar que estatisticamente não há forte correlação entre a composição gravimétrica dos resíduos domiciliares e características socioeconômicas da população.

Os resultados das perguntas sobre a geração e destinação dos resíduos orgânicos e recicláveis estão dispostos nas Figuras 48, 49, 50, 51 e 52.

A Figura 48 indica que mais da metade da população de São Carlos prepara a maioria das principais refeições em casa. Isto condiz com o resultado da gravimetria do município, uma vez que a fração orgânica predominou perante os outros tipos.

Figura 48: Quantidade de refeições preparadas em casa por semana..

O resultado seguinte, sobre o conhecimento da tecnologia de compostagem, Figura 49, mostrou-se insatisfatório, pois mostra que apesar da facilidade de acesso a informação, a população ainda desconhece a existência de formas de se recuperar o resíduo orgânico de forma barata e sem necessidade de tecnologias avançadas.

Figura 49: Parcela da população que sabe o que é compostagem.

E mesmo que um pouco mais da metade da população conhecesse esta técnica, apenas 14% responderam que realizam a compostagem, o que também foi considerado como um resultado negativo, Figura 50.

Figura 50: Parcela da população que realiza compostagem.

Por fim, as Figuras 51 e 52 estão relacionadas com a separação dos materiais recicláveis e sua destinação. A primeira figura mostra a parcela da população que realiza a segregação na fonte, correspondendo a mais de 80% dos respondentes. Isto foi considerado como positivo, pois indica participação da população e que a mesma sabe a importância de se separar estes tipos de materiais.

Figura 51: Parcela da população que separa os materiais recicláveis.

Já a Figura 52 mostra que a grande maioria da população que separa os materiais recicláveis não destina os mesmos para a coleta seletiva, e sim para os catadores informais. Isto mostra que os catadores possuem um papel importante no gerenciamento dos RD em São Carlos no ano de 2018, pois auxiliam na destinação correta dos materiais recicláveis. Como discutido anteriormente, a forte presença dos catadores em São Carlos influencia na baixa frequência de metais tanto no aterro sanitário quanto na coleta seletiva. Caso a cooperativa tivesse em seu melhor funcionamento e com altos rendimentos para todos os cooperados, isto incentivaria os catadores informais a se juntarem à cooperativa e serem incluídos socialmente, o que é previsto como um dos objetivos da PNRs.

Figura 52: Conhecimento de quem coleta os materiais recicláveis.

Porém, deve ser mencionado que houve respondentes que se mostraram desconfortáveis ao responderem quem coletava os recicláveis, ou até situações em que as

peças respondiam de forma vaga, necessitando refazer a pergunta para que escolhessem uma das alternativas. Segundo a percepção da pesquisadora, isto indicou que algumas pessoas não sabiam quem que realizava a coleta, mas responderam catadores informais ou coleta seletiva/catadores informais, em vez de assumir não saber a resposta.

4.6. Estimar gravimetria do município a partir de menos setores

4.6.1. Análise de agrupamento

Apesar da análise da influência do clima ter resultado que estatisticamente não há diferença entre as gravimetrias das estações climáticas, optou-se por realizar a análise de agrupamento para cada estação, e assim, verificar se os grupos formados são iguais em ambas as estações e direcionar a seleção de menores setores para cada uma.

Os dendogramas dos setores agrupados formados em cada estação estão nas Figuras 53 e 54, onde estão indicadas a linha de corte onde a representa 70% da distância máxima calculada e os grupos da solução final representados por cores diferentes entre si. Como a divulgação do mapa da setorização de São Carlos para 2018 não foi permitida, as Figuras 55 e 56 indicam o posicionamento aproximado dos setores agrupados no mapa da cidade, auxiliando na compreensão do leitor. A indicação dos grupos formados no mapa foi feita utilizando as mesmas cores dos dendogramas.

Figura 53: Dendograma dos setores agrupados para o verão de 2018.

Figura 54: Dendograma dos setores agrupados para o inverno de 2018.

No agrupamento realizado no verão, Figura 55, observa-se que os três grupos formados se encontram próximos, exceto o setor 13 (grupo vermelho), que se localiza no meio dos setores do grupo azul. O grupo vermelho se situa na região periférica mais ao sul, onde se encontra uma população mais simples, residentes de bairros como Cidade Aracy e Antenor Garcia. Já o grupo indicado pela cor verde, também são os setores que se localizam nas margens do município, porém mais ao leste e norte da cidade. Por fim, o grupo indicado em azul engloba a região mais central (predomina-se estudantes), segue sentido noroeste, região esta que possui condomínios fechados e população com condições financeiras melhores, e também possui uma região mais ao norte, que também possui condomínios fechados, como o Residencial Damha.

Inclusive, observa-se que o grupo verde se mostra mais distante do grupo vermelho e azul, os quais são caracterizados por serem as regiões mais pobres e mais ricas, respectivamente. Este resultado foi considerado como coerente, pois segundo a correlação de Spearman calculada anteriormente, as características socioeconômicas da população não são fortemente correlacionadas com a gravimetria.

Para o inverno, observa-se que os grupos formados foram diferentes daqueles formados no verão. Vale lembrar que no inverno foram feitas caracterizações de 2 setores a menos, por isso que há regiões que não estão indicados no mapa referentes aos grupos desta estação. A principal mudança está relacionada com a região central do município, pois no verão ela se aproxima mais da região noroeste, enquanto que no inverno com a

Figura 56: Indicação dos grupos formados para o inverno no mapa da cidade de São Carlos.

4.6.2. Aproximação da gravimetria através menos setores

A aproximação da gravimetria por menos setores entre os grupos foi feita para cada estação climática, de acordo com os grupos formados anteriormente. Mesmo a não normalidade prevalecendo sobre os dados, considerou-se mais adequado estimar a gravimetria pela média em vez da mediana, pois o “n” é muito pequeno, no caso igual a quantidade de grupos formados (n=3).

As combinações realizadas foram considerando apenas 1 setor de cada grupo formado, resultando em 155 combinações no total. A distância calculada entre a média do município e cada combinação está no APÊNDICE H, mas para a discussão serão apresentadas apenas as melhores combinações de cada estação climática, Tabela 17.

A comparação realizada com a média anual foi para obter o grupo de setores o mais próximo possível da estimativa feita considerando todos os dados das duas estações climáticas.

Tabela 17 - Gravimetria (%) obtida com as duas melhores combinações comparadas com a gravimetria real.

Tipo	Gravimetria SC 2018	Combinação Verão (10-3-4)	Diferença combinação verão e real (módulo)	Combinação Inverno (3-14-23)	Diferença combinação Inverno e real (módulo)
Matéria orgânica	37,48	36,66	0,82	37,52	0,04
Papel	5,13	6,19	1,07	5,03	0,09
Papelão	4,59	5,12	0,52	4,50	0,10
Plástico filme	6,51	6,21	0,30	6,69	0,19
Plástico rígido	7,25	7,24	0,01	7,18	0,07
Vidro	3,10	3,62	0,53	4,12	1,03
Metais	1,73	1,99	0,26	1,50	0,23
Embalagem longa vida	1,46	1,75	0,29	1,45	0,01
Têxteis, couro e borracha	4,72	4,10	0,62	4,31	0,41
REE	0,68	0,26	0,42	0,76	0,08
Medicamentos, curativos e embalagens de medicamentos e cosméticos	0,99	0,43	0,56	1,24	0,25
Embalagens de tintas, esmaltes, aerossóis e inseticidas	0,47	0,21	0,25	0,30	0,16
Rejeitos	25,89	26,20	0,31	25,38	0,51

Este resultado foi considerado como satisfatório, pois, como a gravimetria está em porcentagem, estas diferenças foram consideradas pequenas. A maior variação encontrada foi de 1,03% do “Vidro” no inverno e de 1,07% do “Papel” no verão. Ao analisar a coleta em campo e a massa total média caracterizada nos setores (32,25 Kg), isto representa aproximadamente 300 g. Isto significa que aproximadamente 5 folhas sulfites ou 1 garrafa de vidro *long neck* poderiam gerar esta diferença.

A comparação da gravimetria dos grupos com a média de cada estação está disponível na Tabela 18. Observa-se que a combinação de setores mais próximo da gravimetria estimada para cada estação foi diferente do resultado obtido anteriormente e os tipos de resíduos que se mostraram mais distantes foram os “Plástico Rígido” para o verão e “Papel” para o inverno.

Tabela 18: Gravimetria (%) obtida das duas melhores combinações comparada com a gravimetria real de cada estação.

Tipo	Gravimetria SC Verão 2018	Combinação Verão (19-6-4)	Diferença combinação e real (módulo)	Gravimetria SC Inverno 2018	Combinação Inverno (3-12-23)	Diferença combinação e real (módulo)
MO	35,47	33,86	1,62	39,48	38,83	0,65
Papel	5,09	4,89	0,20	5,17	4,16	1,01
Papelão	4,41	5,49	1,08	4,78	5,28	0,50
Plástico Filme	6,83	7,30	0,47	6,18	6,30	0,12
Plástico Rígido	6,84	9,34	2,50	7,66	7,36	0,31
Vidro	2,41	1,06	1,34	3,79	4,74	0,96
Metais	1,85	1,38	0,47	1,62	1,50	0,12
Longa Vida	1,28	1,68	0,40	1,64	1,39	0,25
Têxteis, Couro e Borracha	5,32	4,80	0,52	4,12	4,76	0,64
REE	0,31	0,39	0,08	1,06	0,76	0,29
Medicamentos, Curativos e Embalagens de Medicamentos e Cosméticos	0,96	0,99	0,02	1,01	0,97	0,04
Embalagens de Tintas, Esmaltes, Aerossóis e Inseticidas	0,52	0,46	0,06	0,41	0,15	0,26
Rejeitos	28,70	28,37	0,33	23,08	23,79	0,71

A seguir, foi disposto graficamente o resultado da gravimetria de São Carlos para 2018 com os erros calculados a partir das gravimetrias estimadas por menos setores, Figuras 57, 58, 59 e 60. Foram produzidos dois gráficos separados para facilitar a visualização da barra de erro, pois como a escala da “Matéria orgânica” e “Rejeitos” é muito maior do que as outras, isso dificultava a visualização do erro dos demais tipos.

Figura 57: Gravimetria de São Carlos de 2018 com erro calculado a partir da estimação por menos setores para o Inverno.

Figura 58: Gravimetria de São Carlos de 2018 com erro calculado a partir da estimação por menos setores, para MO e Rejeitos no inverno.

Figura 59: Gravimetria de São Carlos de 2018 com erro calculado a partir da estimação por menos setores para o Verão.

Figura 60: Gravimetria de São Carlos de 2018 com erro calculado a partir da estimação por menos setores, para MO e Rejeitos no verão.

Estas figuras mostram que as combinações realizadas não foram fora do esperado, uma vez que o valor obtido dos dados reais se encontra dentro da faixa de erro. Alguns tipos de resíduos, como “Papel”, “Papelão”, “Plástico filme” e “Plástico rígido” retornaram um resultado mais positivo, pois o valor real da gravimetria se encontra na região central das barras de erro.

Para os outros tipos de resíduos, a gravimetria real do município se posicionou mais próxima ao limite superior ou inferior, como os “REE”, “Matéria orgânica” e “Rejeitos”, o que mostra que as combinações feitas tendem a gerar uma gravimetria super ou subestimada. De modo geral, considera-se que as combinações de setores do verão se

saíram melhores do que as combinações do inverno, pois houveram mais tipos de resíduos com a gravimetria real posicionada na região central.

Vale mencionar que esta análise possui as mesmas limitações das anteriores, número de amostras “n” pequeno e massa da amostra menor do que o planejado. O fato de não ter caracterizado todos os setores de São Carlos em 2018 pode ter alterado a combinação ideal desta análise, pois há a possibilidade de que algum desses setores não caracterizados resultasse em uma melhor combinação.

Este resultado busca facilitar as futuras gravimetrias de São Carlos, pois esta informação é um dos conteúdos mínimos do PMGIRS e deve ser atualizada a cada quatro anos. Considerando o tempo médio e o esforço físico para se caracterizar um único setor, a combinação de setores se mostra como um incentivo para que as gestões públicas realizem esta coleta de dados. Em vez de uma gravimetria levar 48 dias coletando dados em meses distantes, o que implica na demora de pelo menos 6 meses para se obter esta informação, o município consegue atualizar a informação em três dias e apenas em uma das estações.

Além disso, financeiramente isto também implica em grandes economias, pois se considerar o dinheiro a ser gasto em combustível para locomoção da equipe até o aterro sanitário, mão-de-obra qualificada para se realizar a gravimetria, materiais utilizados, alimentos e água, isto se torna outro ponto que desestimula a realização desta coleta de dados regularmente.

Por fim, apesar desta proposta para agilizar as gravimetrias futuras do município, recomenda-se que a caracterização na área total da cidade seja feita esporadicamente, para verificar se não houve mudanças nos padrões de geração de resíduos, na distribuição da mancha urbana do município e setorização da coleta regular, como houve entre 2007 e 2018.

5. Conclusões e recomendações

Os resultados obtidos neste trabalho indicaram a importância de se definir uma metodologia padronizada para se realizar a caracterização física dos resíduos domiciliares e como esta frente do saneamento básico deve ser mais valorizada, principalmente no município de São Carlos.

Além de ser um dado que é obrigado a compor o PMGIRS, Plano este que São Carlos não possuía em 2018, os dados da composição gravimétrica são de fundamental importância para se identificar as potencialidades e fragilidades na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares.

Primeiramente, a proposta metodológica desenvolvida mostrou-se viável, porém foram identificados fatores que devem ser considerados durante a etapa de planejamento para evitar algumas limitações na etapa de amostragem. Estes fatores são: possibilidade de se ligar a balança próxima ao local de amostragem; obtenção de mão-de-obra qualificada e disposta; estar alinhado com a coleta regular do município; e se certificar de que exista uma infraestrutura mínima no local, como proteções superiores e laterais (para diminuir a influência de sol/chuva e ventos).

Também é indispensável a aquisição de instrumentos e Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) para o manuseio dos resíduos na etapa de amostragem, para garantir a segurança da equipe. Em caso da caracterização não ser feita logo após o caminhão descarregar a massa, é extremamente necessário uma lona plástica grande para proteger os resíduos descarregados do caminhão de fatores externos, principalmente a chuva.

Após a experiência obtida em campo, recomenda-se uma quantidade de aproximadamente 10 pessoas para se realizar a caracterização de uma amostra de aproximadamente 100 kg. Um número menor que isso irá sobrecarregar o trabalho feito por uma pessoa e pode comprometer o rendimento da amostragem.

A metodologia de caracterização dos resíduos destinados a coleta seletiva passou por diversos imprevistos, mas a aquisição dos dados de forma indireta se mostrou simples e fácil de ser reproduzida, dependendo somente da obtenção das informações referentes ao controle de vendas e de entradas da cooperativa responsável. Assim, recomenda-se esta forma de se determinar a gravimetria dos materiais recicláveis de um município.

A gravimetria obtida indicou que ainda se destinam muitos materiais inadequadamente ao aterro sanitário, aproximadamente 70%, sendo que estes poderiam seguir outros destinos para seguir a prioridade de ações previsto no art. 9º da PNRS, fora

os materiais que não deveriam ir para o aterro de qualquer forma, como os RSS e aqueles passíveis de logística reversa. Caso todos os materiais destinados ao aterro seguissem suas respectivas destinações corretas, isto implicaria no aumento do tempo de vida útil do aterro, menores gastos com o gerenciamento dos resíduos e geração de menos impactos ambientais, considerando todo o ciclo de vida dos produtos.

Assim, recomenda-se que sejam feitos investimentos voltados para a educação ambiental, pois seria uma medida mais preventiva de como lidar com o manejo de resíduos sólidos em São Carlos. Os possíveis temas que poderiam ser abordados pelos programas de educação ambiental são:

- Forma correta de se acondicionar os resíduos;
- Destinação correta de cada material;
- Prioridade de ações da PNRS;
- Funcionamento da coleta seletiva (rota, frequência de coleta e lista de materiais que realmente são reciclados);
- Potencial econômico e ganhos ambientais da reciclagem;
- Incentivo a recuperação da fração orgânica dos RD nas próprias residências;
- Importância de destinar os resíduos previstos no art. 33º para logística reversa.

Outra necessidade da gestão de resíduos do município é investimentos na coleta seletiva, pois a mesma se encontra em condições de trabalho regulares, colocando em risco os cooperados e diminuindo a eficiência da mesma. Segue abaixo algumas recomendações de investimentos para a coleta seletiva do município.

- Infraestrutura (esteiras rolantes, máquinas para locomover as *bags*);
- Caminhões coletores;
- Implementação de mais Eco Pontos distribuídos de forma homogênea na área urbana.

A comparação com os estudos anteriores permitiu identificar que houve mudanças nos padrões de consumo e geração de resíduos da população de São Carlos, principalmente a “Matéria orgânica”, “Plásticos” e “Papel/papelão”, o que foi associado ao aumento do consumo de alimentos industrializados. Como apenas 14% dos respondentes do questionários afirmaram realizar compostagem em casa, descartou-se a possibilidade dessa ação ter influenciado na redução da fração orgânica dos RD do aterro sanitário.

Além disso, a surgência de novos produtos resultou em um aumento da porcentagem de “Rejeito”s destinados ao aterro sanitário, pois estes produtos não se enquadravam em nenhuma outra categoria de resíduo, como o caso das cápsulas de café.

No caso dos resíduos perigosos, observou-se que entre este trabalho e a última caracterização física a quantidade destinada ao aterro sanitário foi um pouco maior do que o dobro. Isto está relacionado ao aumento da produção de itens eletroeletrônicos, que muitas vezes dependem de pilha e bateria para o seu funcionamento, além da menor durabilidade destes produtos que resulta no descarte mais frequente. Para contornar este problema, recomenda-se que se implemente um sistema de logística reversa no município e/ou se incentive uma mudança do modelo econômico das grandes indústrias para a economia circular.

A análise realizada sobre a influência do clima resultou que, estatisticamente, não há evidência de diferença entre as gravimetrias das duas estações climáticas. Isto foi considerado com satisfatório, pois permite a realização da coleta de dados em apenas uma das estações, o que vai de encontro com as normas sobre a forma que se deve realizar a caracterização. Isto implica em economia de tempo, recursos financeiros e obtenção dos resultados de forma mais rápida.

Em contrapartida, a análise da influência da presença da coleta seletiva retornou o esperado, que estatisticamente não há evidência de diferença entre os setores com e sem coleta seletiva. Isto porque a área que a cooperativa realiza a coleta é muito pequena, fragmentada e dispersa, desestimulando a população a destinar seus materiais recicláveis para a reciclagem. Como a coleta não é realizada na porta, muitos moradores tem que levar seus recicláveis para pontos de coleta, como escolas, ecopontos ou até o próprio barracão da cooperativa. Porém, a maioria da população não possui este hábito, resultando assim na diminuição da taxa de reciclagem no município.

A correlação da gravimetria com aspectos socioeconômicos da população indicou que não há evidências fortes de correlação entre composição gravimétrica e renda média familiar e nível de escolaridade. O tipo de resíduo que se mostrou mais correlacionados com as características socioeconômicas foram os plásticos, indicando que quanto maior a renda e escolaridade, menor será a geração deste tipo de resíduo.

A percepção da população quanto a geração e destinação dos resíduos sólidos se mostrou insatisfatória para o caso dos resíduos orgânicos e satisfatória para o caso dos materiais recicláveis. O questionário indicou que quase metade da população não sabe o que é compostagem, e dos que sabem apenas 14% recicla os orgânicos em casa. No caso

dos recicláveis, constatou-se que mais de 80% da população separa os materiais em casa, mas o principal responsável pela coleta em 2018 eram os catadores informais.

Por fim, o último resultado obtido mostrou a possibilidade de se estimar a gravimetria a partir de menos setores, no caso três. Em vez de caracterizar 24 setores por estação (totalizando 48), sugere-se que seja feita a coleta de apenas três em uma única estação, sendo que a combinação de setores varia com o período da coleta. Esta nova proposta representa uma grande economia de recursos financeiros, esforço físico e tempo, o que facilitaria as futuras caracterizações de RD no município.

A finalidade desta proposta é incentivar a gestão municipal ou a própria empresa responsável pela coleta regular de se realizar este procedimento regularmente. Além desta informação precisar ser atualizada a cada quatro anos, segundo a PNRS, é um dado que pode direcionar planos de ações que melhore a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos no município.

Recomenda-se inclusive que outros municípios realizem esta análise para que também possam otimizar o processo de caracterização física de seus resíduos domiciliares, mas destaca-se que esta análise deve ser refeita com certa periodicidade, devido à dinâmica da própria cidade, como aumento populacional, alterações na forma de ocupação do território, mudanças na quantidade e padrões de consumo e eventuais casos específicos, como a instalação de determinada indústria.

6. Sugestões de trabalhos futuros

Durante o desenvolvimento deste trabalho, levantaram-se potenciais estudos que traria grandes benefícios para a área, sendo estes:

- Investigação de diferentes formas de amostragem e suas implicações na representatividade. A princípio, seria necessário saber a gravimetria da massa total e aplicar diferentes técnicas de amostragem, para no final aplicar testes de hipótese e identificar a forma mais próxima da realidade. Isto poderia ser feito com uma amostra real, massa descarregada de um caminhão compactador, ou então com uma simulação em escala de bancada;
- Investigação detalhada sobre os padrões de consumo em dias atípicos, como natal, dia das mães e eventos esportivos. Isto porque as normas recomendam que se evite estes dias para se realizar a gravimetria, porém é de extrema importância que a gestão saiba a quantidade e qualidade dos resíduos destes momentos para poder planejar ações objetivando uma destinação adequada e manter a qualidade ambiental;
- Verificar mudanças nos padrões de consumo da população de São Carlos entre as estações climáticas, principalmente os resíduos do tipo “Matéria orgânica” e “Medicamentos”. Esta análise poderia ser verificada diretamente com os pontos de vendas desses tipos de produtos (supermercados, hortifrutties e farmácias), através do controle internos dos mesmos de compra e venda.
- Realizar o diagnóstico e propor melhorias na cooperativa do município de São Carlos, uma vez que a mesma se encontra em condições regulares e foi observado que não há cooperado com conhecimento técnico. Este trabalho poderia ser feito acompanhando o cotidiano da cooperativa, desde a coleta, divisão de funções, levantamento do mercado de recicláveis e triagem, identificar potencialidades e fragilidades e assim, propor mudanças para aumentar a eficiência e melhorar condições de trabalho dos cooperados;
- Determinar a combinação de setores que seja mais próximo ainda do que a obtida neste estudo. Para tal, recomenda-se que alguém com conhecimento avançado na área computacional realize todas as combinações possíveis, o que dispensa a análise de agrupamento, e verifique a significância do resultado;

- Estudo dos custos e dos impactos ambientais relacionados ao gerenciamento de resíduos sólidos no município, dado que muitos materiais seguem destinos inadequados e com isto há perdas de recursos financeiros tanto na recuperação de materiais quanto no gasto com o transporte e disposição no aterro sanitário, além de implicar e mais retirada de recursos ambientais para a produção do mesmo material que poderia ser recuperado.
- Levantamento de cenários para implementar pontos de coleta para logística reversa no município. A partir dos dados populacionais, metas estabelecidas pela CETESB, principais resíduos gerados no município passíveis de logística reversa e interfaces geográficas, selecionar os locais que fossem bem aceitos pela população e aumentasse a destinação correta destes itens;
- Aplicar programa de educação ambiental no município focado na questão de resíduos sólidos e avaliar a eficiência da mesma.
- Levantar os ganhos ambientais resultantes caso somente os rejeitos fossem destinados ao aterro sanitário, como redução da poluição ambiental, qualidade do lixiviado do aterro e a redução no consumo de energia e recursos naturais para a produção.
- Análise da redução dos custos no cenário em que somente rejeitos fossem destinados ao aterro sanitário, através de um levantamento dos custos atuais em todas as etapas do gerenciamento por massa de resíduo.
- Diagnóstico dos catadores informais do município de São Carlos e sua influência na recuperação de materiais recicláveis e participação na logística reversa. Esta investigação poderia ser feita através da coleta de dados nos locais de compra e venda de materiais recicláveis e aplicação de questionários.
- Levantar as formas que a população adquire o conhecimento sobre compostagem e as razões pelas quais elas adotam esta forma de recuperação, para que assim seja proposto medidas para incentivar a recuperação da fração orgânica do município.

Referências

ABIC. Associação Brasileira da Indústria do Café. Tendência do Mercado de cafés em 2017. Disponível em: <http://consorciopesquisacafe.com.br/arquivos/consorcio/consumo/tendencias_do_mercado_cafe_2017.pdf>. Acesso em: dezembro de 2018.

ADENIRAN, A. E.; NUBI, A. T.; ADELOPO, A. O. Solid waste generation and characterization in the University of Lagos for a sustainable waste management. **Waste Management**. v. 67, p 3-10, 2017.

ALBACH, D.; RAZERA, D. L.; ALVES, J. L. Design para a sustentabilidade e a relação histórica das ambientais. **MIX Sustentável**. v. 2, n. 1, p. 45–52, 2016.

ALCANTARA, A. J. de O. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos e caracterização química do solo da área de disposição final do município de Cáceres-MT**. Dissertação. Cáceres: Universidade do Estado de Mato Grosso, 2010.

ALMEIDA, R. G. de. Estudo da Geração de resíduos sólidos domiciliares urbanos do município de Caçador SC, a partir da caracterização física e composição gravimétrica. **Ignis - Revista de Engenharias e Inovação Tecnológica**, v. 1, n. 1, p. 51–70, 2012.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: junho de 2018.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017**. São Paulo: ABRELPE, 2018.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.007/2004 - Amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

Associação Brasileira dos Fabricantes de Latas de Alumínio. ABRALATAS. Reciclagem sempre em alta. Disponível em: <<http://www.abralatas.org.br/A-sempre-em-alta/>>. Acesso em: dezembro de 2018.

Associação Comercial São Carlos. Disponível em: <<https://www.acisc.com.br/noticias/2018/06/informativo-economico-acisc-n-20--quantidade-de-empresas-em-sao-carlos-sp/>>. Acesso em: dezembro de 2018.

ASTM INTERNATIONAL. **Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed**. ASTM D5231-92, p. 1–5, 2003.

BARBETTA, P. A. Estatística Aplicada às Ciências Sociais. 9ª ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2014.

BARBETTA, P. A.; REIS, M. M.; BORNIA, A. C. Estatística para Cursos de Engenharia e Informática. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

BARTLE, A. **Fiber Recycling: Potential or Saving Energy and Resources**. Institute of Chemical Engineering. Vienna University of Technology, 1060, Vienna, 2010.

BARBOSA, Y. B. **Análise temporal do processo de ocupação dos vazios urbanos no município de sao carlos, SP**. Dissertação. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2018.

BAUMAN, Z. **Vida líquida**. Tradução Carlos Alberto Medeiros. Rio de Janeiro: Editora Zahar, 2007.

BRASIL. **Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2. ed. Brasília - DF: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

CAMPOS, R. F. F. DE; BORGA, T. Caracterização gravimétrica do material reciclável destinado à Coocima pelo programa de coleta seletiva do município de Caçador- SC. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. v. 19, n. 3, p. 325–338, 2015.

CARDOSO, M. Á. **Caracterização de Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares no Município de Criciúma, com Ênfase na Cadeia de Comercialização dos Recicláveis**. Monografia. Criciúma: UNESC, 2013.

CARVALHO, P. R. **A cultura de consumo nos blogs de moda: representações, participação e vínculos**. Dissertação. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2014.

CEPAGRI. Clima dos Municípios Paulistas. Disponível em: <<https://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acesso em: 5 jul. 2018.

CHRISTENSEN, J. L.; LUNDVALL, B. **Product innovation, interactive Learning and Economic Performance**. 1 ed. United Kingdom: Emerald, 2004.

COELHO, T. C.; ALENCAR, R.; OLIVEIRA, R. M. S. de. Caracterização física dos resíduos sólidos de palmas-to destinados ao aterro sanitário municipal. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**. v. 7, n. 12, p. 1471–1484, 2011.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. CETESB. **DECISÃO DE DIRETORIA No 076/2018/C:** que estabelece procedimento para a incorporação da logística reversa no âmbito do licenciamento ambiental, em atendimento a Resolução SMA 45, de 23 de junho de 2015 e dá outras providências. Diário Oficial da União (DOU), nº128 (61), p 86-87, 2018.

Compromisso Empresarial para Reciclagem. CEMPRE. Mercado - Preço do Material Reciclável. Disponível em: <<http://cempre.org.br/servico/mercado>>. Acesso em: dezembro de 2018.

Confederação Nacional de Municípios. CNM. **A gestão de resíduos sólidos no brasil e os desafios ao cumprimento da lei no 12.305, de 2010.** Disponível em: <http://www.iee.usp.br/sites/default/files/CNM_Camara_Seminario.PNRS.CLP.%20C NM.pdf>. Acessado em: novembro de 2018.

CORDOBA, R. E.; CASTRO, M. A. S. de.; MARTINS, L. G. B.; SCHALCH, V. Avaliação dos impactos de resíduos sólidos em sistemas de micro drenagem urbana – estudo de caso em campus universitário. **ABES**. p. 1–10, 2013.

COSTA, L. T.; MAGALHÃES, F.; CARMO, D. de F. do; NASSAR, C. C. P.; GONÇALVES, C. De. S.; MENEZES, A. G. T.; WILKER, W.; OLIVEIRA, A. de.; MARIANO, F. L.; NASCIMENTO, L. V.; VENEROSO, F.; CAIS, T.; SERVIDONE, L. E.; BATISTA, C.; ROJAS, K. Caracterização E Percepção Ambiental Dos Resíduos Sólidos Urbanos Nas Diferentes Classes Sociais No Município De Alfenas – MG. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 5, n. 2, p. 25–49, 2012.

DAHLÉN, L.; LAGERKVIST, A. Methods for household waste composition studies. **Waste Management**. v. 28, n. 7, p. 1100–1112, 2008.

DIAS, J. A.; MORAES FILHO, A. M. DE. **Os Resíduos Sólidos e a Responsabilidade Ambiental Pós-Consumo**. Marília, 2006. Disponível em: <www.prsp.mpf.gov.br/marilia>. Acessado em: maio de 2018.

DOMINGUES, P. H. F.; GALVÃO, T. F.; SÁ, P. T. T. de; SILVA, M. T.; PEREIRA, M. G. Prevalência da automedicação da população adulta no Brasil: revisão sistemática. **Revista de Saúde Pública**. v. 49, p 1-8, 2015.

EDJABOU, M. E., JENSEN, M. B., GOTZE, R., PIVNENKO, K., PETERSEN, C., SCHEUTZ, C., ASTRUP, T. F. Municipal solid waste composition: Sampling methodology, statistical analyses, and case study evaluation. **Waste Management**. v. 36, p. 12–23, 2015.

EPA530-D-02-002. **RCRA Waste Sampling Draft Technical Guidance: Planning, Implementation, and Assessment.** U. S. Environmental Protection Agency. Washington, 2002.

EUROPEAN COMMISSION. **Methodology for the analysis of solid waste (SWA-tool).** 5th Framework Program. Austria, 2004.

EVERITT, B. S.; SKRONDAL, A. **The Cambridge Dictionary of Statistics.** 4 ed. Nova York: Cambridge University Press, 2010.

FABRÍCIO, T. S. **A cidade educadora e o enfoque CTS: articulações possíveis a partir dos professores de ciências em formação.** Tese. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2016.

FANTIN, M.; SCHENK, L. B. M.; PERES, R. B. **Propostas de expansão urbana para o plano diretor de São Carlos (SP): Um olhar sob o prisma das limitações dos meios físicos e bióticos.** In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Campinas, 2017.

FARRANT, L.; OLSEN, S. I.; WANGEL, A. Environmental benefits from reusing clothes. **Int. J. Life Cycle Assess.** v. 15, p 726-736, 2010.

FERNANDEZ, J. A. B. **Diagnóstico e Diretrizes para o Gerenciamento de Resíduos Perigosos Domiciliares: Estudo de Caso do Município de São Carlos - SP.** Tese. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2008.

FONSECA, A. B.; SOUZA, T. S. N. De; FROZI, D. S.; PEREIRA, R. A. Modernidade alimentar e consumo de alimentos : contribuições sócio-antropológicas para a pesquisa em nutrição. **Ciência & Saúde Coletiva.** v. 16, n. 9, p. 3853–3862, 2011.

FÓRUM COMUNITÁRIO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE SÃO CARLOS. **A coleta seletiva e o Fórum Comunitário.** Disponível em: <<https://forumppresiduos.wixsite.com/forumppresiduos/historia?fbclid=IwAR1yDH8ez5igEgzxUl6DQ1qhpdPCdGOA2Bq0-swF1A0bDFRdiRt3cn5mwzg>>. Acesso em: abril de 2019.

FRANCO, C. S. **Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares e percepção dos hábitos de descarte.** Dissertação. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2012.

FRÉSCA, F. R. C. **Estudo da geração de resíduos sólidos domiciliares no município de São Carlos, SP, a partir da caracterização física.** Dissertação. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2007.

Fundação para Incremento da Pesquisa e do Aperfeiçoamento Industrial. **Estudo de Impacto Ambiental do Aterro Sanitário para Disposição Final de Resíduos Sólidos Domiciliares do Município de São Carlos/SP – Volume 1.** São Carlos: FIPAI, 2009.

GALDINO, S. D. J.; MARTINS, C. H. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos da coleta convencional de um município de pequeno porte. **Tecnologia**, v. 20, n. 1, p. 01-08, 2016.

GALLARDO, A.; EDO-ÁLCÓN, N.; CARLOS, M. RENAÚ, M. The determination of waste generation and composition as an essential tool to improve the waste management plan of a university. **Waste Management**. v. 53, p. 3–11, jul. 2016.

GASQUES, A. C. F. Caracterização Quantitativa e Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Campo Mourão - PR. Monografia. Campo Mourão: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

GODOY, M. R. B. Dificuldades para aplicar a Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil. **Caderno de Geografia**. v. 23, n. 39, p. 1–12, 2013.

GOMES, L. P. Estudo da Caracterização Física e da Biodegradabilidade dos Resíduos Sólidos Urbanos em Aterros Sanitários. Tese. São Carlos: Universidade de São Paulo, 1989.

GOMES, M. H. S. C., OLIVEIRA, E. C., BRESCIANI, L. P., PEREIRA, R. Da. S. Política Nacional de Resíduos Sólidos: Perspectivas de Cumprimento da Lei 12.305/2010 pelos municípios brasileiros, paulistas e da região do ABC. **Revista de Administração da UFSM**. v. 7, n. 0, p. 93–110, 2014.

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

GUADAGNIN, M. R.; OENING, A. da S.; LIMA, B. B.; PONT, C. B. D. VALVASSORI, M. L. **Estudo de composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos em municípios do sul catarinense**. In: IX Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental. Anais...Porto Alegre: ABES, 2014.

GUIMARÃES, D. P.; BERNHARD, R. Resíduos sólidos do município de tefé (Amazonas): caracterização do problema e potencial econômico. **HOLOS Environment**. v. 15, n. 1, p. 35–48, 2015.

HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise Multivariada de dados**. 5ª ed. Bookman. 2005.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2010.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-carlos/panorama>>. Acesso em: julho de 2018b.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Estimativas da População**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: outubro de 2018a.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Países**. Disponível em: <<https://paises.ibge.gov.br/dados/brasil>>. Acesso em: abril de 2019.

KIM, V. J. H. et. al. **Similaridade Entre os Conceitos de Economia Circular e Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**. In: 9º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. Anais. Porto Alegre - RS: Instituto Venturi, 2018a.

KIM, V. J. H.; CONTE, G. G.; SCHALCH, V. **Metodologias para Caracterização Física de Resíduos Domiciliares: Uma Revisão Sistemática**. In: 9º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. Anais. Porto Alegre - RS: Instituto Venturi, 2018b.

KLEE, A. J. New Approaches to Estimation of Solid-Waste Quantity and Composition. **Environmental Engineering**. v. 119, n. 2, p. 248–261, 1993.

KONRAD, O.; CALDERAN, T.B.; SCHMEIER, N. P.; CASARIL, C. E.; LUMI, M. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos destinados para uma central de triagem, compostagem e disposição final. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**. v. 5, n. 1, p. 284-292, 31, 2014.

KONRAD, O.; CASARIL, C. E.; SCHMITZ, M. Estudo Dos Resíduos Sólidos Domésticos De Lajeado / Rs Pela Caracterização Gravimétrica. **Revista Destaques Acadêmicos**. v. 2, n. 4, p. 57–62, 2010.

KREJCIE, R. V; MORGAN, D. W. Determining Sample Size for Research Activities. **Educational and Psychological Measurement**. v. 30, p. 607–610, 1970.

LEFF, E. **Aventuras da epistemologia ambiental: da articulação das ciências ao diálogo dos saberes**. Rio de Janeiro: Garamond, 2004. 91 p.

LEOTTI, V. B.; BIRCK, A. R.; RIBOLDI, J. **Comparação dos testes de aderência à normalidade Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling, Cramer-Von Mises e**

Shapiro-Wilk por simulação. In: 11º Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica, 2005.

LOPES, L. **Gestão e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos: alternativa para pequenos municípios.** Dissertação. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006.

MACEDO, G. R.; CARMO, B. B. Do; CASTRO, G. F. P. De; CORREA, J. B. O poder do marketing no consumo excessivo de medicamentos no brasil. **Revista Transformar.** p. 114–128, 2014.

MANCINI, P. J. P. Uma Avaliação do Sistema de Coleta Informal de Resíduos Sólidos Recicláveis no Município de São Carlos, SP. Dissertação. São Carlos: Universidade de São Paulo, 1999.

MANTOVANI, V. A. **Caracterização Detalhada Dos Resíduos Sólidos Domiciliares De Sorocaba Visando Melhorias Do Sistema De Coleta Seletiva.** Dissertação. Sorocaba: Universidade Estadual Paulista, 2013.

MASKOW, R. P. **ASTM d5231 aplicada à caracterização da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos.** Estudo de caso: Novo Hamburgo, RS. Dissertação. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.

MATOS, T. F. L. Diagnóstico dos Resíduos Poliméricos Presentes nos Resíduos Sólidos Domiciliares Gerados em São Carlos - SP. Tese. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2006.

MCCAULEY-BELL, P.; REINHART, D. R.; SFEIR, H.; RYAN, B. O. Municipal solid waste composition studies. **Waste Management.** v. 1, n. 4, p. 158–163, 1997.

MEDEIROS, C. Inserção Externa, crescimento e padrões de consumo na economia brasileira. 174 p. Brasília: IPEA, 2015.

MELO, F. H. F. de A. **Caracterização e estudo do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos em um consórcio municipal do estado de pernambuco.** Dissertação. Caruaru: Universidade Federal de Pernambuco, 2015.

Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Saneamento Básico.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/485-plano-nacional-de-saneamento-b%C3%A1sico.html>>. Acesso em: Abril de 2019.

MOURA, A. A. de; LIMA, W. S. de; ARCHANJO, C. do R. **Análise da composição gravimétrica de resíduos sólidos urbanos: estudo de caso - município de Itaúna - MG.** *SynThesis Revista Digital FAPAM*, n. 3 (abr.), p. 4–16, 2012.

NASCIMENTO NETO, P.; MOREIRA, T. A. Política nacional de resíduos sólidos - reflexões a cerca do novo marco regulatório nacional. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**. n. 15, p. 10–19, 2010.

NEVES, A. C. R. R.; CASTRO, L. O. DE A. O Separação de materiais recicláveis: panorama no Brasil e incentivos à prática. **Rev. Elet. em Gestão Educação e Tecnologia Ambiental**. v. 8, n. 8, p. 1734–1742, 2012.

Núcleo Multidisciplinar e Integrado de Estudos, Formação e Intervenção em Economia Solidaria. NuMI EcoSol. **Coopervida – Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis de São Carlos**. Disponível em: <<http://www.numiecosol.ufscar.br/empreendimentos/coopervida>>. Acesso em abril de 2019.

OENNING, A. da S.; CARDOSO, M. Á.; PONT, C. B. D.; LIMA, B. B. VALVASSORI, M. L. Estudo de composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos do município de criciúma. **Revista Iniciação Científica**, v. 10, n. 1, p. 5–18, 2012.

OLIVEIRA, C. H. Planejamento Ambiental na Cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e propostas. Dissertação. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 1996.

OLIVEIRA, L. D. P. D. S. de. Representações sociais de autonomia e autogestão de catadores de materiais recicláveis e apoiadores da coopervida, São Carlos/SP. Tese. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2018.

OZCAN, H. K., GUVENC, S. Y., GUVENC, L., DEMIR, G. Municipal solid waste characterization according to different income levels: A case study. **Sustainability (Switzerland)**, v. 8, n. 1044, 2016.

PETERSEN, L.; DAHL, C. K.; ESBENSEN, K. H. Representative mass reduction in sampling - A critical survey of techniques and hardware. **Chemo metrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 74, n. 1, p. 95–114, 2004.

PETERSEN, L.; MINKKINEN, P.; ESBENSEN, K. H. Representative sampling for reliable data analysis: Theory of Sampling. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 77, n. 1–2, p. 261–277, 2005.

PICANÇO, S. F. Caracterização Física dos Resíduos Sólidos Urbanos Produzidos na Cidade de Parintins. Dissertação. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2013.

PONT, C. B. D.; VALVASSORI, M. L.; GUADAGNIN, M. R. **Estudo de Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos de Seis Municípios de**

Pequeno Porte do Sul de Santa Catarina. In: 4º Forum Internacional de Resíduos Sólidos. Anais...Porto Alegre - RS: 2013

PONTES, T. E., COSTA, T. F., MARUM, A. B. R. F., BRASIL, A. L. D. TADDEI, J. A. De A. C. Orientação nutricional de crianças e adolescentes e os novos padrões de consumo: propagandas, embalagens e rótulos. **Revista Paulista de Pediatria**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 99–105, 2009.

PORTAL ACTION. **Teste de Shapiro Wilk.** Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/inferencia/64-teste-de-shapiro-wilk>>. Acesso em: abril de 2018.

Prefeitura Municipal de São Carlos. A cidade de São Carlos. Disponível em: <<http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/conheca-sao-carlos/115268-a-cidade-de-sao-carlos.html>>. Acesso em: março de 2019a.

Prefeitura Municipal de São Carlos. A história de São Carlos. Disponível em: <<http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/historia-da-cidade/115269-historia-de-sao-carlos.html>>. Acesso em: abril de 2019b.

Prefeitura Municipal de São Carlos. Plano Municipal de Saneamento - São Carlos / SP - PMSSanCa. PMSC, São Carlos: 2012.

Prefeitura Municipal de São Carlos. Relação Eco Pontos em São Carlos. Disponível em: <<http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/meio-ambiente/163876-relacao-eco-pontos-em-sao-carlos.html>>. Acesso em: abril de 2019c.

Quadro do Paisagismo no Brasil - QUAPÁ. **A revisão do plano diretor da cidade de São Carlos e as novas formas urbanas em curso.** Disponível em: <<http://quapa.fau.usp.br/wordpress/wp-content/uploads/2015/11/A-revis%C3%A3o-do-Plano-Diretor-da-cidade-de-S%C3%A3o-Carlos-e-as-novas-formas-urbanas-em-curso.pdf>>. Acesso em: março de 2019.

RIBEIRO JUNIOR, V. G. Composição Gravimétrica e a Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Curitiba, Paraná. Monografia. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2013.

ROS, A. R. Crescimento da indústria de cosméticos. Monografia. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2016.

SANTIAGO, C.D., JUNIOR, D.J.S., MACIEL, G.B., PETINARI, I.B., RYTER, M. AND PUGLIESI, E. **Aplicação da observação participante no Diagnóstico**

socioambiental da Coopervida—cooperativa de reciclagem de São Carlos/SP.

In: XXIX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología. Santiago, 2013.

SANTOS, A. D. A.; PEIXOTO, K. L. G.; PASSOS, A.; NOGUCHI, H. S.; PESSOA, J. O.; SOBRINHO, M. A. M.. Caracterização quantitativa e qualitativa dos resíduos sólidos urbanos do município de Apuí-AM. **Revista EDUCAmazônia - Educação Sociedade e Meio Ambiente**, v. 10, n. 1, p. 49–58, 2013a.

SANTOS, A. D. A.; PEIXOTO, K. L. G.; TARTARI, R.; OLIVEIRA, B. O. S. de; SOBRINHO, M. A. M. Caracterização dos resíduos sólidos gerados na cidade de Humaitá – AM. **Revista EDUCAmazônia - Educação Sociedade e Meio Ambiente**, v. X, n. 1 p. 38–48, 2013b.

SANTOS, G. O.; MOTA, F. S. B. Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares de Fortaleza / CE Dispostos no Aterro Sanitário de Caucaia / CE. **Revista Tecnol. Fortaleza**, v. 31, n. 1, p. 39–50, 2010.

SCIPY.ORG. **Scipy Reference Guide**. Disponível em: <<https://docs.scipy.org/doc/scipy-1.1.0/reference/tutorial/index.html>>. Acesso em: maio de 2018.

SIGRIST, C. S. L; FONSECA, L. F. B.; VEIGA, J. M.; PAIVA, J. M. F.; MORIS, V. A. S. Desenvolvimento de ponto de coleta de resíduos eletroeletrônicos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1423–1438, 2015.

SILVA, E. de; OLIVEIRA, H. M. DE; SILVA, P. M. da S. Consumismo , obsolescência programada e a qualidade de vida da sociedade moderna. **Educação Ambiental em Ação**, n. 53, p. 1–7, 2015.

SILVA, L. U. da. Disposição final de resíduos sólidos urbanos e a responsabilidade dos geradores e do poder público. Monografia de especialização. Medianeira: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.

Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS). Diagnóstico de resíduos sólidos. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos>>. Acesso em: 30/03/2019a.

Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS). Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/institucional-snis>>. Acesso em: 30/03/2019b.

SOARES, A. P. **Caracterização Gravimétrica dos Resíduos Sólidos do Baixo Jequitinhonha / Minas Gerais – Instrumento Para Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos Sob Perspectiva Regional**. In: IV Congresso Brasileiro de

Gestão Ambiental. Anais...Salvador-BA: IBEAS - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2013.

SOARES, A. P. **Caracterização Gravimétrica Dos Resíduos Sólidos Urbanos Do Município De Manhumirim / Minas Gerais – Como Ferramenta De Avaliação Preliminar Do Programa De Coleta Seletiva**. In: V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. **Anais...**Belo Horizonte: IBEAS - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2014.

SOARES, E. L. de S. F. **Estudo Da Caracterização Gravimétrica E Poder Calorífico Dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Dissertação. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011.

SOCIAL SCIENCE STATISTICS. **Mann-Whitney U Test Calculator**. Disponível em: <<https://www.socscistatistics.com/tests/mannwhitney/>>. Acesso em: dezembro de 2018.

SOUZA, D. E. S. de; LOPES, R. M.; SANJAD, H. C.; NEVES, R. R.; SANTOS, A. B. dos. **Estudo da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos do município de óbidos-pa e determinação da produção per capita municipal**. In: XI Seminário Nacional de Resíduos Sólidos. **Anais...**Brasília: ABES, 2014

SOUZA, E. B. de. Transição nutricional no Brasil: análise dos principais fatores. **Cadernos UniFOA**, v. 5, n. 13, p. 49–53, 2010.

SOUZA, J. A. R. de; MOREIRA, D. A.; GUIMARÃES, G. I.; CARVALHO, W. B. de. Caracterização e influência da sazonalidade na geração de resíduos sólidos em Urutaí-GO. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 1, p. 79–83, 2015.

TÁRCIO, M. F. A cidade educadora e o enfoque CTS: articulações possíveis a partir dos professores de ciências em formação. Tese. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2016.

TORMAN, V. B. L.; COSTER, R.; RIBOLDI, J. Normalidade de variáveis: métodos de verificação e comparação de alguns testes não-paramétricos por simulação. **Revista HCPA**, v. 32, n. 2, p. 227–234, 2012.

TUCCI, C. E. M. Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v 2, n. 2, p 5-12, 2012.

U.N. Environment. **Mapping of global plastics value chain and plastics losses to the environment** - With a particular focus on marine environment. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya, 2018.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidance for Data Quality Assessment - Practical Methods for Data Analysis**. Washington DC, 2000.

VEGA, C. A. de; BENÍTEZ, S. O.; BARRETO, M. E. R. Solid waste characterization and recycling potential for a university campus. **Waste Management**, v. 28, n. SUPPL. 1, 2008.

VIANA, E.; SILVEIRA, A. I.; MARTINHO, G. Caracterização de resíduos sólidos - Uma abordagem metodológica e propositiva. 1a Edição ed. São Paulo - SP: Editora Biblioteca24horas, Seven System International Ltda., 2015.

VILHENA, A. **Lixo Municipal**: Manual de Gerenciamento Integrado. 4ª ed. São Paulo: CEMPRE, 2018. 316 p: il.

ZANIN, F. L.; RODRIGUES, A. M. E. **Tempo para trabalhar , tempo para viver a vida**: As possibilidades de uma vida a ser vivida fora da centralidade do trabalho . In: VI Congresso Brasileiro de Estudos Organizacionais. Anais...Porto Alegre – RS, 2016.

ZANIRATO, S. H.; ROTONDARO, T. Consumo, um dos dilemas da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 30, n. 88, p. 77–92, 2016.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Mapa conceitual

Figura 61: Mapa conceitual da similaridade existente entre a PNRS e Economia Circular.

Fonte: Autora

APÊNDICE B – Termo de consentimento livre e esclarecido

Pesquisador(es) responsável(is): Viviane Jin Hee Kim

Instituição/Departamento: Departamento de Hidráulica e Saneamento – EESC/USP

Email: viviane.kim@usp.br

Local da coleta de dados: _____

Prezado(a) Senhor(a), você está sendo **convidado(a)** a responder às perguntas deste questionário de forma totalmente **voluntária**. Antes de concordar em participar desta pesquisa e responder este questionário, é muito importante que você compreenda as informações e instruções contidas neste documento. Os pesquisadores deverão responder todas as suas dúvidas antes que você se decidir a participar. Você tem o direito de desistir de participar da pesquisa a qualquer momento, sem nenhuma penalidade

Título do estudo “Análise dos fatores influentes sobre a composição gravimétrica dos resíduos domiciliares: Um estudo de caso de São Carlos – SP”

Procedimentos: Sua participação nesta pesquisa consistirá apenas no preenchimento deste questionário.

Riscos: O preenchimento deste questionário não representará qualquer risco de ordem física ou psicológica para você.

Sigilo: As informações fornecidas por você terão sua privacidade garantida pelos pesquisadores responsáveis. Os sujeitos da pesquisa não serão identificados em nenhum momento, mesmo quando os resultados desta pesquisa forem divulgados em qualquer forma.

Ciente e de acordo com o que foi anteriormente exposto, eu _____, estou de acordo em participar desta pesquisa, assinando este consentimento em duas vias, ficando com a posse de uma delas.

São Carlos, ____ de _____ de 20__.

Assinatura do voluntário(a)

Assinatura da pesquisadora

APÊNDICE C - Questionário perfil socioeconômico

1. Qual o bairro que você reside?

2. Quantas pessoas habitam nesta residência (incluindo você)?

3. Qual é a renda total mensal de sua família? (Considere a soma de todos os salários dos membros de sua família. SM = Salário Mínimo Nacional.)

(1) Até 1 SM ou até R\$ 954,00.

(2) De 1,0 a 2,0 SM ou de R\$ 954,00 a R\$ 1.908,00.

(3) De 2,0 a 3,0 SM ou de R\$ 1.908,00 a R\$ 2.862,00.

(4) De 3,0 a 4,0 SM ou de R\$ 2.862,00 a R\$ 3.816,00.

(5) De 4,0 a 5,0 SM ou de R\$ 3.816,00 a R\$ 4.770,00.

(6) 5,0 SM ou mais: R\$ 4.770,00 ou mais.

4. A moradia é: () Alugada () Própria () Cedida

5. Qual é o nível de instrução do chefe da família?

(1) Analfabeto.

(2) Ensino fundamental incompleto.

(3) Ensino fundamental completo

(4) Ensino médio completo.

(5) Superior incompleto.

(6) Superior completo.

6. Das 14 principais refeições da semana (almoço e janta), quantas você costuma preparar em casa?

() Menos de 5

() Entre 5 e 10

() Mais de 10

7. Você sabe o que é compostagem? () Sim () Não

8. Você separa os resíduos orgânicos e destina para compostagem?

() Sim

() Não

() Não sei o que é compostagem

9. Você separa os materiais recicláveis?

() Sim

() Não

10. A coleta dos recicláveis é feita por quem?

() Coleta seletiva

() Catadores informais

() Levo para locais que recebem este tipo de material (Ex: Ecoponto)

() Não sei

() Não separo os recicláveis

APÊNDICE D – Código da análise de agrupamento

```
# -*- coding: utf-8 -*-
# Linguagem de Programação Python, versão 3.6.4
# Utilizando a IDE Spyder 3.2.6
#Bibliotecas Necessárias
import pandas as pd
from scipy.cluster import hierarchy
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib

#Configuracao da Fonte da Figura
font = {'family' : 'normal',
        'weight' : 'normal',
        'size'   : 16}

matplotlib.rc('font', **font)

#leitura dos dados
dados = pd.read_csv('Dados_Verao_2018.csv', sep=';', index_col=0)
dados_matrix = dados.as_matrix()

#Matriz de distâncias
Z = hierarchy.linkage(dados_matrix.transpose(),optimal_ordering =True,
method='ward')

#Geracao do Dendrograma
labels = [x.split()[1] for x in list(dados.columns)]
plt.figure(dpi=100, figsize=(12,8))
dn = hierarchy.dendrogram(Z, labels=labels)
plt.xlabel('Setores')
plt.ylabel(u'Distância')
plt.xticks(fontsize=16)
plt.tight_layout()
plt.savefig('Dendrograma_MetodoWard_DistEuclidiana_Verao.png', dpi=100)
```


APÊNDICE E – Lista de bairros

Quadro 4: Lista de bairros por setores da coleta regular de São Carlos em 2018.

Setor	Bairros
2	Centreville, Centro, Jardim Cardinalli, Jardim Ricetti, Jardim São Carlos, Núcleo Residencial Silvio Vilari, Vila Lutfalla, Vila Marcelino, Vila Monteiro
3	Centro, Chácara São João, Jardim Lutfalla, Jardim Macarengo, Jardim São João Batista, Parque Arnold Schmidt, Parque Santa Mônica, Vila Arnaldo, Vila Brasília, Vila Costa do Sol, Vila Elizabeth, Vila Marina, Vila Monteiro
4	Centreville, Centro, Chácara Parque Club, Chácara São João, Jardim Bethânia, Jardim Brasil, Jardim Cardinalli, Jardim Paraíso, Jardim São Carlos, Loteamento São Carlos Club, Núcleo Residencial Silvio Vilari, Parque Santa Mônica, Vila Deriggi, Vila Faria, Vila Prado, Vila Rancho Velho, Vila Vista Alegre
6	Chácara São Caetano, Jardim São João Batista, Parque Espraiado, Parque Paraíso, Vila Brasília, Vila Celina, Vila Costa do Sol, Vila Marigo, Vila Marina, Vila Monteiro, Vila São José
7	Centro, Cidade Jardim, Jardim Alvorada, Jardim Bethânia, Jardim Lutfalla, Jardim Nova Santa Paula, Jardim Paraíso, Jardim São Carlos, Parque Arnold Schmidt, Parque Santa Mônica, Vila Costa do Sol, Vila Marina
8	Azulville I, Centreville, Jardim Brasil, Jardim Cardinalli, Jardim Citelli, Jardim Dona Francisca, Jardim Mercedes, Jardim Nossa Senhora Aparecida, Jardim Nova São Carlos, Jardim Ricetti, Jardim São Carlos, Jardim São Paulo, Jardim Taiti, Núcleo Residencial Castelo Branco, Portal do Sol, Vila Alpes, Vila Lutfalla, Vila MArcelino, Vila Monteiro
10	Conjunto Habitacional Dom Constanti, Jardim dos Coqueiros, Jardim Munique, Jardim Santa Maria II, Jardim Tangará, Jardim Veneza, Parque Residencial Maria Stella Fagá, Residencial Astolpho Luiz do Prado, Residencial Itamarati
12	Cidade Jardim, Jardim Guanabara, Jardim Hikare, Jardim Jockey Club A, Jardim Paulistano, Jardim Santa Paula, Oarque Delta, Parque Tecnológico Damha São Carlos, Vila Celina, Vila Marina
13	Cidade Jardim, Jardim Acapulco, Jardim Bandeirantes, Jardim Centenário, Jardim Hikare, Jardim Nova Santa Paula, Jardim Paulistanom Jardim Santa Elisa, Jardim Santa Paula, Loteamento Habitacional São Carlos, Parque Arnold Schmidt, Parque Santa Felícia, Parque Santa Marta, Parque Santa Mônica
14	Jardim Alvorada, Jardim Bandeirantes, Loteamento Habitacional São Carlos, Loteamento Municipal São Carlos 3, Loteamento Municipal São Carlos 4, Parque Paraíso, Parque Santa Felícia, Parque Santa Mônica, Parque Sisi, Planalto Paraíso, Residencial Monsenhor Romeu Tortorelli
16	Condomínio Residencial Montreal, Conjunto Habitacional Santa Angelina, Jardim Embaré, Jardim Ipanema, Jardim Jockey Club A, Loteamento Habitacional São Carlos, Parque Fehr
19	Jardim Beatriz, Jardim Cruzeiro do Sul, Jardim das Rosas, Jardim Gonzaga, Jardim Martinelli, Jardim Pacaembum Jardim Santa Terezam Jardim Social Belvedere, Vila Conceição, Vila Monte Carlo, Vila Prado, Vila Santa Madre Cabrini, Vila Sônia
20	CEAT, Cidade Aracy, Distrito Industrial Miguel Abdelnur, Jardim Social Presidente Collor, Parque Novo Mundo, Parque Tecnológico, Vila Izabel, Vila Morumbi
21	Cidade Aracy, Loteamento Social Antenor Garcia
23	Cidade Aracy, Jardim Bicão, Jardim das Torres, Jardim Medeiros, Loteamento Social Antenor Garcia, Residencial Deputado José Zavaglia, Romeu Santini
24	Jardim Botafogo 1, Jardim Brasil, Jardim Gibertoni, Jardim Paulista, Jardim São Carlos, Parque Faber Castell I, Parque Faber Castell II, Parque Santa Felícia, Parque Santa Mônica, Recreio dos Bandeirantes, Vila Boa Vista 1, Vila Carmem, Vila Prado

APÊNDICE F - Ficha coleta de dados – aterro sanitário

Campanha: _____ Setor: ____ Data de coleta: ____/____/____

Turno da coleta: _____ N° caminhão: _____ Massa total: _____

Bairros: _____

Materiais grosseiros presentes:

Massa total retirada para quarteamento: _____

Gravimetria

Tipo	Massa
Matéria orgânica	
Papel	
Papelão	
Plástico filme	
Plástico rígido	
Vidro	
Metais ferrosos	
Metais não ferrosos	
Embalagem Longa Vida	
Têxteis e couro	
REE	
Medicamentos e curativos	
Embalagens de tintas, esmaltes, aerossóis e inseticidas	
Rejeitos	
TOTAL	

OBS:

APÊNDICE G – Gráficos de probabilidade normal

Figura 62: GPN dos dados do “Papel” para o verão de São Carlos em 2018.

Figura 63: GPN dos dados do “Papelo” para o verão de São Carlos em 2018.

Figura 64: GPN dos dados do “Plástico filme” para o verão de São Carlos em 2018.

Figura 65: GPN dos dados do “Plástico rígido” para o verão de São Carlos em 2018.

Figura 66: GPN dos dados do “Vidro” para o verão de São Carlos em 2018.

Figura 67: GPN dos dados do “Metais” para o verão de São Carlos em 2018.

Figura 68: GPN dos dados do “Embalagens longa vida” para o verão de São Carlos em 2018.

Figura 69: GPN dos dados do “Têxteis, couro e borracha” para o verão de São Carlos em 2018.

Figura 70: GPN dos dados do “REE” para o verão de São Carlos em 2018.

Figura 71: GPN dos dados do “Medicamentos, curativos e embalagens de medicamentos e cosméticos” para o verão de São Carlos em 2018.

Figura 72: GPN dos dados do “Embalagens de tintas, esmaltes, aerossóis e inseticidas” para o verão de São Carlos em 2018.

Figura 73: GPN dos dados do “Rejeitos” para o verão de São Carlos em 2018.

Figura 74: GPN dos dados do “Papel” para o inverno de São Carlos em 2018.

Figura 75: GPN dos dados do “Papelão” para o inverno de São Carlos em 2018.

Figura 76: GPN dos dados do “Plástico filme” para o inverno de São Carlos em 2018.

Figura 77: GPN dos dados do “Plástico rígido” para o inverno de São Carlos em 2018. **Figura 78: GPN dos dados do tipo “Vidro” para o inverno de São Carlos em 2018.** **Figura 79: GPN dos dados do tipo “Metais” para o inverno de São Carlos em 2018.**

Figura 80: GPN dos dados do tipo “Embalagens longa vida” para o inverno de São Carlos em 2018.

Figura 81: GPN dos dados do tipo “Têxteis, couro e borracha” para o inverno de São Carlos em 2018.

Figura 82: GPN dos dados do tipo “REE” para o inverno de São Carlos em 2018.

Figura 83: GPN dos dados do tipo “Medicamentos, curativos e embalagens de medicamentos e cosméticos” para o inverno de São Carlos em 2018.

Figura 84: GPN dos dados do tipo “Embalagens de tintas, esmaltes, aerossóis e inseticidas” para o inverno de São Carlos em 2018.

Figura 85: GPN dos dados do tipo “Rejeitos” para o inverno de São Carlos em 2018.

Figura 86: GPN dos dados do tipo “Papel” para a média de São Carlos em 2018.

Figura 87: GPN dos dados do tipo “Papelão” para a média de São Carlos em 2018.

Figura 88: GPN dos dados do tipo “Plástico filme” para a média de São Carlos em 2018.

Figura 89: GPN dos dados do tipo “Plástico rígido” para a média de São Carlos em 2018.

Figura 90: GPN dos dados do tipo “Vidro” para a média de São Carlos em 2018.

Figura 91: GPN dos dados do tipo “Metais” para a média de São Carlos em 2018.

Figura 92: GPN dos dados do tipo “Embalagens longa vida” para a média de São Carlos em 2018.

Figura 93: GPN dos dados do tipo “Têxteis, couro e borracha” para a média de São Carlos em 2018.

Figura 94: GPN dos dados do tipo “REE” para a média de São Carlos em 2018.

Figura 95: GPN dos dados do tipo “Medicamentos, curativos e embalagens de medicamentos e cosméticos” para a média de São Carlos em 2018.

Figura 96: GPN dos dados do tipo “Embalagens de tintas, esmaltes, aerossóis e inseticidas” para a média de São Carlos em 2018.

Figura 97: GPN dos dados do tipo “Rejeitos” para a média de São Carlos em 2018.

APÊNDICE H – Resultado das combinações

Tabela 19 - Resultado da gravimetria estimada a partir de das combinações de setores no verão.

Verão							
Combinação	Distância	Combinação	Distância	Combinação	Distância	Combinação	Distância
23-20-16	12,26	13-6-12	7,57	19-3-7	6,27	13-8-2	4,42
13-20-16	12,13	13-6-7	7,44	19-3-2	6,26	21-8-16	4,41
19-20-16	11,62	19-6-2	7,38	21-20-4	6,09	21-8-7	4,39
23-20-12	11,37	23-6-2	7,32	21-20-14	6,05	21-6-4	4,34
13-20-7	11,34	21-6-2	7,31	23-8-12	5,98	10-3-12	4,30
13-20-12	11,34	19-6-7	7,29	23-6-4	5,75	23-8-14	4,22
23-20-7	11,17	23-3-16	7,22	21-8-2	5,74	19-8-4	4,17
19-20-7	10,92	23-6-7	7,13	19-8-2	5,52	19-6-14	4,15
19-20-12	10,60	19-6-12	6,95	19-3-12	5,49	13-8-4	3,95
10-20-16	9,75	23-8-16	6,95	13-3-2	5,49	10-6-4	3,94
23-20-2	9,51	13-8-7	6,91	19-6-4	5,40	21-3-7	3,93
21-20-16	9,35	10-6-2	6,90	10-6-12	5,36	21-3-12	3,92
19-20-2	9,15	13-3-16	6,90	19-8-12	5,33	19-3-14	3,77
23-20-14	9,07	13-8-16	6,87	10-8-2	5,31	10-3-14	3,69
13-20-14	8,97	19-8-7	6,77	23-8-2	5,26	10-8-12	3,67
13-20-2	8,95	21-3-2	6,67	13-6-4	5,26	13-8-12	3,67
23-20-4	8,94	13-6-2	6,62	21-6-12	5,21	13-3-4	3,59
10-20-7	8,86	10-20-14	6,59	10-6-7	5,20	19-3-4	3,57
10-20-12	8,84	10-6-16	6,59	23-3-14	5,06	13-8-14	3,42
23-6-16	8,73	13-3-7	6,56	23-6-14	5,01	19-8-14	3,42
13-20-4	8,60	23-3-12	6,54	10-8-7	4,94	21-3-14	3,39
13-6-16	8,57	19-8-16	6,52	13-6-14	4,88	21-8-12	3,29
21-20-12	8,39	21-6-16	6,47	10-3-16	4,87	21-8-4	3,26
19-6-16	8,28	23-8-7	6,46	21-6-7	4,80	21-3-4	2,96
19-20-4	8,26	23-3-2	6,46	13-3-14	4,74	10-6-14	2,95
21-20-7	8,26	19-3-16	6,41	10-8-16	4,68	10-8-4	2,90
19-20-14	8,16	13-3-12	6,39	10-3-7	4,59	21-6-14	2,86
10-20-2	7,88	23-3-7	6,36	21-3-16	4,55	10-8-14	2,79
21-20-2	7,85	10-3-2	6,35	23-3-4	4,49	10-3-4	2,65
23-6-12	7,58	10-20-4	6,32	23-8-4	4,42	21-8-14	2,49

Tabela 20: Resultado da gravimetria estimada a partir da combinação de setores no inverno.

Inverno					
Combinação	Distância	Combinação	Distância	Combinação	Distância
3-6-2	7,65	3-8-2	4,70	3-10-24	3,95
3-16-2	7,46	3-6-24	4,55	3-16-20	3,89
3-14-2	6,62	3-4-23	4,37	3-12-24	3,77
3-8-7	6,37	3-8-24	4,27	3-10-20	3,54
3-4-2	6,23	3-16-7	4,26	3-12-23	3,47
3-10-7	6,17	3-4-24	4,23	3-12-20	3,21
3-4-7	6,02	3-6-7	4,21	3-14-20	3,17
3-12-7	5,92	3-16-24	4,20	3-8-20	2,96
3-12-2	5,58	3-6-20	4,05	3-6-23	2,42
3-10-2	5,54	3-14-24	4,05	3-14-23	1,88
3-14-7	4,78	3-10-23	3,99	3-16-23	1,72
3-8-23	4,71	3-4-20	3,98		

ANEXOS

ANEXO A

Tabela 21 - Valores tabelados da constante $a(n-i+1)$, geradas pelas médias, variâncias e covariâncias das estatísticas de ordem de uma amostra de tamanho n de uma distribuição Normal

i\ n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	0,7071	0,7071	0,6872	0,6646	0,6431	0,6233	0,6062	0,5888	0,5739	0,5601	0,5475	0,5359	
2			0,1677	0,2413	0,2806	0,3031	0,3164	0,3244	0,3291	0,3315	0,3325	0,3325	
3					0,0875	0,1401	0,1743	0,1976	0,2141	0,226	0,2347	0,2412	
4							0,0561	0,0947	0,1224	0,1429	0,1586	0,1707	
5									0,0399	0,0695	0,0922	0,1099	
6											0,0303	0,0539	
i\ n	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
1	0,5251	0,515	0,5056	0,4968	0,4886	0,4808	0,4734	0,4643	0,459	0,4542	0,4493	0,445	
2	0,3318	0,3306	0,329	0,3273	0,3253	0,3232	0,3211	0,3185	0,3156	0,3126	0,3098	0,3069	
3	0,246	0,2495	0,2521	0,254	0,2553	0,2561	0,2565	0,2578	0,2571	0,2563	0,2554	0,2543	
4	0,1802	0,1878	0,1939	0,1988	0,2027	0,2059	0,2085	0,2119	0,2131	0,2139	0,2145	0,2148	
5	0,124	0,1353	0,1447	0,1524	0,1587	0,1641	0,1686	0,1736	0,1764	0,1787	0,1807	0,1822	
6	0,0727	0,088	0,1005	0,1109	0,1197	0,1271	0,1334	0,1399	0,1443	0,148	0,1512	0,1539	
7	0,024	0,0433	0,0593	0,0725	0,0837	0,0932	0,1013	0,1092	0,115	0,1201	0,1245	0,1283	
8		0	0,0196	0,0359	0,0496	0,0612	0,0711	0,0804	0,0878	0,0941	0,0997	0,1046	
9					0,0163	0,0303	0,0422	0,053	0,0618	0,0696	0,0764	0,0823	
10							0,014	0,0263	0,0368	0,0459	0,0539	0,061	
11									0,0122	0,0228	0,0321	0,0403	
12											0,0107	0,02	
13												0	
i\ n	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
1	0,4407	0,4366	0,4328	0,4291	0,4254	0,422	0,4188	0,4156	0,4127	0,4096	0,4068	0,404	
2	0,3043	0,3018	0,2992	0,2968	0,2944	0,2921	0,2898	0,2876	0,2854	0,2834	0,2813	0,2794	
3	0,2533	0,2522	0,251	0,2499	0,2487	0,2475	0,2463	0,2451	0,2439	0,2427	0,2415	0,2403	
4	0,2151	0,2152	0,2151	0,215	0,2148	0,2145	0,2141	0,2137	0,2132	0,1227	0,2121	0,2116	
5	0,1836	0,1848	0,1857	0,1864	0,187	0,1874	0,1878	0,188	0,1882	0,1883	0,1883	0,1883	
6	0,1563	0,1584	0,1601	0,1616	0,163	0,1641	0,1651	0,166	0,1667	0,1673	0,1678	0,1683	

7	0,1316	0,1346	0,1372	0,1395	0,1415	0,1433	0,1449	0,1463	0,1475	0,1487	0,1496	0,1505	
8	0,1089	0,1128	0,1162	0,1192	0,1219	0,1243	0,1265	0,1284	0,1301	0,1317	0,1331	0,1344	
9	0,0876	0,0923	0,0965	0,1002	0,1036	0,1066	0,1093	0,1118	0,114	0,116	0,1179	0,1196	
10	0,0672	0,0728	0,0778	0,0822	0,0862	0,0899	0,0931	0,0961	0,0988	0,1013	0,1036	0,1056	
11	0,0476	0,054	0,0598	0,065	0,0697	0,0739	0,0777	0,0812	0,0844	0,0873	0,09	0,0924	
12	0,0284	0,0358	0,0424	0,0483	0,0537	0,0585	0,0629	0,0669	0,0706	0,0739	0,077	0,0798	
13	0,0094	0,0178	0,0253	0,032	0,0381	0,0435	0,0485	0,053	0,0572	0,061	0,0645	0,0677	
14		0	0,0084	0,0159	0,0227	0,0289	0,0344	0,0395	0,0441	0,0484	0,0523	0,0559	
i\n	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
15				0	0,0076	0,0144	0,0206	0,0262	0,0314	0,0361	0,0404	0,0444	
16						0	0,0068	0,0131	0,0187	0,0239	0,0287	0,0331	
17								0	0,0062	0,0119	0,0172	0,022	
18										0	0,0057	0,011	
19												0	
i\n	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	0,4015	0,3989	0,3964	0,394	0,3917	0,3894	0,3872	0,385	0,383	0,3808	0,3789	0,377	0,3751
2	0,2774	0,2755	0,2737	0,2719	0,2701	0,2684	0,2667	0,2651	0,2635	0,262	0,2604	0,2589	0,2574
3	0,2391	0,238	0,2368	0,2357	0,2345	0,2334	0,2323	0,2313	0,2302	0,2291	0,2281	0,2271	0,226
4	0,211	0,2104	0,2098	0,2091	0,2085	0,2078	0,2072	0,2065	0,2058	0,2052	0,2045	0,2038	0,2032
5	0,1881	0,188	0,1878	0,1876	0,1874	0,1871	0,1868	0,1865	0,1862	0,1859	0,1855	0,1851	0,1847
6	0,1686	0,1689	0,1691	0,1693	0,1694	0,1695	0,1695	0,1695	0,1695	0,1695	0,1693	0,1692	0,1691
7	0,1513	0,152	0,1526	0,1531	0,1535	0,1539	0,1542	0,1545	0,1548	0,155	0,1551	0,1553	0,1554
8	0,1356	0,1366	0,1376	0,1384	0,1392	0,1398	0,1405	0,141	0,1415	0,142	0,1423	0,1427	0,143
9	0,1211	0,1225	0,1237	0,1249	0,1259	0,1269	0,1278	0,1286	0,1293	0,13	0,1306	0,1312	0,1317
10	0,1075	0,1092	0,1108	0,1123	0,1136	0,1149	0,116	0,117	0,118	0,1189	0,1197	0,1205	0,1212
11	0,0947	0,0967	0,0986	0,1004	0,102	0,1035	0,1049	0,1062	0,1073	0,1085	0,1095	0,1105	0,1113
12	0,0824	0,0848	0,087	0,0891	0,0909	0,0927	0,0943	0,0959	0,0972	0,0986	0,0998	0,101	0,102
13	0,0706	0,0733	0,0759	0,0782	0,0804	0,0824	0,0842	0,086	0,0876	0,0892	0,0906	0,0919	0,0932
14	0,0592	0,0622	0,0651	0,0677	0,0701	0,0724	0,0745	0,0765	0,0783	0,0801	0,0817	0,0832	0,0846
15	0,0481	0,0515	0,0546	0,0575	0,0602	0,0628	0,0651	0,0673	0,0694	0,0713	0,0731	0,0748	0,0764
16	0,0372	0,0409	0,0444	0,0476	0,0506	0,0534	0,056	0,0584	0,0607	0,0628	0,0648	0,0667	0,0685

ANEXO B

Tabela 22 - Valores críticos da estatística W de Shapiro-Wilk, para aceitar ou rejeitar H_0

Nível de significância									
N	0,01	0,02	0,05	0,1	0,5	0,9	0,95	0,98	0,99
3	0,753	0,756	0,767	0,789	0,959	0,998	0,999	1	1
4	0,687	0,707	0,748	0,792	0,935	0,987	0,992	0,996	0,997
5	0,686	0,715	0,762	0,806	0,927	0,979	0,986	0,991	0,993
6	0,713	0,743	0,788	0,826	0,927	0,974	0,981	0,986	0,989
7	0,73	0,76	0,803	0,838	0,928	0,972	0,979	0,985	0,988
8	0,749	0,778	0,818	0,851	0,932	0,972	0,978	0,984	0,987
9	0,764	0,791	0,829	0,859	0,935	0,972	0,978	0,984	0,986
10	0,781	0,806	0,842	0,869	0,938	0,972	0,978	0,983	0,986
11	0,792	0,817	0,85	0,876	0,94	0,973	0,979	0,984	0,986
12	0,805	0,828	0,859	0,883	0,943	0,973	0,979	0,984	0,986
13	0,814	0,837	0,866	0,889	0,945	0,974	0,979	0,984	0,986
14	0,825	0,846	0,874	0,895	0,947	0,975	0,98	0,984	0,986
15	0,835	0,855	0,881	0,901	0,95	0,975	0,98	0,984	0,987
16	0,844	0,863	0,887	0,906	0,952	0,976	0,981	0,985	0,987
17	0,851	0,869	0,892	0,91	0,954	0,977	0,981	0,985	0,987
18	0,858	0,874	0,897	0,914	0,956	0,978	0,982	0,986	0,988
19	0,863	0,879	0,901	0,917	0,957	0,978	0,982	0,986	0,988
20	0,868	0,884	0,905	0,92	0,959	0,979	0,983	0,986	0,988
21	0,873	0,888	0,908	0,923	0,96	0,98	0,983	0,987	0,989
22	0,878	0,892	0,911	0,926	0,961	0,98	0,984	0,987	0,989
23	0,881	0,895	0,914	0,928	0,962	0,981	0,984	0,987	0,989
24	0,884	0,898	0,916	0,93	0,963	0,981	0,984	0,987	0,989
25	0,888	0,901	0,918	0,931	0,964	0,981	0,985	0,988	0,989
26	0,891	0,904	0,92	0,933	0,965	0,982	0,985	0,988	0,989
27	0,894	0,906	0,923	0,935	0,965	0,982	0,985	0,988	0,99
28	0,896	0,908	0,924	0,936	0,966	0,982	0,985	0,988	0,99
29	0,898	0,91	0,926	0,937	0,966	0,982	0,985	0,988	0,99
30	0,9	0,912	0,927	0,939	0,967	0,983	0,985	0,988	0,99
31	0,902	0,914	0,929	0,94	0,967	0,983	0,986	0,988	0,99
32	0,904	0,915	0,93	0,941	0,968	0,983	0,986	0,988	0,99
33	0,906	0,917	0,931	0,942	0,968	0,983	0,986	0,989	0,99
34	0,908	0,919	0,933	0,943	0,969	0,983	0,986	0,989	0,99
35	0,91	0,92	0,934	0,944	0,969	0,984	0,986	0,989	0,99
36	0,912	0,922	0,935	0,945	0,97	0,984	0,986	0,989	0,99
37	0,914	0,924	0,936	0,946	0,97	0,984	0,987	0,989	0,99
38	0,916	0,925	0,938	0,947	0,971	0,984	0,987	0,989	0,99
39	0,917	0,927	0,939	0,948	0,971	0,984	0,987	0,989	0,991

N	0,01	0,02	0,05	0,1	0,5	0,9	0,95	0,98	0,99
40	0,919	0,928	0,94	0,949	0,972	0,985	0,987	0,989	0,991
41	0,92	0,929	0,941	0,95	0,972	0,985	0,987	0,989	0,991
42	0,922	0,93	0,942	0,951	0,972	0,985	0,987	0,989	0,991
43	0,923	0,932	0,943	0,951	0,973	0,985	0,987	0,99	0,991
44	0,924	0,933	0,944	0,952	0,973	0,985	0,987	0,99	0,991
45	0,926	0,934	0,945	0,953	0,973	0,985	0,988	0,99	0,991
46	0,927	0,935	0,945	0,953	0,974	0,985	0,988	0,99	0,991
47	0,928	0,936	0,946	0,954	0,974	0,985	0,988	0,99	0,991
48	0,929	0,937	0,947	0,954	0,974	0,985	0,988	0,99	0,991
49	0,929	0,938	0,947	0,955	0,974	0,985	0,988	0,99	0,991
50	0,93	0,939	0,947	0,955	0,974	0,985	0,988	0,99	0,991