



PROJETO DE GRADUAÇÃO

**Combate à chegada de resíduos plásticos em
corpos d'água do Distrito Federal: consolidação dos
primeiros passos para uma intervenção mais efetiva**

Por,

Vitória Penteado Guimarães

15/0023626

Brasília, 10 de maio de 2021.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PROJETO DE GRADUAÇÃO
**Combate à chegada de resíduos plásticos em corpos d'água do
Distrito Federal: consolidação dos primeiros passos para uma
intervenção mais efetiva**

POR,
Vitória Penteado Guimarães
15/0023626

Relatório submetido ao curso de graduação de em Engenharia de Produção da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Banca Examinadora

Prof. Paulo Celso dos Reis Gomes - UnB/EPR
(Orientador)

Prof. João Mello da Silva - UnB/EPR

Marcos Helano Fernandes Montenegro
(Superintendente de Drenagem da Adasa)

Brasília, 10 de maio de 2021.

AGRADECIMENTOS

Após um ano completamente inesperado, encerra-se um ciclo de extrema importância na vida de qualquer jovem universitário: a graduação, sendo um dos momentos mais marcantes em toda minha trajetória de vida. Sendo assim, dedico este trabalho a todos que fizeram direta ou indiretamente parte desta etapa tão significativa em minha vida.

Primeiramente, gostaria de agradecer à minha querida família pelo apoio incondicional que sempre foi presente mesmo antes do meu ingresso à Universidade de Brasília como estudante de engenharia. Minha mãe, Adriani Cristina Penteado Guimarães, meu pai, Alexandre Velloso Guimarães e minha irmã, Elisa Penteado Guimarães, foram primordiais para que eu sempre fizesse escolhas que me aproximassem das minhas vitórias acadêmicas durante o período da faculdade e, inclusive, em momentos muito além dele.

Também gostaria de agradecer aos meus queridos amigos, tanto os que tive o prazer imenso de conhecer ao longo da graduação, mas também aos que já me acompanhavam antes mesmo desse período. Hoje posso dizer que tenho grandes profissionais a quem me espelhar e me inspirar diariamente, e que ainda por cima tenho o privilégio de tê-los como grandes companheiros.

Não poderia finalizar minha trajetória acadêmica sem agradecer e reconhecer o papel fundamental que o Grupo Gestão, empresa júnior do curso de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília, teve ao longo da minha formação como pessoa e profissional, me proporcionando um ambiente para me autoconhecer melhor, desenvolver novas e inúmeras habilidades técnicas e interpessoais e me conectar com jovens empreendedores de todas as partes do Brasil.

Finalizo meus agradecimentos com a memória dos seis anos de faculdade que tive o privilégio de vivenciar, pois essa etapa me marcará profunda e eternamente.

RESUMO

O aumento da produção de resíduos sólidos na capital federal, nos últimos anos, agravou o problema da poluição na cidade, principalmente no que tange a chegada desses resíduos no Lago Paranoá. A Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (Adasa), realizou nos últimos anos 8 edições do evento “Semana Lago Limpo”, sendo as últimas sete edições responsáveis por retirar mais de 30 toneladas de lixo do Lago Paranoá (ADASA, 2019). O acesso a dados qualitativos e quantitativos sobre o assunto, entretanto, ainda é escasso. Esse fato ocorre não só pela falta de coleta de dados, mas também pela insuficiência de metodologias próprias para essa realização. O projeto em questão foi responsável por adaptar e validar uma metodologia de gravimetria, com o intuito de contribuir para a construção dos primeiros dados e lições aprendidas sobre o acúmulo de resíduos plásticos que eventualmente desembocam em corpos d’água do Distrito Federal, como o Lago Paranoá, por meio do sistema de drenagem da capital. Essa metodologia propôs a validação de procedimentos e uma coleta inicial de dados amostrais nas regiões administrativas da Asa Norte e Samambaia Sul no Distrito Federal, por meio de uma gravimetria aplicada à resíduos retirados durante processos de limpeza das bocas de lobo do sistema de drenagem da cidade, sob gestão da NovaCap. Dessa forma, foi possível compreender a viabilidade operacional, processual, financeira e logística para implementar a gravimetria como parte do processo de limpeza das bocas de lobo, bem como visualizar quais os tipos de materiais presentes no sistema de drenagem sob influência antrópica (com foco voltado aos resíduos plásticos), considerando sua eventual desembocadura em corpos d’água conectados às bacias hidrográficas de cada respectiva região administrativa pelo sistema de drenagem urbana. Soluções complementares à gravimetria integrada ao processo de limpeza das bocas de lobo também foram sugeridas, com base em uma análise de seus respectivos custos-benefícios.

Palavras-chave: Gravimetria, Resíduos Sólidos, Plásticos, Sistema de Drenagem, Lago Paranoá, Distrito Federal, Plano Nacional De Combate Ao Lixo no Mar.

ABSTRACT

The increase in the production of solid waste in the federal capital in Brazil in recent years has aggravated the problem of pollution in the city, especially regarding the arrival of this waste in Lake Paranoá. The Water, Energy and Basic Sanitation Regulatory Agency of the Federal District (Adasa), has held 8 editions of the "Clean Lake Week" event in recent years, with the last seven editions responsible for removing more than 30 tons of trash from Lake Paranoá (ADASA, 2019). Access to qualitative and quantitative data on the subject, however, is still scarce. This fact occurs not only due to the lack of data collection, but also to the insufficiency of proper methodologies for this realization. The project in question was responsible for adapting and validating a gravimetric methodology, in order to contribute to the construction of the first data and lessons learned about the accumulation of plastic waste that eventually flows into water body in the Federal District, such as Lake Paranoá, through the drainage system of the capital. This methodology proposed the validation of procedures and an initial collection of sample data in the administrative regions of Asa Norte and Samambaia Sul in the Federal District in Brazil, by means of a gravimetry applied to the waste removed during cleaning processes of the city's drainage system, under NovaCap management. This way, it was possible to understand the operational, procedural, financial and logistic viability to implement gravimetry as part of the manhole cleaning process, as well as to visualize the types of materials present in the drainage system under anthropic influence (focusing on plastic waste), considering its eventual outflow into water bodies connected to the hydrographic basins of each respective administrative region by the urban drainage system. Complementary solutions to the gravimetry integrated to the manhole cleaning process were also suggested, based on an analysis of their respective cost-benefits.

Keywords: Gravimetry, Solid Waste, Plastics, Drain System, Paranoá Lake, Federal District, National Plan To Combat Waste At Sea.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de divisão do projeto RWPR em subproblemas.....	18
Figura 2 - Lixo plástico potencialmente disponível para entrar no oceano em milhões de toneladas/ano em 2010	26
Figura 3 - Bacias hidrográficas da América do Sul.....	27
Figura 4 - Taxa de geração de lixo na América Latina e Caribe (em quilogramas per capita por dia).....	28
Figura 5 - Esquema operacional dos serviços de saneamento e os impactos sobre o sistema de drenagem.....	30
Figura 6 – Esquema de quarteamento de resíduos sólidos	33
Figura 7 - Estrutura de monitoramento dos resíduos sólidos drenados	35
Figura 8 - Vista superior e corte vertical da Célula Experimental de RSU	37
Figura 9 - Registro da abertura da grade de ferro para limpeza das bocas de lobo..	43
Figura 10 – Registro da tampa de concreto aberta para limpeza das bocas de lobo	43
Figura 11 - Registro da disposição de resíduos para fora da boca de lobo pela equipe terceirizada.....	44
Figura 12 – Registro fotográfico realizado pela equipe terceirizada da NovaCap frente ao processo de limpeza de boca de lobo	45
Figura 13 – Registro de exemplo de amostra coletada pela equipe de estudantes advindo das bocas de lobo.....	46
Figura 14 – Registro da equipe de estudantes realizando a separação dos resíduos entre as categorias de “plásticos” e “outros”	47
Figura 15 – Registro do processo de pesagem de materiais plásticos encontrados dentro de uma boca de lobo.....	48
Figura 16 - Mapa hidrográfico do Distrito Federal	49
Figura 17 - A estrutura da gestão de serviços de saneamento básico no âmbito da administração pública do Distrito Federal - Plano Distrital De Gestão Integrada De Resíduos Sólidos (PDGIRS)	53
Figura 18 – Visualização do trajeto percorrido na Asa Norte, no Plano Piloto, para ambientação com a equipe terceirizada pela NovaCap, responsável pelo procedimento de limpeza das bocas de lobo	55

Figura 19 – Visualização do trajeto percorrido da região visitada em Samambaia Sul (quadras residenciais próximas ao Terminal Rodoviário Samambaia Sul, ao longo de uma extensão de 700 metros aproximadamente)	56
Figura 20 – Visualização do trajeto percorrido na Asa Norte, no Plano Piloto (via L2 norte, ao longo de uma extensão de 850 metros, entre a quadra 604 norte e 607 norte)	57
Figura 21 – Amostra da gravimetria da primeira visita técnica (região administrativa da Asa Norte).....	60
Figura 22 – Amostra da gravimetria da terceira visita técnica (região administrativa da Asa Norte).....	60
Figura 23 – Amostra resultante da gravimetria da segunda visita técnica (região administrativa de Samambaia).....	61
Figura 24 – Arranjo institucional de gestão dos serviços de águas pluviais no DF ...	64
Figura 25 – Fluxograma das etapas de limpeza, caracterização gravimétrica e pesagem dos resíduos obtidos a partir da limpeza de bocas de lobo.....	65
Figura 26 – Cestas de captura	76
Figura 27 – Dispositivos de rede end of pipe.....	76
Figura 28 – Ecobarreira implementada no rio Atuba, em Colombo, cidade da região metropolitana de Curitiba.....	76
Figura 29 – Armadilha flutuante.....	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de resíduos mais encontrados em ecossistemas marinhos	15
Quadro 2 - Tipos de resíduos encontrados no litoral brasileiro	25
Quadro 3 - Descrições das categorias de componentes de resíduos pelo método ASTM D5231-92(2016)	33
Quadro 4 – Datas das realizações das coletas	41
Quadro 5 - Regiões administrativas do DF diretamente ligadas à Bacia Hidrográfica do Lago Paranoá.....	52
Quadro 6 – Resultados da parametrização das regiões administrativas.....	58
Quadro 7 - Pontos de lançamento da rede de drenagem no Lago Paranoá	72
Quadro 8 – Possíveis soluções para contenção de resíduos sólidos a serem implementados	75

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Tempo de degradação dos resíduos na natureza	16
--	----

LISTA DE SIGLAS

ADASA	Agência Reguladora de águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AGEFIS	Agência de Fiscalização do DF
CODEPLAN	Companhia de Planejamento do Distrito Federal
CAESB	Companhia de Saneamento Ambiental de Brasília
NOVACAP	Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil
DEINFRA	Departamento de Infraestrutura Urbana
DPJ	Departamento de Parques e Jardins
DU	Diretoria de Urbanização
DF	Distrito Federal
DIAVE	Divisão de Implantação de Áreas Verdes
DIMAVE	Divisão de Manutenção de Áreas Verdes
ETE	Estações de Tratamento de Esgotos
GDF	Governo do Distrito Federal
EPIC	Increasing Employability Through Closer Collaboration
IQA	Índice de Qualidade de Água
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRAM	Instituto Brasília Ambiental
MMA	Ministério do Meio Ambiente
ILEP	Número Anual De Notificações De Casos De Leptospirose Autóctones Na Área Urbana
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
PDGIRS	Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PDSB	Plano Distrital de Saneamento Básico
PNCLM	Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar
PNRS	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PBL	Problem Based Learning
KG	Quilograma

RA	Região(s) Administrativa(s)
RSDre	Resíduos Sólidos Drenados
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
RWPR	River Waste Plastic Recovery
SEMAD	Seção de Manutenção de Redes de Drenagem
SEMA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal
SLU	Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal
SDU	Superintendência de Drenagem Urbana
UnB	Universidade de Brasília
WWF	World Wide Fund For Nature

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Aspectos gerais	14
1.1.1	O Projeto <i>The Global Students SDG Challenge</i>	16
1.2	Justificativa do trabalho	18
1.2.1	Agenda 2030.....	18
1.2.2	Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar	19
1.3	Objetivos.....	21
1.3.1	Objetivo geral.....	21
1.3.2	Objetivos específicos.....	21
1.4	Estrutura do trabalho.....	22
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	24
2.1	Diretrizes do Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar	24
2.2	Poluição de Ecossistemas Marinhos Brasileiros Por Resíduos Plásticos 24	
2.3	Gestão de Resíduos Plásticos no Contexto da Poluição de Rios, Lagos e Sistemas Pluviais	29
2.4	Gravimetria de Resíduos Sólidos	32
3	METODOLOGIA.....	39
3.1	Descrição do tipo de pesquisa	39
3.2	Métodos e materiais.....	41
4	ESTUDO DE CASO: BACIAS HIDROGRÁFICAS DO DISTRITO FEDERAL	48
4.1	Apresentação	48
4.2	Problemática de Resíduos Sólidos no Contexto do Lago Paranoá e outros corpos d'água do DF	50
4.3	Limpeza No Sistema de Drenagem Urbana no Distrito Federal.....	54
5	ANÁLISE DA GRAVIMETRIA REALIZADA	57

5.1	Discrepâncias na composição gravimétrica e volume de resíduos sólidos no sistema de drenagem urbana no Distrito Federal.....	58
5.2	Desafios de arranjo institucional responsável pela gestão de resíduos sólidos advindos do sistema de drenagem urbana.....	62
5.3	Análise final da metodologia de gravimetria integrada ao processo de limpeza das bocas de lobo do sistema de drenagem urbana do DF	67
5.4	Soluções complementares à metodologia de gravimetria integrada ao processo de limpeza de bocas de lobo	71
6	CONCLUSÃO.....	80
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82

1 INTRODUÇÃO

1.1 Aspectos gerais

Em uma escala global, o aumento da população mundial e o crescimento econômico associado culminaram na ampliação de uma demanda por bens de consumo, principalmente dos materiais feitos à base de polímeros, ou seja, plásticos (ASENSIO-MONTESINOS, 2020). O consumo expressivo e compulsivo de materiais plásticos por parte da população global no século XXI tornou-se uma grande preocupação diante de consequências adversas para a vida marinha e, potencialmente, para a saúde humana. De acordo com a Associação Europeia de Fabricantes de Plástico, a produção anual de plásticos aumentou de 1,5 milhão de toneladas na década de 1950 para aproximadamente 359 milhões de toneladas em 2018 (PLASTICS EUROPE, 2019).

O termo “lixo no mar” engloba todo tipo de resíduo sólido de origem antrópica que adentra mares e oceanos, através de qualquer fonte originária, de acordo com a definição estabelecida no Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar (PNCLM) pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) em 2019. Estima-se que 80% do lixo encontrado no mar tenha origem em atividades realizadas em ambiente terrestre por meio da gestão inadequada de resíduos sólidos, turismo e atividade industrial, segundo Jambeck et al. (2015) citado pelo PNCLM (2019). Os materiais mais comumente encontrados em mares e oceanos são retratados pelo quadro 1.

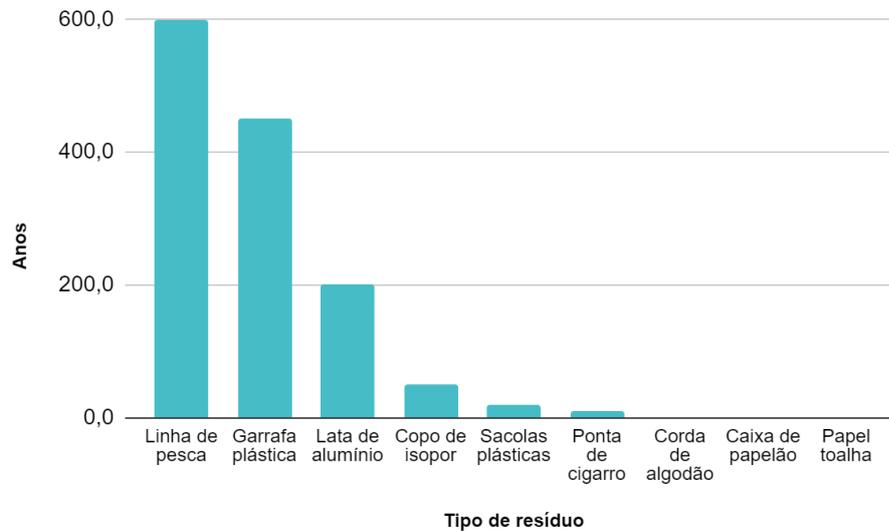
Quadro 1 - Tipos de resíduos mais encontrados em ecossistemas marinhos

Cigarros e filtros de cigarro
Sacolas plásticas
Embalagens e recipientes de alimentos
Tampas
Garrafas plásticas de bebidas
Talheres
Garrafas de bebida de vidro
Latas de bebida
Canudos
Sacolas de papel

Fonte: NOAA Marine Debris Program, Ocean Conservancy, SC Sea Grant (2018) citado pelo PNCLM (2019).

Estima-se que entre 1,15 e 2,41 milhões de toneladas de plástico fluem do sistema fluvial global para os oceanos todos os anos (LEBRETON et al., 2017). Entretanto, é importante ressaltar que, quando se trata da estimativa da quantidade de resíduo plástico que flui para ambientes marinhos, os dados geralmente são díspares, sem consenso ou padrão, uma vez que o próprio PNCLM sugere que cerca de 8 milhões de toneladas de plástico adentram mares e oceanos anualmente, em contraposição à Lebreton et al. (2017). Cerca de 85% de todo lixo encontrado nos mares e oceanos é composto por plásticos (GERLING. et al., 2016). Os 20 rios mais poluentes estão localizados principalmente na Ásia e são responsáveis por mais de dois terços do volume anual global que desemboca em mares e oceanos, segundo o mesmo estudo de Lebreton et al. (2017). Considerando a expressividade do volume despejado anualmente no sistema fluvial global, o gráfico 1 reforça a dimensão do problema quando se coloca em perspectiva o tempo necessário para degradação desses resíduos na natureza.

Gráfico 1 - Tempo de degradação dos resíduos na natureza



Fonte: Adaptado de NOAA Marine Debris Program, Ocean Conservancy, SC Sea Grant (2018) citado pelo PNCLM (2019).

Dado que o tamanho da população e a qualidade da gestão de resíduos sólidos são fatores preponderantes em apontar quais países contribuem com a maior quantidade de resíduos que se transformarão em pequenos detritos plásticos em ambiente marinho (JAMBECK et al., 2015), é notória a relevância do Brasil enquanto um país de dimensão continental com cerca de 8 mil quilômetros de costa marítima frente ao combate da chegada de plástico nos oceanos. Jambeck et al. (2015) ressalta também a importância de se promover melhorias na infraestrutura de gestão de resíduos, pois a quantidade cumulativa de resíduos plásticos provenientes dos continentes prevista para desembocar nos oceanos aumente em uma ordem de magnitude até 2025.

1.1.1 O Projeto *The Global Students SDG Challenge*

O Desafio Global Estudantil SDG - *The Global Students SDG Challenge* - é uma iniciativa centrada no aluno que conecta estudantes de diferentes universidades e países para o desenvolvimento de soluções e possíveis produtos que possam ser estratégicos para o cumprimento dos objetivos da Agenda 2030 (GLOBAL STUDENTS SDG CHALLENGE, 2020). O projeto foi iniciado por professores de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília (UnB) no Brasil, e da

Universidade de Aalborg na Dinamarca, e é realizado e patrocinado pelo Grupo Gestão, empresa júnior de Engenharia de Produção da UnB, com foco em engenharia e ciência da computação.

O seminário *Increasing Employability Through Closer Collaboration* (EPIC) é um evento que foi criado com o intuito de aumentar a empregabilidade de universitários por proporcionar a interação internacional e estabelecer a colaboração entre a área acadêmica e a indústria. Os estudantes participantes dividem-se em grupos, e desenvolvem projetos baseados nos problemas levantados pelas universidades e empresas parceiras do evento. Utiliza-se o método de *Problem Based Learning* (PBL), sigla em inglês para aprendizagem baseada em problemas, em que alunos elaboram projetos e soluções para as problemáticas levantadas, trabalhando com estudantes de diversas nacionalidades e campos de estudo. A edição realizada em Hamburgo, em fevereiro de 2020, foi a primeira com a participação brasileira no evento, representada pelos mesmos alunos da iniciativa do Desafio Global Estudantil SDG em Brasília. Diversos projetos envolvendo temáticas com participação nacional foram iniciados, entre eles o projeto *River Waste Plastic Recovery* (RWPR).

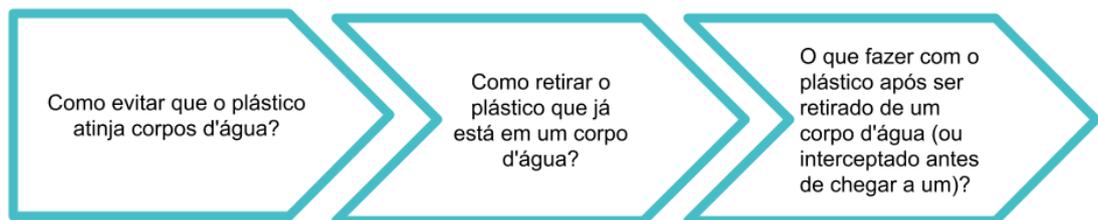
O projeto RWPR teve o objetivo de pesquisar a problemática da poluição de lagos e rios por resíduos plásticos. A coleta de dados inicial incorporou questões como a dimensão do problema, métodos de retirada do material da água, o processamento de reciclagem do material coletado da água (com ênfase em plástico), economia circular do plástico e a classificação do material plástico geralmente encontrado na água. Dessa forma, foi possível compreender melhor a situação problema e o nível de informação disponível sobre a temática no contexto brasileiro. O grupo que constituiu o projeto foi formado por estudantes do Brasil (Universidade de Brasília e UniCeub), Holanda (Universidade Saxion) e Noruega (Universidade de Stavanger), envolvendo conhecimentos dos cursos de Engenharias de Produção, Engenharia Mecânica, Administração e Arquitetura.

Durante o desenvolvimento do *River Waste Plastic Recovery* foi possível observar a dificuldade de acesso a dados e estatísticas sobre a quantidade de plástico em ambientes aquáticos, juntamente com planos de ação atrelados ao problema, tendo como conclusão que a problemática recebe uma atenção e notoriedade ainda muito principiantes. Durante a procura por dados relativos à quantidade de plástico que flui pelo sistema hídrico e planos de ação na Europa e no Brasil, era perceptível que a União Europeia apresentava uma base de dados limitada, mas que, no caso do

Brasil, a base de dados era inexistente, revelando um cenário ainda mais desafiador. Nesse sentido, o problema ficou evidente no contexto do Brasil, mais especificamente em Brasília, no que tange a documentação e coleta de dados da quantidade de plástico que desemboca em no sistema pluvial, bem como o impacto que essa forma de poluição gera para o ecossistema local.

Neste projeto de RWPR, o problema foi dividido em 3 subproblemas principais, como evidencia a figura 1:

Figura 1 - Esquema de divisão do projeto RWPR em subproblemas



Fonte: Traduzido de *The Global Students SDG Challenge* (2020)

A partir do projeto piloto desenvolvido no evento EPIC, e considerando a precariedade de soluções e coleta de dados sobre a problemática em Brasília, a equipe de estudantes brasileiros do curso de Engenharia de Produção e Arquitetura e com apoio da Universidade de Brasília elaborou um projeto de pesquisa tendo como grande foco compilar dados sobre a gestão de resíduos plásticos no Distrito Federal (DF), envolvendo o estudo do ciclo de vida do plástico na cidade, juntamente com os caminhos que o plástico percorre até o icônico Lago Paranoá. Dessa forma elaborou-se um estudo base para que fossem desenvolvidos projetos futuros, como este projeto de graduação em questão, que não só proponham soluções ao problema, como também, ampliem a base de dados sobre a problemática.

1.2 Justificativa do trabalho

1.2.1 Agenda 2030

Os 193 países-membros das Nações Unidas adotaram oficialmente a nova agenda de desenvolvimento sustentável, intitulada “Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”, na Cúpula de Desenvolvimento

Sustentável, realizada na sede da ONU em Nova York, em setembro de 2015. Essa agenda contém 17 Objetivos e 169 metas (PNUD & IPEA, 2017).

Dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos, entende-se que o projeto de pesquisa em questão converge com o propósito de 2 deles simultaneamente: ODS 12 e ODS 14. O ODS 12 de “Consumo e Produção Responsáveis” assegura padrões de produção e de consumo sustentáveis aliada à uma mudança nos padrões de consumo e produção que se configuram como medidas indispensáveis na redução da pegada ecológica sobre o meio ambiente (PNUD & IPEA, 2017).

Já o ODS 14 de “Vida na Água”, segundo PNUD & IPEA (2017), assegura a conservação e promoção do uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável. O projeto de graduação alinha-se a tal objetivo diante da sua diretriz de que, até 2025, se previna e se reduza significativamente a poluição marinha de todos os tipos, especialmente a advinda de atividades terrestres, incluindo detritos marinhos e a poluição por nutrientes, de acordo PNUD & IPEA (2017).

A Agenda 2030 se torna muito relevante diante da perspectiva de resultados haja vista os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), que produziram o mais bem-sucedido movimento de redução da pobreza da história e serviram como ponto de partida para a nova agenda de desenvolvimento sustentável, segundo dados obtidos na Plataforma Agenda 2030 por PNUD & IPEA (2017). Como o Brasil é um exemplo mundial da bem-sucedida implementação dos ODM – com políticas de proteção social e de preservação do meio ambiente que se apresentam como boas práticas que podem ser replicadas em vários países do mundo –, ele tem tudo para ser também um líder na mobilização em torno da agenda dos ODS (IPEA, 2014).

1.2.2 Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar

O combate ao lixo no mar é um desafio que o Ministério do Meio Ambiente enfrenta com maior ênfase desde 2019, dado que cerca de 8 milhões de toneladas de plásticos chegam ao mar todos os anos, segundo dados divulgados do MMA (2020). O problema envolve diretamente o surgimento de microplásticos nos mares e oceanos, que pode ser classificado em dois diferentes tipos: primário - libertado diretamente como uma partícula pequena com menos de 5 milímetros em ambientes

marinhos; ou ainda como secundário - que provém da degradação de objetos plásticos maiores, como garrafas, sacolas e outros materiais.

De acordo com IEEP (2016), os efeitos da presença de plásticos no mar em volumes expressivos como os que vêm sendo observados na contemporaneidade são alarmantes, e podem ser representados em 4 frentes distintas: meio ambiente - pois há grande pressão nos ecossistemas marinhos botando em risco a preservação da fauna e da flora desses ambientes, como, por exemplo, pela ingestão dos resíduos por animais; finanças públicas - pois há claro ônus financeiro para autoridades com perda de receita pelas atividades de lazer e turismo, bem como aumento de custos para ações reparadoras; economia - pressões econômicas no setor de navegação, aliadas a maiores custos para a atividade pesqueira e para o turismo; e social - pois pode causar acidentes, além de ser responsável pela liberação de substâncias químicas com efeitos desconhecidos e adversos à saúde humana.

O Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar, elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente em 2019, veio para concretizar medidas que enfrentam diretamente a problemática dos plásticos nos oceanos no Brasil, através de um planejamento dinâmico e que já vem gerando resultados mais tangíveis. As diretrizes do PNCLM já conseguiram gerar resultados visíveis através de ações de mitigação, como a realização de mais de 200 mutirões de limpeza, nos 17 estados costeiros, dos quais mais de 400 toneladas de lixo foram coletadas por mais de 40 mil participantes em mais de 100 municípios. Os resultados mostram a integração dos dois eixos da Agenda Ambiental Urbana, já que 80% do lixo que chega ao mar é gerado em terra (MMA, 2020).

Porém, não são somente ações reparadoras e de mitigação que surgem como resultado do PNCLM. O intuito deste projeto de pesquisa está em consonância com os objetivos propostos no plano, principalmente com o 4º, que, segundo o PNCLM (2019), visa impulsionar pesquisas, desenvolvimento de tecnologias e metodologias para combater o lixo no mar. A falta de informações uniformizadas e sistematizadas no país dificultam a tomada de decisão nas mais diversas esferas, considerando principalmente que a problemática do lixo no mar transcende as fronteiras político-administrativas convencionais (PNCLM, 2019). A situação atual retratada no plano converge com o que foi analisado no projeto *River Waste Recovery Project* (iniciativa acadêmica da Engenharia de Produção em parceria com universidades estrangeiras, mencionada previamente). Da mesma forma, a situação desejada é o que converge

esta pesquisa ao projeto RWRP e ao PNCLM: a de fornecer mais dados e informações, [...], promovendo maior conhecimento e capacidade de pesquisa para subsidiar a tomada de decisão (PNCLM, 2019).

Considerando que ainda há carência de dados sobre a problemática do lixo no mar do Brasil e a necessidade de ampliação do diagnóstico para a efetiva implementação de ações executivas e estruturantes, a parceria com a Academia é imprescindível para garantir a construção de conhecimento necessário para a geração e sistematização de dados que poderão contribuir para o aprimoramento da linha de base e dos indicadores de resultados (PNCLM, 2019).

No Brasil, são escassos os estudos específicos de lixo marinho nos ambientes aquático e costeiro, sendo necessário ampliar os trabalhos quali-quantitativos, que caracterizam a composição, tamanho e local de ocorrência dos resíduos (DO SUL, 2005). Dessa forma, o presente estudo possui papel primordial em dar ênfase na problemática do consumo e descarte inadequado dos plásticos, além de ser possível elucidar ações concretas para prevenção ou mitigação dos índices alarmantes no que diz respeito à presença desse material em ambientes aquáticos, integrando a gestão de resíduos sólidos com a de recursos hídricos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

O principal objetivo do presente trabalho é estabelecer e desenvolver uma metodologia de gravimetria de resíduos plásticos, utilizando como estudo de caso corpos d'água de bacias hidrográficas do Distrito Federal, como o Lago Paranoá, a fim de contribuir para a implantação do grande eixo estruturante relacionado à gestão de resíduos sólidos proposto pelo Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar.

1.3.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral, é necessário concluir os seguintes objetivos específicos:

- I. Validar a presença de resíduos plásticos no sistema de drenagem urbana do Distrito Federal no que tange à poluição de corpos d'água da

bacia hidrográfica do Lago Paranoá e do Rio Descoberto no Distrito Federal;

- II. Desenvolver uma metodologia de coleta e análise dados de resíduos plásticos no sistema de drenagem urbana como uma forma efetiva e eficaz para estimar a quantidade de resíduo que desemboca em corpos d'água no Distrito Federal, como o Lago Paranoá;
- III. Propor uma melhoria no processo vigente de gestão dos resíduos no sistema de drenagem urbana, que previna a chegada dos resíduos plásticos à bacia hidrográfica do Lago Paranoá e do Rio Descoberto.

1.4 Estrutura do trabalho

Este Projeto de Graduação está dividido em sete seções, onde se apresenta o contexto do projeto, a revisão da literatura, a metodologia adotada, o estudo de caso em questão, a análise dos resultados, a conclusão e próximos passos. A seguir, é explicado com mais detalhes o conteúdo de cada seção:

- I. Seção 1 - Introdução: neste capítulo são abordados aspectos gerais da pesquisa, apresentando o contexto da problemática da poluição em ambientes aquáticos por resíduos plásticos e as iniciativas acadêmicas e de pesquisa recentes do curso de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília envolvendo a temática em questão. Além disso, declara-se a justificativa e objetivos que direcionam o trabalho;
- II. Seção 2 - Revisão da Literatura: nesta seção são compilados conceitos e dados envolvendo as principais diretrizes do Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar, índices de poluição de ecossistemas marinhos brasileiros por resíduos plásticos; gestão de resíduos plásticos no contexto da poluição de rios, lagos e sistemas pluviais; problemática de resíduos sólidos no contexto do Lago Paranoá, os quais servirão de insumo para a definição e desenvolvimento de uma metodologia de gravimetria, potencialmente responsável futuramente pela estimativa da quantidade de resíduos plásticos que eventualmente desembocam no Lago Paranoá no Distrito Federal;
- III. Seção 3 – Metodologia: seção na qual se detalha o passo a passo utilizado para desenvolver o objetivo do projeto em questão;

- IV. Seção 4 - Estudo de Caso: nesta seção se descreve qual o cenário escolhido para validação da metodologia de gravimetria;
- V. Seção 5 – Análise da Gravimetria Realizada: esta seção tem como objetivo apresentar uma análise crítica sobre os resultados da tentativa de aplicação de uma metodologia de gravimetria integrada ao sistema de drenagem urbano;
- VI. Seção 6 – Conclusão: na penúltima seção do trabalho são apresentadas as considerações finais sobre o tema pesquisado e quais as próximas etapas que poderão ser exploradas em projetos futuros;
- VII. Seção 7 – Referências Bibliográficas: a última seção traz todo referencial bibliográfico utilizado no trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Com o objetivo de desenvolver uma das primeiras iniciativas concretas do eixo de gestão de resíduos sólidos do PNCLM, sendo ela uma metodologia de gravimetria utilizando o Lago Paranoá do Distrito Federal como estudo de caso, é preciso primeiro definir o fundamento teórico desta metodologia adotada. Desta maneira, este capítulo será responsável pela definição de conceitos importantes para sustentar a posterior análise realizada.

2.1 Diretrizes do Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar

O PNCLM descreve cinco objetivos estratégicos estabelecidos com relação à problemática dos resíduos plásticos:

- 1) reduzir a quantidade e os impactos do lixo no mar; 2) reduzir a quantidade e impacto de resíduos de fontes marítimas; 3) diminuir a quantidade e os impactos de resíduos sólidos acumulados na costa e em águas costeiras e oceânicas; 4) impulsionar pesquisas, desenvolvimento de tecnologias e metodologias para combater o lixo no mar; 5) realizar atividades de educação ambiental (PNCLM, 2019).

Essa estratégia nacional (PNCLM) propõe seis eixos para implementar ações de combate lixo marinho, mediante o estabelecimento dos objetivos mostrados previamente: 1) resposta imediata; 2) gerenciamento de resíduos sólidos; 3) pesquisa e inovação tecnológica; 4) instrumentos de incentivos e pactos setoriais; 5) padronização e diretrizes; 6) educação e comunicação. Cada eixo de implementação pode incluir indicadores, planos de ação e dados disponíveis para os processos de tomada de decisão quanto ao acúmulo de resíduos plásticos. Os seis eixos de implementação permitem uma atuação em diferentes abordagens do problema: no planejamento, na prevenção ou na limpeza dos ambientes marinhos.

2.2 Poluição de Ecossistemas Marinhos Brasileiros Por Resíduos Plásticos

No Brasil, ao longo de 8.500 km de costa, existem 274 municípios costeiros defrontantes ao mar, conforme Portaria nº 461, do Ministério do Meio Ambiente, de 13 de dezembro de 2018 (PNCLM, 2019). O quadro 2 retrata os diversos tipos de resíduos encontrados ao longo da costa litorânea brasileira. É interessante observar que, de acordo com o PNCLM (2019), em termos de tipos de itens coletados, os

resultados são bem similares às outras nações pois os 4 tipos de resíduos mais encontrados em ecossistemas marinhos no mundo (evidenciados pelo quadro 1), sendo estes os cigarros, as sacolas, as embalagens e as tampas, também são os resíduos mais predominantes no contexto brasileiro, destacando-se como um grande diferencial do nosso país a ausência de latas de alumínio em função da eficiente cadeia de coleta e reciclagem que se estabeleceu no Brasil.

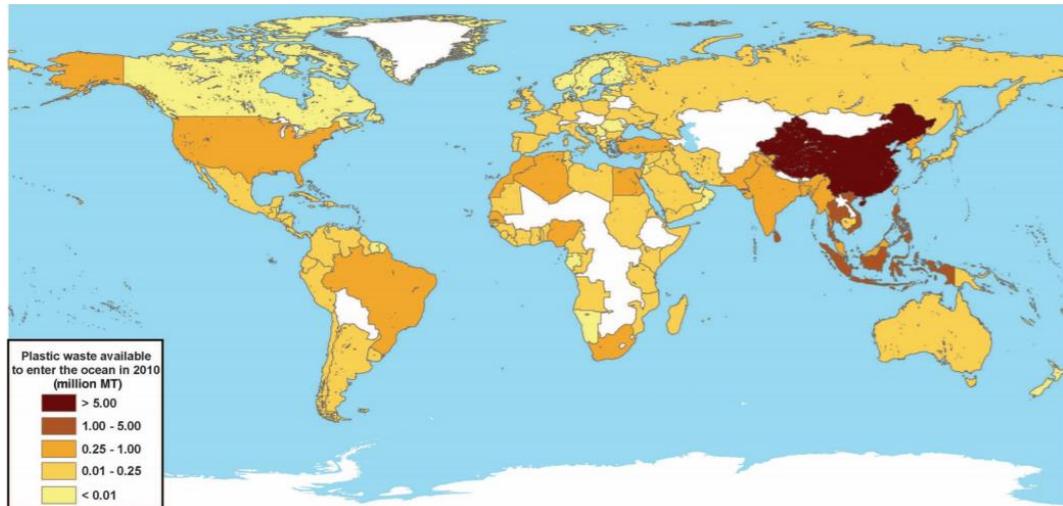
Quadro 2 - Tipos de resíduos encontrados no litoral brasileiro

Tampas de garrafas e tampas em geral
Garrafas
Embalagens de comida
Sacolas plásticas
Cigarros, filtros ou bitucas
Derivados de cordas e cabos
Cordas e cabos (menores que 1 metro);
Hastes flexíveis
Fragmentos não identificados
Esponjas, espumas, espumas vinílicas acetinadas - EVAs
Copos e embalagens de isopor
Boias de isopor e fragmentos
Fragmentos de isopor

Fonte: PNCLM (2019).

Jambeck et al. (2015), aponta o Brasil como o 16º país no ranking dos 20 países com maior potencial de geração de lixo plástico por populações que habitam até 50 quilômetros da costa, em 2010. Dezesesseis dos vinte maiores contribuintes globais na geração de resíduos que poluem o meio ambiente são países de renda média, onde um rápido crescimento econômico provavelmente está ocorrendo, mas falta infraestrutura de gestão de resíduos. A figura 2 destaca o Brasil como sendo uma nação responsável por ter gerado até 1 milhão de toneladas de resíduos plásticos em ambiente marinho em 2010. Novamente, é válido ressaltar que os dados extraídos da figura 2 denotam que não há consenso na literatura em relação à uma quantidade precisa de resíduos plásticos que são lançados em mares e oceanos pelo fato de diversos autores aplicarem metodologias diferentes para obtenção desse resultado quantitativo.

Figura 2 - Lixo plástico potencialmente disponível para entrar no oceano em milhões de toneladas/ano em 2010



Fonte: Jambeck et al. (2015)

Nas bacias hidrográficas, as características físicas e bióticas possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração e o escoamento superficial e subsuperficial específicos para determinado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais (ALVES & CASTRO, 2003). A rede de bacias hidrográficas da América do Sul possui grande potencial de carreamento de resíduos para o mar, em função de agregar muitos habitantes ao seu redor (PNCLM, 2019), como evidencia a figura 3, a seguir:

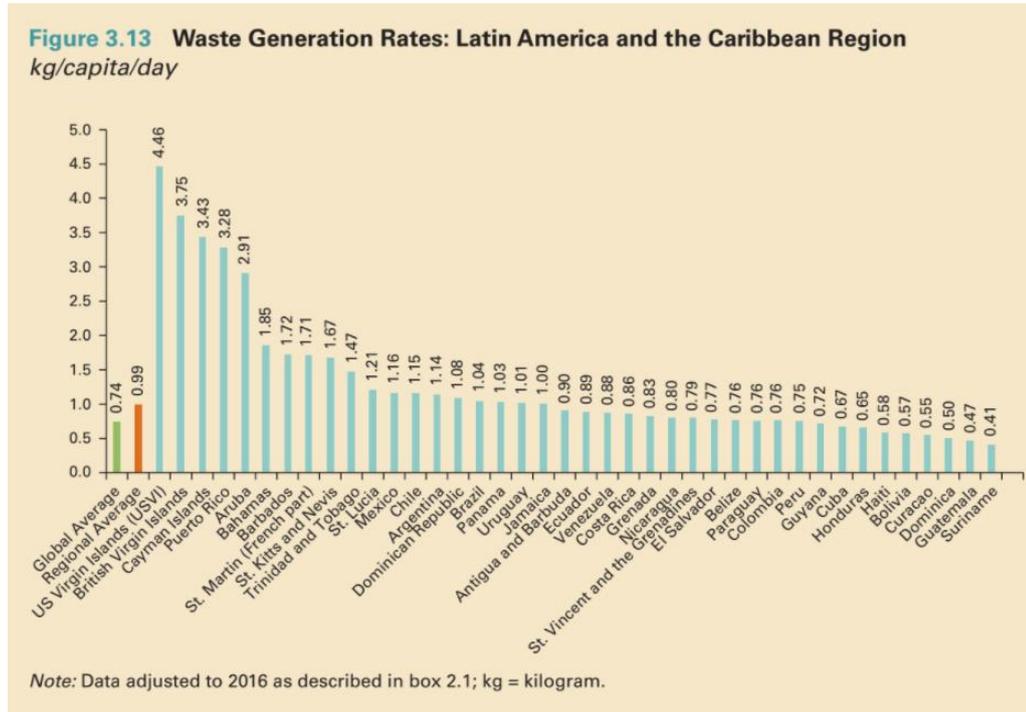
Figura 3 - Bacias hidrográficas da América do Sul



Fonte: Szucs et al. (2018)

O escoamento de resíduos plásticos através de sistemas hídricos pode ser um dos meios mais agravantes para a poluição de ambientes marinhos no Brasil, porém não é a única. Segundo Santos et al. (2020), a presença e o acúmulo desses materiais nas praias brasileiras podem ser influenciados pelo vento e pelas correntes oceânicas (NETO & FONSECA, 2011; GALGANI et al., 2015), fluxo dos rios (ARAÚJO E COSTA, 2006; NEVES et al., 2011), variações sazonais e a proximidade das áreas afetadas com os centros urbanizados (NETO & FONSECA, 2011; GALGANI et al., 2015).

Figura 4 - Taxa de geração de lixo na América Latina e Caribe (em quilogramas per capita por dia)



Fonte: Kaza et al. (2018)

O relatório *Solving Plastic Pollution Through Accountability* de Hamilton et al. (2019), publicado pela *World Wide Fund For Nature (WWF)*, elucidou o que acontece com 1 quilo de lixo plástico em diferentes países, inclusive no Brasil. Um típico cidadão brasileiro produz 1 quilo de lixo plástico em 7 dias, sendo responsável pela produção de 0,3 quilogramas (kg) de CO₂ por dia para atender tal demanda (HAMILTON et al., 2019), conforme a figura 4 retrata. Segundo a análise de Hamilton et al. (2019), para cada quilo de resíduos plásticos, até 0,9 kg são coletados no Brasil, dos quais 67% são descartados em aterros e 22% são descartados de forma inadequada, e cerca de 0,3 kg apresentam risco de entrar na natureza. Para cada kg de resíduo plástico, 0,1 kg é coletado para reciclagem (HAMILTON et al., 2019).

Conforme os dados anteriores, pode-se concluir que resíduos desembocando em sistemas pluviais são um resultado direto de uma infraestrutura de gestão de resíduos subdesenvolvida. Além disso, a eficácia da gestão de resíduos plásticos está correlacionada ao status de renda de uma nação. Este é um grande desafio para países de baixa renda, levando à taxas incipientes de coleta e altas taxas de deposição nos lixões, como é o caso do Brasil. De acordo com Kaza et al. (2018), as taxas de coleta são geralmente mais altas, mas os problemas permanecem nos municípios de

alta renda, como baixos níveis de reciclagem, preferência por aterro sanitário e incineração de resíduos plásticos, sendo essa última uma prática ausente no Brasil. Deixar de separar ou descartar adequadamente o plástico leva ao desperdício sendo descartado diretamente em aterros ou despejados na natureza (JAMBECK et al., 2015). No Brasil, políticas relacionadas à água se consolidaram desde 1997, quando a Política Nacional de Recursos Hídricos foi instituída, por meio da Lei nº 9.433 (BRASIL, 1997).

2.3 Gestão de Resíduos Plásticos no Contexto da Poluição de Rios, Lagos e Sistemas Pluviais

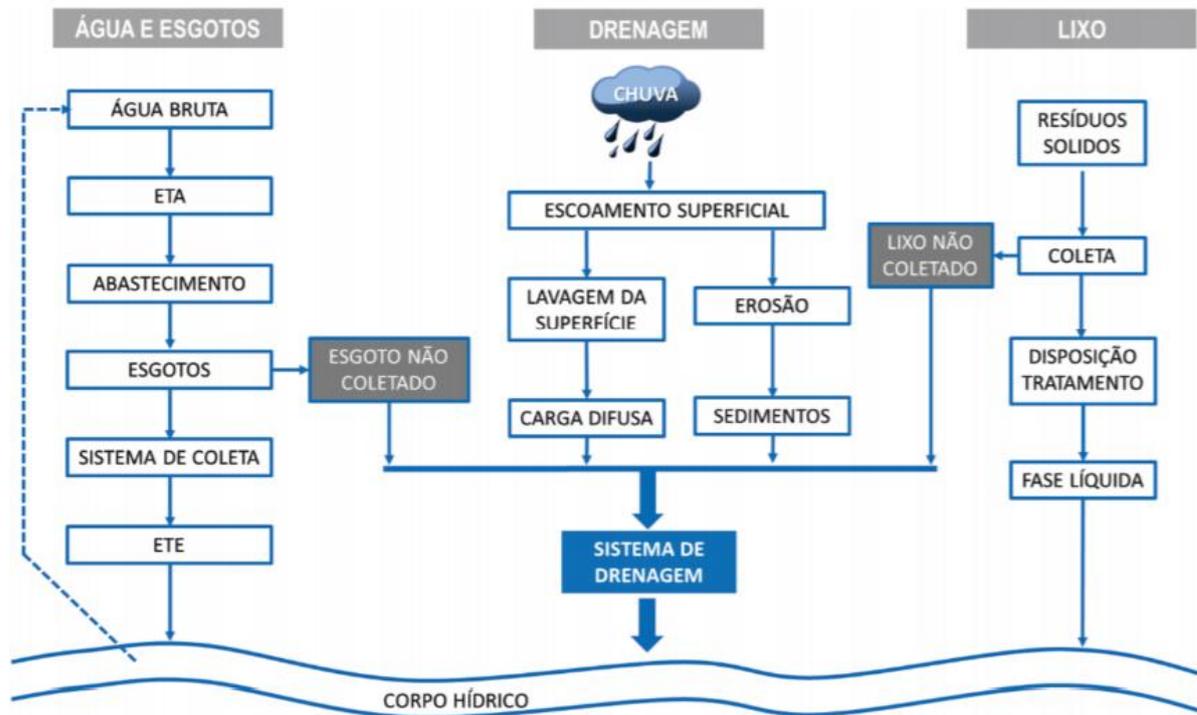
Segundo dados publicados por ten Brink et al. (2018), as graves consequências envolvendo o despejo direto de resíduos sólidos em áreas costeiras são comumente difundidas, porém tais resíduos também podem surgir de outras fontes como aterros mal administrados - que permitem que os resíduos escapem, bem como de bueiros e rios que atuam como meios para o lixo terrestre chegar aos mares e oceanos.

Embora alguns detritos de plástico sejam transportados pelo vento devido à sua baixa densidade, a maior parte do lixo terrestre é transportada por rios e águas pluviais (RYAN et al. 2009). Ryan et al. (2009) evidencia a existência e respectiva importância de alguns estudos que mensuram a quantidade de plástico por amostragem de resíduos capturados em uma variedade de sistemas de filtragem.

Segundo publicações feitas pela Agência Reguladora de águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal – ADASA - (2019), o sistema de drenagem sofre impacto direto dos demais serviços de saneamento quando estes não operam com a eficiência esperada.

O planejamento, projeto, construção e operação de sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais, portanto, devem ter como objetivo a redução das inundações e alagamentos e, ao mesmo tempo, o controle da poluição hídrica. Isso especialmente quando, como é o caso do DF, o uso racional dos recursos hídricos é determinante para o aumento da disponibilidade de água em uma região de baixa garantia hídrica. (ADASA, 2019).

Figura 5 - Esquema operacional dos serviços de saneamento e os impactos sobre o sistema de drenagem.



Fonte: ADASA (2019).

Uma vez no sistema de drenagem, o lixo é potencialmente capaz de viajar através dos condutos de águas pluviais, riachos, rios, lagos e estuários até que finalmente alcance o mar aberto (ARMITAGE, 2000). É importante ressaltar que apenas parte desses detritos tendem a ser coletados - e geralmente sob grande custo, como pontua Armitage (2000). Uma medida fundamental para evitar a chegada do lixo ao mar é viabilizar uma infraestrutura e serviços eficazes de gestão de resíduos, oferecendo benefícios mais amplos do que apenas mitigar o lixo marinho (TEN BRINK, P. et al., 2018).

No Brasil, a lei que estabelece diretrizes nacionais para saneamento básico é a Lei nº 11.445 de 2007, juntamente à Lei nº 9.605 de 1998 que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, porém, uma gestão pouco eficiente de tais diretrizes culmina na deposição de resíduos em locais extremamente impróprios. O descarte incorreto de resíduos sólidos (...) nos sistemas de drenagem ou em terrenos abandonados pode agravar os riscos de alagamentos e deslizamentos, (...) devido ao entupimento dos bueiros e ao assoreamento dos canais, sendo que os resíduos sólidos transportados pelos rios e

pelo sistema de drenagem podem atingir os oceanos (BERNARDINO & FRANZ, 2016).

Como primeiros passos para resolver a problemática dos resíduos provenientes dos sistemas de drenagem urbana, Armitage (2000) sugere as seguintes etapas:

- I. Definir o que se entende por “lixo urbano”;
- II. Identificar as principais fontes de resíduos sólidos;
- III. Listar os principais fatores que influenciam a quantidade de resíduos sólidos encontrando seus caminhos para as vias navegáveis;
- IV. Sugerir algumas maneiras de evitar que resíduos sólidos entrem no sistema de drenagem;
- V. Apresentar dados sobre o carregamento de resíduos sólidos em diferentes bacias hidrográficas;
- VI. Apresentar equações simples que permitem aos projetistas estimar a quantidade de resíduos sólidos urbanos que eles podem esperar.

Uma estratégia integrada de gestão de resíduos sólidos normalmente envolveria três tipos de operações: controles de planejamento, controles de origem e controles estruturais (ARMITAGE, 2004). Armitage (2004) propõe uma estratégia integrada de gestão de resíduos sólidos envolvendo três pilares: o controle de planejamento - visa a adoção de políticas públicas que preservem o sistema de drenagem urbana; o controle de origem - visa reduzir a carga de resíduo que entra no sistema de drenagem, tratando-os em sua origem; e o controle estrutural que visa interceptar ou remover resíduos sólidos após já terem entrado no sistema de drenagem através da instalação de estruturas como armadilhas, redes ou sistemas de desvio no sistema de águas pluviais.

2.4 Gravimetria de Resíduos Sólidos

Considerando as premissas da sustentabilidade, um bom sistema municipal de resíduos sólidos urbanos deve medir, de alguma forma, a quantidade e a qualidade dos resíduos gerados pela sua população (POLAZ & TEIXEIRA, 2009).

O planejamento deve começar, portanto, pela classificação e quantificação dos resíduos gerados, ou seja, é necessário inicialmente estimar a quantidade total e por habitante; realizar a análise da composição gravimétrica ou composição física (percentual de cada componente em relação ao peso total dos resíduos) e calcular o peso específico (peso dos resíduos em função do volume por eles ocupado, expresso em kg.m^{-3}) (REZENDE et al., 2013).

A composição gravimétrica constitui uma informação importante na compreensão do comportamento dos resíduos, aterrados ou não, e expressa, em percentual, a presença de cada componente, em relação ao peso total da amostra dos resíduos (MATTEI & ESCOSTEGUY, 2007).

Segundo Monteiro et al. (2001), é preciso considerar as características das fontes de produção, o volume e os tipos de resíduos gerados, as características sociais, culturais e econômicas dos cidadãos e as peculiaridades demográficas, climáticas e urbanísticas locais, para que se possa dar aos resíduos, tratamento diferenciado e disposição final técnica e ambientalmente corretas. Uma metodologia de gravimetria adequada ao sistema de drenagem urbana do Distrito Federal pode levar ao estabelecimento de uma estratégia de controle estrutural no próprio sistema de drenagem (ARMITAGE, 2004), impactando diretamente a quantidade de resíduos que chegam até o Lago Paranoá.

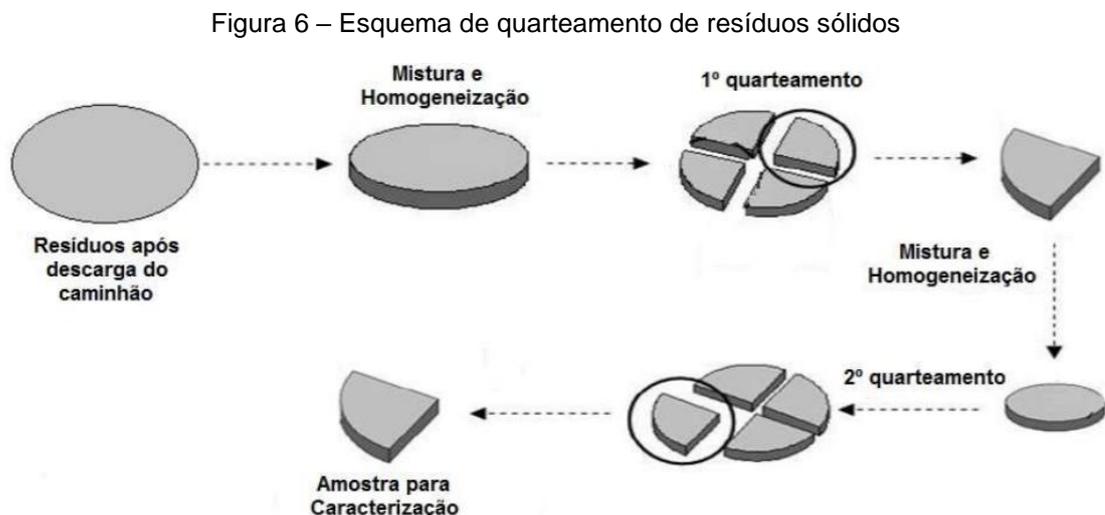
Para classificação dos tipos de materiais que podem ser encontrados em uma execução de uma gravimetria, o método teste ASTM D5231 - 92(2016) propôs os procedimentos para medir a composição dos resíduos sólidos urbanos (RSU) não processados, empregando a separação manual, como evidencia o quadro 3.

Quadro 3 - Descrições das categorias de componentes de resíduos pelo método ASTM D5231-92(2016)

Categoria	Descrição
Papel	Papel de escritório, papel de computador, revistas, papel brilhante, papel encerado, papel de jornal e papelão ondulado.
Plástico	Todos os tipos de plástico.
Orgânicos	Todos os resíduos alimentares, exceto ossos.
Outros orgânicos	Resíduos de quintal (galhos, galhos, folhas, grama e outro material vegetal), madeira, têxteis, borracha, couro e outros materiais principalmente incineráveis não incluídos nas categorias de componentes acima.
Metal	Ferrosos (ferro, aço, latas de estanho e latas bimetálicas), alumínio e metais não ferrosos não alumínio (cobre, latão etc.)
Vidro	Todos os tipos de vidro.
Outros resíduos	Pedra, areia, sujeira, cerâmica, gesso e osso.

Fonte: Traduzido do método teste ASTM D5231 – 92 (2016).

Conforme Santos (2010) coloca, em termos metodológicos, é hegemônico na literatura a recomendação do quarteamento como método principal quando da realização da composição gravimétrica em resíduos sólidos, como evidencia a figura 6.



Fonte: SLU (2015).

Em linhas gerais, o método tende a contemplar as seguintes etapas: (1) seleção de uma amostra representativa; (2) disposição da amostra sobre uma lona para realização do rompimento dos recipientes que acondicionam os resíduos; (3) mistura dos resíduos; (4) divisão dos resíduos em quatro partes; (5) separação de duas partes opostas para serem descartadas e duas partes para sofrerem novamente homogeneização; (6) separação em quatro partes da amostra restante; (7) escolha de uma parte para realização da pesagem e determinação da composição gravimétrica.

Rezende et al. (2013) propõe uma metodologia de gravimetria a partir da análise de amostras de coletas seletivas, que se inicia pela caracterização da área de estudo, descrevendo a geolocalização dos pontos avaliados, definindo a área total que os delimitam, número de habitantes que lá residem, e o padrão socioeconômico da região, através de indicadores socioeconômicos. No que diz respeito aos procedimentos da gravimetria, “foram estabelecidas duas etapas para a caracterização qualitativa e quantitativa dos resíduos gerados: (...) a primeira consistiu em coletar os resíduos sólidos urbanos dos bairros (...) e a segunda, em separar e pesar os resíduos coletados.” (REZENDE et al., 2013). A metodologia utilizada por Rezende et al. (2013) coletou resíduos sólidos domiciliares em rota específica durante coletas seletivas realizadas pela prefeitura local, e definiu um veículo de carga como um meio de coleta dos resíduos sólidos urbanos garantindo que houvesse um procedimento de pesagem em toda jornada de coleta para a verificação da quantidade total de resíduos gerados em cada dia, além de serem descarregados em uma lona plástica para posterior separação. Foram retirados para amostragem 500 litros de resíduos por viagem de veículo durante 3 dias, conforme os procedimentos para coleta de amostras para análise de composição física sugerido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1995) e considerando a Norma Brasileira 10007 — Amostragem de resíduos sólidos (ABNT, 2004) (REZENDE et al., 2013). Com os resíduos em mãos, Rezende et al. (2013) garante a homogeneização da amostra, e pesagem dos tambores com a balança tarada, determinando-se a massa total das amostras e o peso específico de cada um dos cinco tambores, permitindo, desta maneira, o peso específico médio das amostras. Por fim, “o material dos tambores foi separado por componentes para determinação da composição física dos resíduos. Cada componente (matéria orgânica, rejeitos, papel e papelão, metais ferrosos, metais não ferrosos, plástico duro, plástico filme, vidros etc.) foi pesado

separadamente calculando-se o percentual em relação ao total e estimando-se a quantidade de materiais recicláveis presentes” (REZENDE et al., 2013).

Outra proposição interessante é a de Gava et al. (2012), que adotou uma gravimetria para avaliar as principais características que influenciam no surgimento dos resíduos sólidos na rede de drenagem, pela implantação de uma estrutura de monitoramento em uma seção do rio conectado ao sistema que serviu para coletar os resíduos veiculados. Gava et al. (2012) inicia a partir da caracterização geográfica dos cursos d'água conectados ao sistema de drenagem, frente à declividade, coordenadas, revestimento, presença de águas pluviais e esgoto sanitário. A seção de monitoramento dos resíduos sólidos drenados (RSDre) foi instalada em várias partes do rio, com uma estrutura composta de tela de aço de 3 milímetros de espessura e abertura de 2,0 x 10 centímetros (base x altura), possibilitando a retenção da maioria dos RSDre (GAVA et al., 2012). A tela foi fixada nas laterais e no fundo do canal, e presa com cordas à vegetação próxima, garantindo maior estabilidade, (...) posta a uma altura de 1,25 metros, deixando um restante de 0,50 metros como extravasador, para ocorrência de possíveis cheias (GAVA et a. 2012).

Figura 7 - Estrutura de monitoramento dos resíduos sólidos drenados

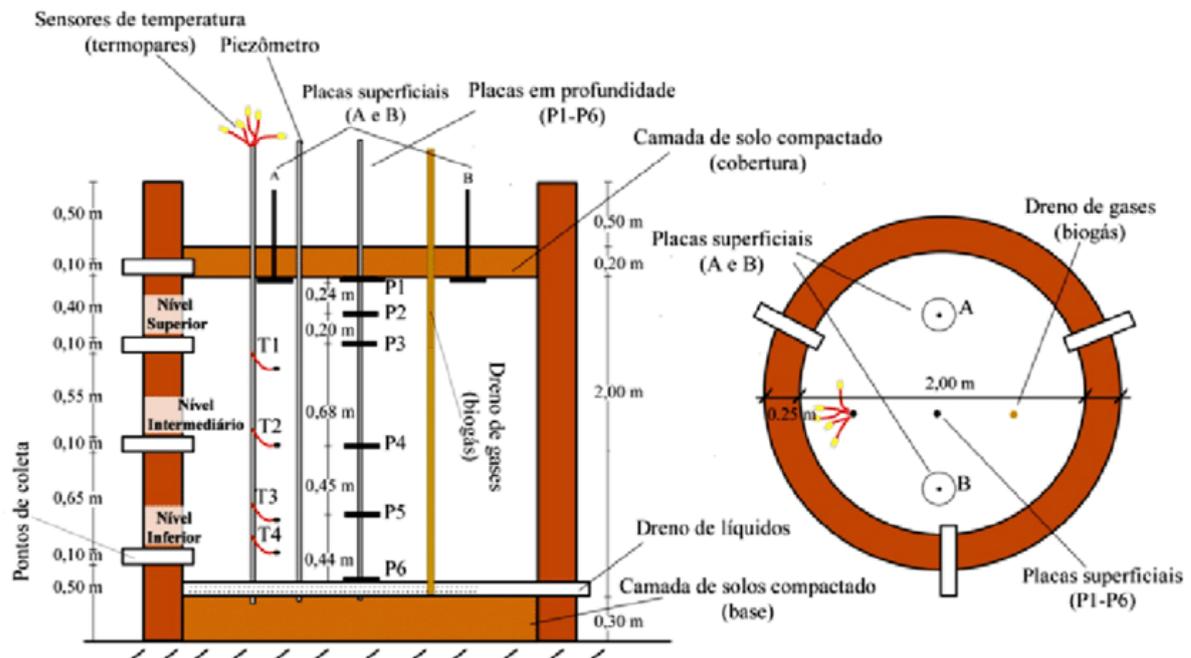


Fonte: GAVA et al. (2012)

Segundo Gava et al. (2012), a coleta dos RSDre foi realizada após cada evento de precipitação, e os retidos na tela foram recolhidos e transportados até um laboratório para serem separados, classificados e pesados após estarem secos, obtendo-se a composição gravimétrica do material. A secagem foi realizada em estufa plástica a temperaturas de até 55°C, (...) e a caracterização adotada para os RSDre foi uma adaptação da proposta de Armitage e Rooseboom (2000) e Brites, (2005) (GAVA et al., 2012). As categorias adaptadas de Gava et al. (2012) utilizadas foram plásticos, papel, metal, vidro, materiais de construção e outros, para classificar as 5 amostras, totalizando 3,68 kg de resíduos sólidos e 200 itens. Uma vez que o foco de Gava et al. (2012) era o monitoramento de resíduos sólidos urbanos provenientes de ações antrópicas, a matéria orgânica presente em grande quantidade nas amostras não foi contabilizada. Gava et al. (2012) definiu o material orgânico como sendo composto em sua grande maioria por folhas e galhos de tamanho variado que fazem parte da drenagem natural de qualquer curso de água. Por fim, Gava et al. (2012) definiu e analisou alguns fatores que poderiam interferir na presença de RSDre como as características da bacia estudada (área, uso e ocupação do solo), gerenciamento dos resíduos sólidos (acondicionamento, frequência de varrição e limpeza das bocas de lobo e canais) e precipitação (intensidade e número de dias secos antecedentes).

Por sua vez, Melo et al. (2016) quantificou a composição gravimétrica e volumétrica dos resíduos sólidos urbanos associando-as ao comportamento dos recalques em uma Célula Experimental localizada em município de pequeno porte. A metodologia foi constituída da construção, instrumentação e enchimento de uma Célula Experimental de RSU, seguidos da caracterização física dos resíduos e monitoramento dos recalques ao longo do tempo (MELO et al., 2016).

Figura 8 - Vista superior e corte vertical da Célula Experimental de RSU



Fonte: MELO et al. (2012)

Segundo Melo et al. (2016), para a realização da coleta e amostragem utilizou-se o procedimento recomendado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas. Um plano de amostragem foi delimitado dentro do roteiro da coleta de resíduos do município estudado, escolhendo-se o setor que abrangesse três bairros baseados no critério de condição social (classe alta, média e baixa), os dados sociais foram obtidos da prefeitura municipal local (MELO et al., 2016). A unidade amostral final foi definida a partir dos RSU coletados nesses bairros, obtendo-se uma amostra representativa dos resíduos produzidos na cidade, e após a coleta dos resíduos provenientes da rota selecionada para a pesquisa, foi realizada a sua homogeneização. Melo et al. (2016) baseou sua metodologia de homogeneização com base nas proposições de Lipor (2000) que consistiu no descarregamento dos resíduos sobre área plana para serem homogeneizados e divididos em quatro partes (quarteamento) com auxílio de uma enchedeira. De acordo com Melo et al. (2016), das quatro partes estabelecidas, duas foram descartadas e as outras duas homogeneizadas novamente, formando uma única pilha de resíduos, de onde foram retiradas as parcelas para preenchimento da Célula Experimental e caracterização física dos resíduos. Com auxílio de recipientes plásticos, foram retiradas amostras das laterais da base, do centro e do topo da pilha resíduos (MELO et al., 2016). Este material foi pesado e em seguida disposto em local previamente preparado para o processo de caracterização gravimétrica e volumétrica

dos resíduos soltos e compactados, (...) onde realizou-se a triagem, pesagem e classificação dos resíduos segundo as subclasses de: plásticos, metais, vidros, compósitos, têxteis sanitários, papel e papelão, matéria orgânica e outros (MELO et al., 2016).

Por fim, Silva (2014) propôs uma quantificação e caracterização de resíduos sólidos na drenagem urbana em uma bacia hidrográfica, iniciando pela contextualização da área de estudo em termos de sua geolocalização, área de extensão, acessibilidade, sub-bacias e respectivas declividades, além de dados sobre precipitação e índices pluviométricos a fim de estabelecer uma provável correlação. De forma mais detalhada que demais autores, Silva (2014) descreveu os materiais utilizados pela equipe de projeto durante os procedimentos, tais como equipamentos de proteção individual, materiais para separação de resíduos sólidos (como pás, enxadas e garfos), sacos plásticos para acondicionamento das amostras, balança digital para pesagem e uma armadilha de grade de ferro para reter os resíduos sólidos nos canais.

Silva (2014) relata a realização de 13 coletas ao longo de cinco meses responsáveis por recolher cerca de 25 toneladas de resíduos sólidos (dentro sedimentos e materiais orgânicos), tal que, para a retenção dos resíduos sólidos, foram instaladas grades reaproveitadas de construção civil com eficiência de cerca de 65%, sempre pela manhã de um dia, com retirada dos resíduos retidos no dia subsequente até que se completasse 24 horas de instalação. Os resíduos carreados eram retirados, pesados e caracterizados. Segundo Silva (2014), durante as primeiras visitas, foram levantados alguns dados como frequências de coletas domiciliares e comerciais, dias de variação e calendário de limpezas de canais, e posteriormente, houve a definição das dimensões do gradeamento para retenção de resíduos com base nas dimensões dos canais e sua instalação. Os resíduos retidos eram coletados com o uso de pás, com a ajuda da equipe do sistema de limpeza urbano local, e colocados no solo, sob área previamente limpa, separados manualmente e acondicionados em sacos de 100 litros, pesados separadamente, de acordo com Silva (2014). Um ponto essencial é que Silva (2014) estimou o peso de alguns materiais que retinham líquido a partir de amostras de tecidos que secavam após o momento da visita técnica. Segundo Silva (2014), houve desafios a serem superados no projeto diante de grandes quantidades carreadas na rede de drenagem que se acumularam e transbordaram, após registros significativos nos pluviômetros da região, o que levou

à uma adaptação no planejamento de não permitir a instalação das grades durante longos períodos.

3 METODOLOGIA

Este trabalho tem por objetivo estabelecer e desenvolver uma metodologia de gravimetria de resíduos plásticos, utilizando como estudo de caso o Lago Paranoá no Distrito Federal, a fim de iniciar a implantação do grande eixo estruturante relacionado à gestão de resíduos sólidos proposto pelo PNCLM em 2020. Para tanto, optou-se por realizar uma pesquisa descritivo-quantitativa. A pesquisa descritiva, segundo Gil (1999), visa “a descrição das características de uma dada população ou fenômeno, ou o estabelecimento de relações entre variáveis”. Martins & Theóphilo (2016) acrescentam que a pesquisa descritiva visa “organizar, resumir, caracterizar e interpretar os dados numéricos coletados”.

O campo de estudo envolveu mais especificamente o sistema de drenagem urbana de Brasília, conectado ao Lago Paranoá, durante o período de limpeza das bocas de lobo, sob responsabilidade da Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (NovaCap) e suas respectivas empresas terceirizadas. Os gestores da NovaCap e as empresas contratadas forneceram os dados para a coleta dos resíduos. A escolha pela cidade de Brasília, usando o Lago Paranoá como estudo de caso, se deu pelas inúmeras iniciativas e desenvolvimento de projetos ligados à problemática dos resíduos plásticos na Universidade de Brasília, além de abrigar um número expressivo de habitantes e atividade comercial, gerando grande quantidade diária de resíduos plásticos que eventualmente alcançam a Bacia Hidrográfica do Lago Paranoá.

3.1 Descrição do tipo de pesquisa

Como técnica de coleta de dados, utilizou-se a análise documental conforme a base instrumental desta pesquisa. Segundo Martins & Theóphilo (2016), essa técnica é utilizada por “estudos que utilizam documentos como fonte de dados, informações e evidências”. Considerando que a pesquisa de campo teve início em 2020, os procedimentos, protocolos e documentos com as versões disponíveis em 2020 foram tomados como base para determinar a composição da gravimetria, bem como a

metodologia mais adequada. Foram realizadas visitas técnicas durante o processo de limpeza de bocas de lobo realizado pela NovaCap, em parceria com as empresas contratadas pela coleta dos resíduos no Distrito Federal, para identificação dos documentos que responderiam à questão de pesquisa.

Os documentos utilizados para a coleta de dados consistiram em sete relatórios principais: (a) o Relatório Anual elaborado pelo Sistema de Limpeza Urbano em 2019, que levanta dados quantitativos sobre a geração de resíduos sólidos domiciliares; (b) o Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PDGIRS) elaborado pelo Governo do Distrito Federal (GDF), em conjunto com a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (Adasa), Companhia de Saneamento Ambiental de Brasília (Caesb), Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (NovaCap) e o Serviço de Limpeza Urbana (SLU), que mostra, através do estudo de gravimetria realizado em 2017, que quase 30% dos resíduos eram materiais recicláveis; (c) o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) elaborado pelo MMA; (d) a norma brasileira para amostragem de resíduos sólidos NBR10007/2004 elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT); (e) o *Global Plastics Report* elaborado pela Dalberg para o *World Wildlife Fund* (WWF) em 2019, que relata a média de quilogramas de resíduos plásticos gerados por pessoa por dia no Brasil; (f) indicadores de condições socioeconômicas das regiões administrativas nas quais as visitas técnicas aconteceram (Asa Norte e Samambaia), tais como: contingente populacional, índice de densidade urbana por região administrativa do Distrito Federal (habitante/hectare) e índice de renda per capita mensal (R\$) obtidos pelo relatório de Densidades Urbanas Nas Regiões Administrativas Do Distrito Federal elaborado por Sérgio Ulisses Jatobá, através da Companhia de Planejamento do Distrito Federal (Codeplan) em 2017, bem como a distância do Lago Paranoá à cada uma das regiões administrativas (RA); (g) registros fotográficos de sessões de limpeza de bocas de lobo em dias alternativos aos das visitas técnicas, fornecidas pela empresa contratada pela NovaCap em 2020.

Foram realizados os seguintes procedimentos: (a) identificação dos dados, relatórios e documentos disponíveis que influenciam na composição de resíduos sólidos no sistema de drenagem urbana no Distrito Federal; (b) identificação de metodologias de gravimetria possíveis a serem adaptadas para o contexto do sistema de drenagem urbana do DF, citadas no referencial teórico deste projeto; (c) predefinição de uma metodologia de gravimetria adaptada; (d) validação da

metodologia-teste de gravimetria em visita técnica; (e) registro e análise das lições aprendidas; (f) proposição de uma metodologia final com base em possibilidades de melhorias futuras e projetos de referência.

3.2 Métodos e materiais

Os métodos utilizados para a concepção de uma metodologia de gravimetria foram produto de uma série adaptações a partir dos trabalhos desenvolvidos por Santos (2010), Rezende et al. (2013), Gava et al. (2012), Melo et al. (2016) e Silva (2014). Foram realizadas três sessões de coleta de dados para a caracterização qualitativa e quantitativa dos resíduos presentes no sistema de drenagem urbana em duas regiões administrativas do Distrito Federal, por uma equipe de alunas da Engenharia de Produção que compuseram um projeto de extensão a partir dos resultados obtidos no projeto de *River Waste Plastic Recovery*, uma funcionária do SLU e um professor orientador do departamento da Engenharia de Produção da Faculdade de Tecnologia da UnB. De forma resumida, é importante ressaltar que a abertura e retirada dos resíduos das bocas de lobo foram realizadas pela empresa terceirizada da NovaCap, enquanto apenas a aplicação da gravimetria e da pesagem dos resíduos foram realizadas pela equipe da UnB, sob a supervisão do professor orientador em questão.

Quadro 4 – Datas das realizações das coletas

Ano	Mês	Dia	Número da visita	Região Administrativa	Cidade da visita
2020	agosto	4	1	Asa Norte	Brasília
2020	agosto	19	2	Samambaia	Brasília
2020	outubro	17	3	Asa Norte	Brasília

Fonte: Autoria própria (2021).

A primeira visita teve o intuito de ambientar a equipe de alunas da UnB ao processo de limpeza do sistema de drenagem urbana sob responsabilidade da NovaCap, no dia 4 de agosto de 2020. Já as duas sessões posteriores serviram para testar, adaptar e otimizar a metodologia de gravimetria estabelecida para limpeza das bocas de lobo nas regiões administrativas Asa Norte e Samambaia, em 19 de agosto e 17 de outubro de 2020, a fim de constatar e consolidar um modelo que fosse viável

para o contexto do sistema de drenagem urbana do DF e as nuances dos serviços de limpeza locais. O detalhamento dos procedimentos e equipamentos que foram adotados nas visitas técnicas para validação da metodologia de gravimetria pode ser analisado da seguinte forma:

- I. Ambientação nas visitas técnicas: a equipe de estudantes da UnB, sob direcionamento de gestores da NovaCap, se reunia no ponto de encontro de início do processo de limpeza de bocas de lobo com a equipe da empresa terceirizada, composta sempre por um responsável por dirigir o veículo que carregaria os resíduos coletados, quatro a seis responsáveis por limpar os resíduos das bocas de lobo e um supervisor. O supervisor, encarregado de fazer a vistoria dos procedimentos, foi essencial para introduzir à equipe terceirizada a importância do trabalho de gravimetria que seria exercido e testado a partir do contexto de um projeto acadêmico, mesmo frente a um cenário no qual aquela atividade não estava prevista nas cláusulas contratuais estabelecidas entre NovaCap e a empresa terceirizada.
- II. Limpeza das bocas de lobo: a metodologia de gravimetria foi validada a partir da obtenção de resíduos sólidos pelo processo da limpeza de bocas de lobo, que se inicia pela retirada de uma tampa de concreto ou grade de ferro, que dá acesso às galerias que compõem o sistema de drenagem, ou bueiro.

Figura 9 - Registro da abertura da grade de ferro para limpeza das bocas de lobo



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 10 – Registro da tampa de concreto aberta para limpeza das bocas de lobo



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 11 - Registro da disposição de resíduos para fora da boca de lobo pela equipe terceirizada



Fonte: Autoria própria (2021).

A equipe terceirizada pela NovaCap, equipada com luvas, coletes sinalizadores refletivos, roupas compridas e máscaras, era responsável por coletar os resíduos utilizando enxadas, pás e até mesmo as próprias mãos. Os resíduos eram dispostos ao lado das bocas de lobo para realização da gravimetria, e posteriormente, a empresa terceirizada da NovaCap realizava um registro fotográfico em cada boca de lobo devidamente limpa, contendo a identificação do local escrita sobre um quadro branco, como evidenciado na figura a seguir:

Figura 12 – Registro fotográfico realizado pela equipe terceirizada da NovaCap frente ao processo de limpeza de boca de lobo



Fonte: Autoria própria (2021).

- III. Identificação e caracterização de resíduos provenientes da limpeza: após a retirada de todos os resíduos contidos nas bocas de lobo, eles eram dispostos ao lado para que a equipe de estudantes da UnB pudesse manejá-los e separá-los de acordo com os critérios estabelecidos, fazendo uso de máscaras de proteção, luvas de borracha, roupas compridas e equipamento de proteção para rosto. A equipe de estudantes fez uma adaptação da classificação do método ASTM D5231-92(2016), reduzindo as sete categorias propostas em apenas duas categorias – plásticos e outros. Assim como Gava et al. (2012) estabeleceu como foco o monitoramento de resíduos sólidos urbanos provenientes de ações antrópicas, entende-se que esta adaptação não prejudica os resultados obtidos, uma vez que o propósito da realização deste projeto está atrelado em reunir pela primeira vez dados e lições aprendidas sobre o acúmulo de resíduos compostos por plástico no contexto do DF. Portanto, o foco era separar qualquer resíduo plástico dos demais resíduos com outras composições. Apesar das pesquisas de Rezende et al. (2013) e Silva (2014) relatarem que suas coletas de amostras totais variavam de 1.500 litros a 25 toneladas recolhidas entre três e treze visitas técnicas, respectivamente, notou-se que as amostras retiradas a

partir das bocas de lobo eram significativamente menores (quando existentes). Nesse sentido, as etapas de homogeneização e quarteamento da amostra total propostas por Santos (2010), Rezende et al. (2013), Melo et al. (2016), a partir de normas já existentes como a Norma Brasileira (ABNT-NBR) 10007 — Amostragem de resíduos sólidos (ABNT, 2004), acabaram não sendo necessárias ou sequer viáveis, diante de uma discrepância nítida entre quantidades recolhidas relatadas nos estudos citados para as obtidas neste projeto em questão. Portanto, a equipe simplesmente identificava e classificava cada resíduo coletado como sendo “plástico” ou “outros”, fazendo seu devido acondicionamento em sacos plásticos separados para seguir para a etapa de pesagem.

Figura 13 – Registro de exemplo de amostra coletada pela equipe de estudantes advindo das bocas de lobo



Fonte: Autoria própria (2021).

A equipe de estudantes se dividiu para que um dos membros presentes pudesse registrar fotograficamente todo o processo, desde o início da separação, para permitir uma melhor visualização e gestão dos resultados das amostras após as visitas técnicas.

Figura 14 – Registro da equipe de estudantes realizando a separação dos resíduos entre as categorias de “plásticos” e “outros”



Fonte: Autoria própria (2021).

- IV. Pesagem dos resíduos: tal como Silva (2014) propôs, o material primordial nesta etapa foi a balança digital com peso máximo de 120 kg a ser suportado. O primeiro passo dessa etapa envolveu pesar as bombonas e baldes - que acondicionam os resíduos em cima da balança - para subtrair seus respectivos pesos em caso de alguma amostra levar em consideração acidentalmente esse valor como peso da amostra avaliada. Posteriormente, os resíduos separados nas duas categorias estabelecidas eram depositados dentro dos baldes ou bombonas, já com a balança tarada como propôs Rezende et al. (2013), determinando a diferença entre a massa total de cada categoria de amostra e a massa das bombonas ou baldes. Logo, a pesagem de componentes plásticos feita de forma separada tornaria possível o cálculo de seu percentual em relação ao total recolhido das bocas de lobo, e futuramente, uma estimativa da quantidade de resíduos plásticos presentes nas amostras.

Figura 15 – Registro do processo de pesagem de materiais plásticos encontrados dentro de uma boca de lobo



Fonte: Autoria própria (2021).

- V. Encerramento da gravimetria e limpeza das bocas de lobo: o processo de limpeza se encerrava com o recolhimento dos resíduos sólidos presentes nas bocas de lobo em uma carroceria sem compactação, cuja destinação estabelecida foi o aterro sanitário em todas as ocasiões das visitas técnicas realizadas, em rota específica realizada pela empresa terceirizada da NovaCap.

4 ESTUDO DE CASO: BACIAS HIDROGRÁFICAS DO DISTRITO FEDERAL

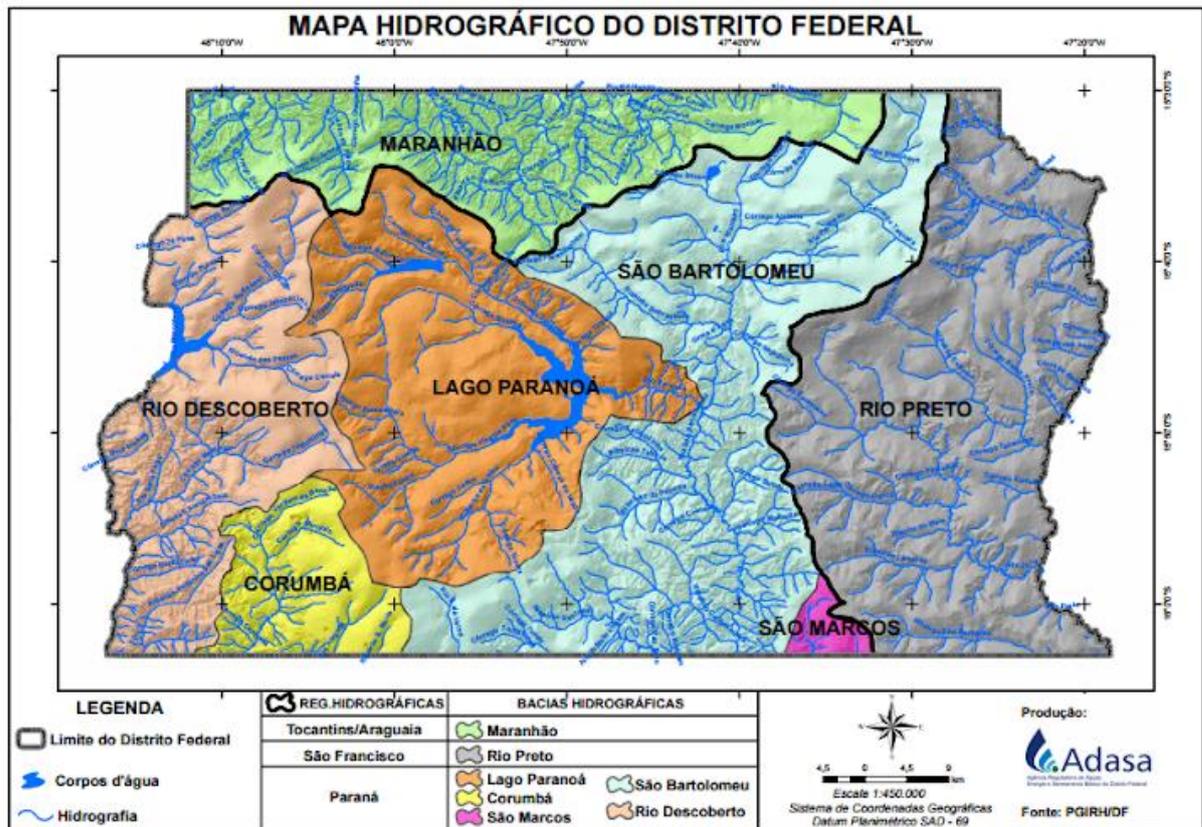
4.1 Apresentação

No contexto do DF, Brasília, a capital do Brasil, se caracteriza como a cidade na qual todas as políticas e legislações são desenvolvidas, exercendo grande influência em todo o país. Além disso, a maior parte dos resíduos que vão para o mar são provenientes tanto de fontes terrestres como de rios e lagos, não sendo diferente do que ocorre no Lago Paranoá, dentre diversos outros corpos d'água em Brasília.

Segundo informações obtidas através do portal do CBH Preto DF (2020), no Distrito Federal existem três bacias hidrográficas: Bacia hidrográfica dos afluentes do Rio Preto, Maranhão e Paranaíba, compostas pelas sub-bacias do Rio Descoberto, Corumbá, Paranoá, São Bartolomeu e São Marcos. Estas bacias se dividem nas regiões hidrográficas São Francisco, Tocantins/Araguaia e Paraná. Das 33 Regiões Administrativas – RA do DF, 30 são abrangidas pelos afluentes do Rio Paranaíba. A área engloba 5, das 7 bacias hidrográficas que integram o DF e seu entorno imediato (...) e sua área territorial ocupa 5.024 km², representando 74% do território do DF (CBH PRETO DF, 2020).

A bacia faz parte da Região Hidrográfica do Rio Paraná. Ela está inserida na região geográfica do Planalto Brasileiro e possui alta ocupação urbana. Entre as bacias do DF, a dos afluentes do Rio Paranaíba é a maior responsável pelo abastecimento de água da unidade federativa (CBH PRETO DF, 2020).

Figura 16 - Mapa hidrográfico do Distrito Federal



Fonte: ADASA (2011)

Em agosto de 2006, por meio do Decreto n° 27.152, foi instituído o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Paranoá, cuja atuação contempla a Sub Bacia do Rio Paranoá, no qual está incluído o Lago Paranoá. Na porção central do Distrito Federal,

com a maior densidade demográfica da região, localiza-se a Bacia Hidrográfica do Lago Paranoá, que se divide em cinco unidades hidrográficas de gerenciamento, cujos principais afluentes são o Riacho Fundo e os Ribeirões do Torto, Bananal, Gama e Cabeça de Veado (LIPORONI, 2012). As regiões definidas como balneáveis do Lago Paranoá costumam ser as áreas mais frequentadas pela população e, conseqüentemente, também são pontos mais suscetíveis ao descarte inadequado de resíduos no lago. Desde 2011, a ADASA, promove o evento “Semana Lago Limpo”. Desde então, foram recolhidas mais de 30 toneladas de lixo (ADASA, 2019).

De acordo com CBH Preto DF (2020), a sub-bacia do Rio Paranoá é composta pelos Rio Paranoá, Ribeirão do Torto, Ribeirão Bananal, Riacho Fundo e Ribeirão do Gama. É a bacia mais central e abrange o maior número de RAs do DF: Plano Piloto, Varjão, Lago Norte, Setor de Indústria e Abastecimento-SIA, Setor Complementar de Indústria e Abastecimento-SCIA, Cruzeiro, Guará, Park Way, Águas Claras, Núcleo Bandeirante, Lago Sul, Riacho Fundo, e parte das RAs Paranoá, Itapoã e Jardim Botânico. Dentre as bacias, é a que apresenta maior concentração urbana. Está sujeita à demanda intensa de novos espaços para o desenvolvimento de atividades e por infraestrutura urbana, especialmente de transporte. Em contrapartida, a sub-bacia do Rio Descoberto é constituída pelo Rio Descoberto, Córrego Rodeador, Ribeirão das Pedras, Rio Melchior e Ribeirão Engenho das Lajes. Compreende as RA de Brazlândia, Taguatinga, Ceilândia e Samambaia e parte dos municípios goianos Santo Antônio do Descoberto e Águas Lindas de Goiás (CBH PRETO DF, 2020).

4.2 Problemática de Resíduos Sólidos no Contexto do Lago Paranoá e outros corpos d’água do DF

A bacia do Lago Paranoá incorpora regiões administrativas do Distrito Federal que têm apresentado altas taxas de crescimento populacional, além de um processo de ocupação desordenado que ameaça a qualidade das águas do lago, principalmente por excesso de aporte de sedimentos. Além disso, o Lago Paranoá é receptor direto de efluentes de duas estações de tratamento de esgotos (ETE) - ETE Norte e ETE Sul - o que exige cuidados permanentes de monitoramento do impacto desses despejos na qualidade da água do Lago (FERRANTE et al., 2001). Segundo Ferrante et al. (2001) e Pires (2004), a unidade hidrográfica do Lago Paranoá é a bacia de captação dos principais cursos d’água que drenam a área urbana de Brasília. É

constituída pelo Lago Paranoá e por áreas de drenagens de córregos pequenos que deságuam direto no lago: Taquari, Gerivá, Palha, Cabeça de Veado, Canjerana e Anta. Em relação à qualidade da água, como trata-se da bacia com a maior ocupação humana, onde estão situadas, além da cidade de Brasília, as cidades do entorno do Núcleo Bandeirante, Riacho Fundo I e II, Guará I e II, Setor Habitacional Lúcio Costa, Águas Claras, Cruzeiro, Setor Sudoeste e Lagos Sul e Norte, os principais problemas são relacionados à disposição dos esgotos domésticos e à impermeabilização das superfícies de infiltração. Ressaltam-se ainda problemas com a poluição difusa advinda da drenagem urbana lançada no lago. As regiões administrativas diretamente ligadas ao Lago Paranoá são apresentadas no quadro 5.

Quadro 5 - Regiões administrativas do DF diretamente ligadas à Bacia Hidrográfica do Lago Paranoá

Candangolândia
Guará I e II
Núcleo Bandeirante
Águas Claras (com Arniqueiras)
Vicente Pires
Riacho Fundo I e II
Lago Sul
Park Way
SIA
Samambaia
Recanto das Emas

Fonte: Autoria própria, a partir de GDF (2015).

De acordo com os dados obtidos a partir da Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal (SEMA) em 2019, os moradores do Distrito Federal são os brasileiros que mais produzem lixo por dia, gerando aproximadamente 1,6 kg de resíduos por dia e por habitante. O plástico representa 28% do material comercializado pelas cooperativas, totalizando 8.949 toneladas de plásticos comercializados ao longo do ano, de acordo com o SLU (2019). Porém, considerando apenas a população estimada de Brasília que, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), foi de 3.015.268 pessoas em 2019, são produzidos em média 100.000 toneladas de plásticos no DF por mês, e pouco mais de 1 milhão de toneladas por ano.

Figura 17 - A estrutura da gestão de serviços de saneamento básico no âmbito da administração pública do Distrito Federal - Plano Distrital De Gestão Integrada De Resíduos Sólidos (PDGIRS)



Fonte: SLU (2018)

Em se tratando da gestão dos resíduos sólidos, o escopo de trabalho das entidades envolvidas tanto na esfera federal quanto na distrital apresentam indefinições, inconsistências e superposições a serem equacionadas. A figura 17 evidencia a caracterização da estrutura por trás da gestão de serviços de saneamento básico no DF, apesar de já ter ocorrido desde então a alteração de nomenclatura e escopo de algumas poucas entidades, como por exemplo extinção da Agência de Fiscalização do DF (Agefis) e criação da Secretaria de Proteção da Ordem Urbanística – chamada de DF Legal. Há uma demanda por uma melhor definição do arranjo institucional da gestão de resíduos no Lago Paranoá, diante da clara indefinição de responsáveis para tratar a problemática da poluição deste ambiente por materiais plásticos, além de diversos outros tipos de materiais.

Uma das diretrizes da *World Wide Fund For Nature* em seu relatório *Solving Plastic Pollution Through Accountability* indica que se deve trabalhar em níveis subnacionais apropriados e se deve investir nas cidades para estabelecer planos de gestão e mecanismos de contabilidade transparentes que evitam o vazamento de plástico nos sistemas de água ou outra eliminação de resíduos mal gerenciados (HAMILTON et al., 2019). Entende-se, portanto, a importância da aplicação de uma metodologia de estimativa de quantidade de resíduos plásticos a nível municipal,

como no caso do Lago Paranoá no Distrito Federal, em um contexto em que se pode replicar tais métodos em dimensão nacional.

4.3 Limpeza No Sistema de Drenagem Urbana no Distrito Federal

O Distrito Federal conta com a atuação de entidades específicas para execução do processo de limpeza do sistema de drenagem urbana, como por exemplo, NovaCap. Ela é o principal braço executor das obras de interesse do Estado e tem sua vinculação direta com a SINESP, com função de planejamento e execução dos serviços de drenagem urbana e manejo das águas pluviais. Além disso, a companhia informa em seus dados oficiais que suas principais atividades realizadas são na área de resíduos de limpeza pública são executadas pela Diretoria de Urbanização (DU) por meio do Departamento de Infraestrutura Urbana (DEINFRA) - executa os serviços de desobstrução da rede e limpeza das estruturas de drenagem por meio da Seção de Manutenção de Redes de Drenagem (SEMAD); Departamento de Parques e Jardins (DPJ) - executa os serviços de limpeza relacionados à manutenção dos gramados e manutenção da arborização no Plano Piloto através da Divisão de Manutenção de Áreas Verdes (DIMAVE) e da Divisão de Implantação de Áreas Verdes (DIAVE).

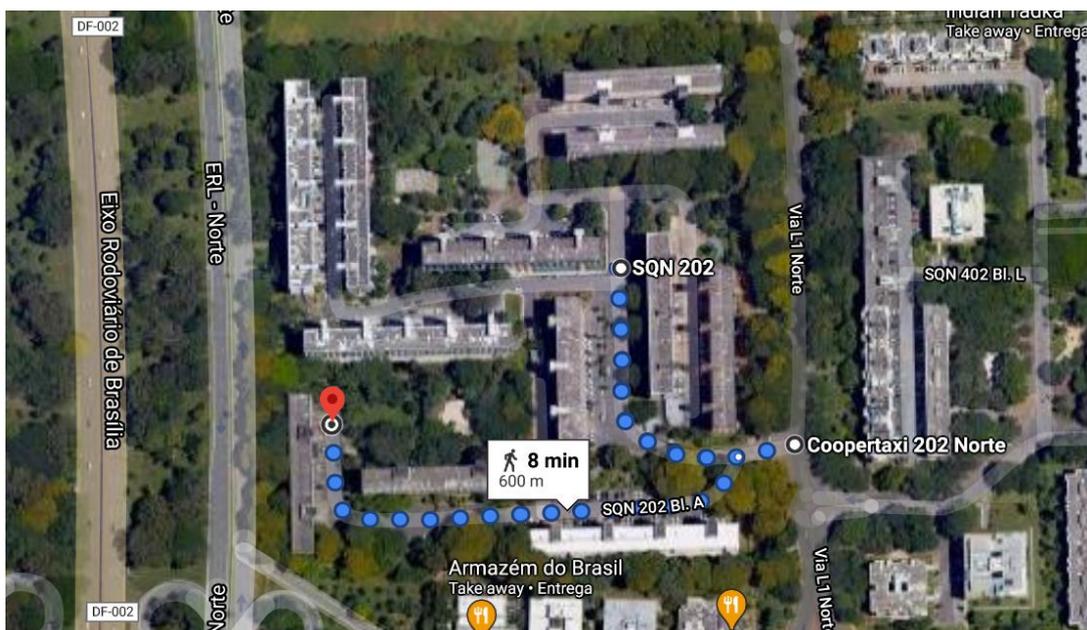
Para que fosse possível propor, testar e iterar uma metodologia de gravimetria adequada, foi crucial o estabelecimento de uma parceria com a NovaCap, entidade responsável pelo processo de limpeza do sistema de drenagem urbana, sob a premissa de desenvolver pesquisa, conteúdo e iniciativas acadêmicas que beneficiam o surgimento e estruturação de novos dados estratégicos para a atuação da entidade. O processo de limpeza das bocas de lobo do sistema de drenagem urbana no Distrito Federal ocorre de forma preventiva, em períodos estratégicos para redução dos danos causados pelo entupimento do sistema em épocas mais chuvosas. Dessa forma, limpezas no início do ano (geralmente em janeiro) e no período imediatamente anterior às chuvas (entre agosto e setembro) ocorrem anualmente em pontos considerados críticos. Os pontos de atuação da NOVACAP são priorizados baseando-se no histórico de ocorrências e danos registrados gerados pelas fortes chuvas e entupimento do sistema de drenagem.

Durante o período de coleta de dados para o projeto, a NovaCap foi denominada para garantir a limpeza de duas regiões administrativas: Asa Norte e

Samambaia (sendo esta última citada no quadro 3, como uma RA diretamente ligada à Bacia do Lago Paranoá), sendo as demais RA responsabilidade de suas respectivas administrações locais e da gestão do governador do DF. Nessa atuação em questão, a NovaCap garantiu a realização do serviço por meio da contratação de empresas terceirizadas, que de fato executaram a limpeza das bocas de lobo nos bairros designados. O início das atividades se deu no dia 01/09/2020, tendo seu encerramento no dia 01/11/2020. A empresa terceirizada conseguiu obter um alto rendimento diário na execução do processo de limpeza, garantindo que uma média de 100 bocas de lobo fossem limpas em apenas um dia.

Foram realizadas três visitas técnicas aos locais submetidos à limpeza das bocas de lobo. A primeira visita, realizada na quadra residencial 202, na Asa Norte, no Plano Piloto (Brasília), teve intuito de ambientar a equipe da UnB com a equipe da empresa terceirizada, permitindo uma visualização do processo de limpeza e identificação das respectivas atividades, a fim de que as demais visitas fossem as mais eficientes possíveis visando a implementação da gravimetria, e não onerassem os demais envolvidos no processo. Os traços em azul evidenciados na figura 18 mostram os trajetos percorridos nesta visita técnica.

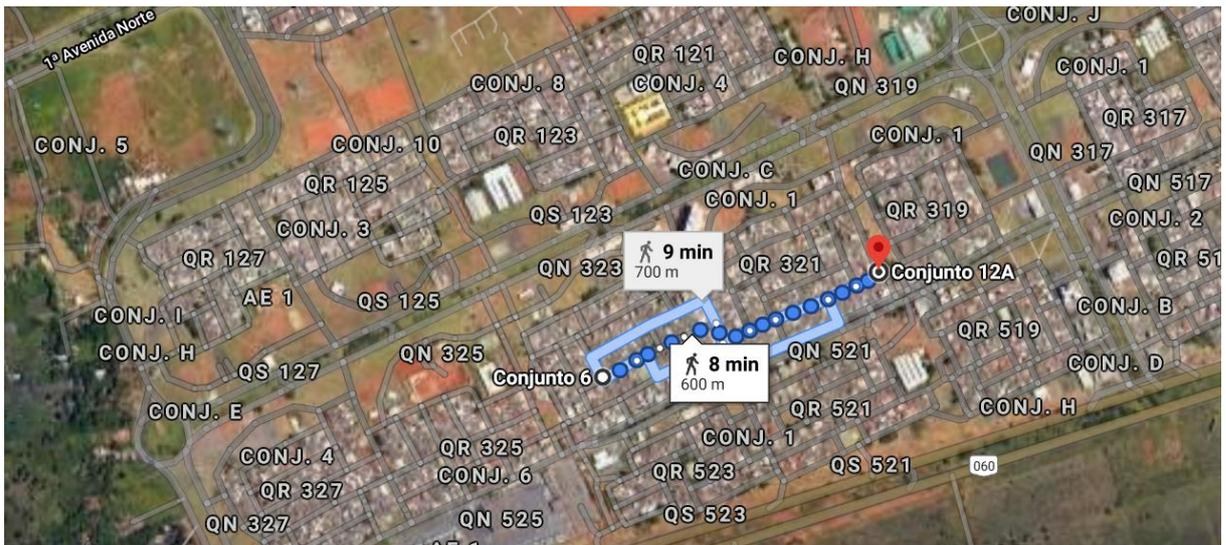
Figura 18 – Visualização do trajeto percorrido na Asa Norte, no Plano Piloto, para ambientação com a equipe terceirizada pela NovaCap, responsável pelo procedimento de limpeza das bocas de lobo



Fonte: Google Maps (2021).

A segunda visita técnica ocorreu em uma das regiões administrativas diretamente ligadas à Bacia Hidrográfica do Lago Paranoá – Samambaia. Essa segunda visita técnica envolveu a aplicação da gravimetria e apontamento de possíveis melhorias no processo adotado, no trajeto evidenciado pela figura 19.

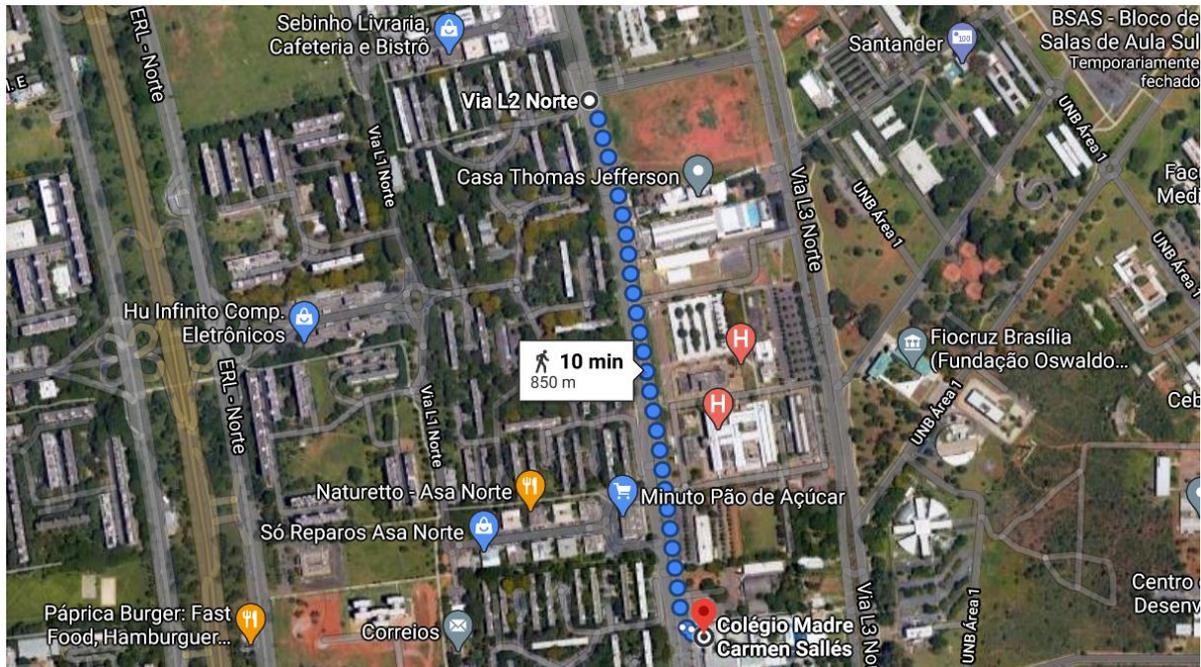
Figura 19 – Visualização do trajeto percorrido da região visitada em Samambaia Sul (quadras residenciais próximas ao Terminal Rodoviário Samambaia Sul, ao longo de uma extensão de 700 metros aproximadamente)



Fonte: Google Maps (2021).

Por fim, a última visita foi realizada novamente na Asa Norte, no Plano Piloto (Brasília), em uma das principais vias da cidade, a “L2 Norte”, conforme a figura 20 ilustra abaixo.

Figura 20 – Visualização do trajeto percorrido na Asa Norte, no Plano Piloto (via L2 norte, ao longo de uma extensão de 850 metros, entre a quadra 604 norte e 607 norte)



Fonte: Google Maps (2021).

Essa visita teve o intuito de estabelecer o procedimento de gravimetria final a ser adotado, com base nos aprendizados gerados nas últimas visitas realizadas pela equipe da UnB, em parceria com a NovaCap e empresa terceirizada.

5 ANÁLISE DA GRAVIMETRIA REALIZADA

No Distrito Federal, mais especificamente em Brasília, são escassas as pesquisas sobre a composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares, tanto quanto do sistema de drenagem urbana. Portanto, é praticamente impossível realizar uma comparação dos resultados alcançados neste projeto em questão com os dados de outros autores, em função: (1) das diferentes metodologias adotadas e das adaptações que foram realizadas para viabilizar a gravimetria mediante o processo de limpeza de boca de lobo; (2) das diferenças entre os tipos de resíduos investigados; e (3) pela constatação de que as amostras analisadas e coletas para fins deste projeto apresentam uma margem de erro significativa frente aos reais índices de poluição por resíduos plásticos no sistema de drenagem. Apesar disso, por ter se tratado de um dos trabalhos mais pioneiros no que tange à problemática dos resíduos plásticos no DF e sua sucessiva desembocadura no Lago Paranoá, esta pesquisa permanece

como ponto de partida para o aperfeiçoamento e continuidade da aplicação da gravimetria a fim de se entender com maior precisão qual é o cenário de degradação do Lago Paranoá e contribuição dessa região no que tange a poluição provocada pela presença de materiais plásticos.

5.1 Discrepâncias na composição gravimétrica e volume de resíduos sólidos no sistema de drenagem urbana no Distrito Federal

O índice de densidade urbana (habitante/hectare) é “um dos mais importantes indicadores e parâmetros de desenho urbano a ser utilizado no processo de planejamento e gestão dos assentamentos humanos” (ACIOLY e DAVIDSON, 2011). Segundo Jatobá (2017), a densidade urbana deve ser calculada levando em conta não a área total de uma determinada região administrativa, mas apenas a área urbana efetivamente ocupada ou construída, definida por incluir áreas formais regularizadas e áreas em processo de regularização. A relação entre ambos os índices tende a ter um comportamento inversamente proporcional, pois as RA que apresentaram as menores densidades urbanas no DF possuem em geral a maior renda per capita (JATOBÁ, 2017).

A primeira análise essencial que pode auxiliar na implementação de uma metodologia de gravimetria mais adequada, bem como na compreensão de resultados da composição gravimétrica é a comparação dos índices que retratam as condições socioeconômicas das RA envolvidas nas visitas técnicas. A seguir, o quadro 6 evidencia os resultados entre a Asa Norte e Samambaia Sul.

Quadro 6 – Resultados da parametrização das regiões administrativas

Região administrativa	População (nº de habitantes)	Índice de Densidade Urbana por Região Administrativa do Distrito Federal (hab./ha)	Índice De Renda Per Capita Mensal (R\$)
Asa Norte	116.744	20,64	5.559,75
Samambaia	258.457	103,31	914,75

Fonte: Autoria própria (2021), a partir de Jatobá (2017) e Codeplan (2016).

Os indicadores socioeconômicos possuem discrepâncias consideráveis. Enquanto a Asa Norte possui aproximadamente metade da população de Samambaia, a densidade urbana da primeira RA citada é cinco vezes menor, enquanto sua renda per capita chega a ser até seis vezes maior que a segunda. Esses indicadores, que retratam uma desigualdade socioeconômica relevante, podem resultar em um comportamento diferente no estilo de vida de suas respectivas populações, auxiliando na compreensão das discrepâncias dos resultados na avaliação da composição gravimétrica.

Além disso, é válido ressaltar que, sob a perspectiva do número de pontos de lançamento da rede de drenagem no Lago Paranoá, é esperado que a Asa Norte enquanto região administrativa exerça maior influência, principalmente diante da presença do setor de clubes na região, que torna esse número muito mais expressivo quando comparada à situação da RA de Samambaia.

Levando em consideração a realidade socioeconômica das regiões administrativas analisadas, bem como a distância de cada uma até a região que concerne o foco deste estudo, o Lago Paranoá, e número de pontos de lançamento na rede de drenagem, pode-se pontuar alguns resultados nitidamente discrepantes em termos da composição e quantidade de resíduos encontrados no sistema de drenagem urbana das duas RA. Na Asa Norte, a presença de resíduos orgânicos (folhas e podas), classificados na categoria de “outros” segundo a adaptação da metodologia de gravimetria, era bastante recorrente. Ao longo da primeira e terceira visitas técnicas, ambas executadas nessa RA em específico, a equipe teve grande dificuldade de identificar resíduos plásticos, mediante uma grande quantidade de material orgânico (flores e folhas) advindo de processos de podas de plantas da região. Apesar disso, mesmo no contexto de uma mesma RA, uma diferença foi levantada nas características das amostras coletadas: a primeira visita técnica (figura 21) apresentava uma quantidade de material de poda muito mais relevante que foi retirada das bocas de lobo do que a terceira (figura 22), ainda na mesma região, porém realizadas em meses distintos. Isso levantou a forte hipótese de que, dado que o processo de limpeza das bocas não possui coordenação e integração com nenhum outro serviço de limpeza urbano, nem mesmo entre as próprias equipes terceirizadas de executar a limpeza, as bocas de lobo da última visita estavam bem mais limpas, contendo amostras mais discretas, pela grande possibilidade de já terem sido limpas

imediatamente antes. Isso explicaria a diferença nítida na quantidade extraída mesmo dentro de uma mesma região como foi o caso da Asa Norte.

Figura 21 – Amostra da gravimetria da primeira visita técnica (região administrativa da Asa Norte)



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 22 – Amostra da gravimetria da terceira visita técnica (região administrativa da Asa Norte)



Fonte: Autoria própria (2021).

Já em Samambaia, a quantidade de resíduos orgânicos (folhas e flores) advindos de processos de poda das plantas do local era bem mais escassa. Os resultados das análises em Samambaia apontaram uma presença maior de efluentes nas amostras, com quantidade significativa de resíduo orgânico (figura 23), o que

reforça a grande possibilidade da existência de ligações ilegais de esgoto na rede pluvial e que, em conjunto com a grandes quantidades de resíduos sólidos das amostras, aponta a necessidade de uma maior conscientização da população em relação ao descarte de resíduos e efluentes.

Figura 23 – Amostra resultante da gravimetria da segunda visita técnica (região administrativa de Samambaia)



Fonte: Autoria própria (2021).

Já em relação à quantidade de resíduos entre as duas diferentes RA, foi constatado que Samambaia provavelmente é uma localização que requer limpezas mais periódicas uma vez que apresentou amostras muito maiores por unidade de boca de lobo (figura 23), com peso estimado de 1000 a 2000 gramas, diferentemente da Asa Norte que obteve uma ocorrência de 0 a 500 gramas na maioria de suas bocas de lobo analisadas. Esse resultado pode ser parcialmente explicado pelo índice populacional de cada uma das regiões, citado anteriormente. Observa-se que Samambaia possui praticamente o dobro da população da Asa Norte, sendo esperado que as amostras coletadas na primeira RA possuíssem de fato maior influência antrópica em termos de sua composição e quantidade.

Portanto, essas discrepâncias entre a RA de Samambaia e do Plano Piloto (Asa Norte) podem ser explicadas a partir das diferenças socioeconômicas elucidadas anteriormente, que se tornam responsáveis por fatores agravantes dessas diferenças, como: a presença de prováveis esgotos clandestinos na RA de Samambaia, uma infraestrutura e nível de serviço de limpeza urbana de melhor qualidade e recorrência

na RA do Plano Piloto (onde se localiza a Asa Norte), bem como um nível de conscientização e instrução da população muito distinto entre ambas as RA analisadas.

5.2 Desafios de arranjo institucional responsável pela gestão de resíduos sólidos advindos do sistema de drenagem urbana

Para se tratar dos desafios de caráter institucional, é interessante que primeiramente se compreenda as diversas interfaces que permeiam entre a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos e a drenagem e o manejo de águas pluviais urbanas. Segundo dados obtidos a partir de materiais fornecidos pela Superintendência de Drenagem Urbana da ADASA, a relação de resíduos sólidos e águas pluviais urbanas é evidente no que diz respeito à urbanização que traz consigo o aumento da produção de resíduos sólidos, causando o aumento do escoamento superficial decorrente da impermeabilização do solo. O gerenciamento inadequado desses resíduos combinado com um sistema de drenagem urbana deficiente pode agravar problemas como enchentes, poluição de corpos hídricos e degradação da paisagem. Portanto, de acordo com informações obtidas pela Superintendência de Drenagem Urbana da ADASA, pode-se dizer que os objetivos da drenagem e do manejo das águas pluviais urbanas visam:

- I. Minimizar o risco de inundações que trazem prejuízos ao patrimônio público ou privado, prejudicam a saúde e ameaçam a vida;
- II. Mitigar a poluição das águas e o assoreamento dos corpos receptores;
- III. Contribuir com a recarga dos aquíferos;
- IV. Estimular o aproveitamento da água de chuva;
- V. Mitigar a erosão causada pelo escoamento das águas pluviais;
- VI. Embelezar as cidades e promover áreas de convivência.

Segundo as premissas colocadas por Neves (2006), o conhecimento da origem dos resíduos sólidos no sistema de drenagem é essencial para orientar tanto as ações corretivas quanto as preventivas, sejam elas de controle estrutural ou não-estrutural. As medidas institucionais ou não-estruturais são aquelas que buscam evitar a disposição do material potencialmente poluidor no solo e, conseqüentemente, na rede de drenagem e nos corpos hídricos por meio de mudanças de atitude governamental

e da comunidade através de instrumentos legais, informação e mobilização social e dos serviços de limpeza e manejo de resíduos sólidos.

Além disso, para atender adequadamente as demandas de controle dos resíduos sólidos na rede de drenagem de determinada bacia a partir de um controle estrutural, ou seja, de remover o resíduo após a constatação da sua presença nas redes, e escolher quais implantar, é indispensável caracterizar os fatores físicos e hidrológicos que afetam o gerenciamento e planejamento das medidas de controle.

A limpeza das bocas de lobo realizada no sistema de drenagem urbana em Brasília possui inúmeras possibilidades de melhoria em termos de governança, processo e gestão. No quesito da governança, existem inúmeras questões por trás da gestão de resíduos sólidos no Distrito Federal. A aprovação do Plano Distrital de Saneamento Básico (PDSB) e do Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PDGIRS) provocaram mudanças na estrutura organizacional do GDF, modificando a gestão pública em determinados quesitos que tangem aspectos relacionados ao meio ambiente e saneamento básico, como a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos. É possível observar uma grande capilaridade das agências e companhias que gerem a questão dos resíduos sólidos, inclusive no contexto da drenagem urbana e águas pluviais. O arranjo institucional referente à gestão dos serviços de drenagem e manejo de águas pluviais no DF conta com um conjunto de órgãos e instituições ligados à administração pública, cujas denominações e funções são mostradas na figura 26 (ADASA, 2018).

Figura 21 - Arranjo institucional de gestão dos serviços de águas pluviais no DF

Competências e Atribuições	Governo do Distrito Federal – Instituições
Planejamento	• SINESP • CORSAP ¹
Regulação e Fiscalização	• ADASA
Prestação de Serviços	• NOVACAP • DER-DF
Órgãos Intervenientes	• METRÔ-DF • TERRACAP • CODHAB • ADMINISTRAÇÕES REGIONAIS
Licenciamento	• IBRAM
Outorga de Recursos Hídricos	• ADASA
Ouvidoria	• OUVIDORIA GERAL DO DF E OUVIDORIAS DE CADA ÓRGÃO

¹ Responsabilidade pelo planejamento das águas pluviais é definida na legislação, porém atualmente não é praticada pelo CORSAP

Fonte: ADASA (2018), a partir de GDF (2016).

Com isso, ao longo da elaboração deste projeto, as pesquisas dos escopos de trabalho das entidades, bem como as informações adquiridas através das entrevistas e comunicações com seus representantes, tornaram possível identificar que, em se tratando da gestão dos resíduos sólidos vinculado aos serviços de drenagem, a estrutura legal presente nas esferas federal e distrital apresenta indefinições, inconsistências, superposições e lacunas a serem equacionadas. Esse fato é facilmente identificável pela ausência de uma entidade oficial e legalmente responsável pela prevenção e limpeza periódica de resíduos sólidos que chegam ao Lago Paranoá pelas redes de drenagem. Apesar da realização de campanhas esporádicas no DF, como a Semana do Lago Limpo, usualmente executada por entidades como Polícia Ambiental, Corpo de Bombeiros, Instituto Brasília Ambiental (Ibram), não há conhecimento sobre índice de despejo de resíduos, nem tampouco sobre sua composição gravimétrica, impedindo a implementação de medidas de prevenção ou mitigação minimamente efetivas para conter a problemática.

Durante a própria limpeza das bocas de lobo em si, foram constatadas algumas ocorrências de descarte inadequado dos resíduos retirados do sistema de drenagem pelas próprias equipes terceirizadas, que chegaram a dispor resíduos orgânicos logo ao lado das bocas de lobo, mesmo havendo grande possibilidade de o resíduo retornar ao sistema de drenagem pelo escoamento das chuvas, mediante à falta de informação e de integração com outros serviços de limpeza.

Logo, uma das grandes alternativas pode residir na adaptação de processos de prevenção já consolidados atualmente para abarcarem a problemática do despejo de resíduos plásticos em ambientes como o Lago Paranoá. Apesar da grande dificuldade de obter acesso aos contratos de terceirização da NovaCap de forma mais ágil através do suporte do portal *online* da Ouvidoria do Governo do Distrito Federal, que não colaborou para fornecer os documentos de prontidão alegando que tal manifestação encontrava-se na Diretoria de Urbanização da Novacap para vistoria, sem nunca ter retornado, pesquisas e documentos de domínio público disponibilizados em plataformas da *internet* foram encontrados, constatando-se que, em 2016, a NovaCap estabeleceu vínculo comercial com uma empresa terceirizada através de dois contratos de prestação de serviços, nº 592/2016 e nº 593/2016, com acesso amplamente disponível em seu portal *online*. Os contratos firmados entre ambas as partes, a partir de um edital de pregão presencial, previu a execução da limpeza, desobstrução e reconstrução de redes e bocas de lobo em diversos locais do Distrito Federal, de natureza continuada, como atividade preventiva devido à alagamentos que acometem os centros urbanos do DF durante a época de chuvas, como Asa Norte, Lago Norte, Varjão, Cruzeiro, Octogonal, SAI, SCIA, Sobradinho I e II, Itapoã, Paranoá e Planaltina. De acordo com NovaCap (2016), os dois contratos, referentes ao edital do processo nº 112.000.247/2016, totalizaram um orçamento no valor de R\$ 2.350.099,50 e R\$ 978.757,50, já considerando termos aditivos de reajuste de preço e prorrogação de prazos de execução para a terceirizada até novembro de 2019.

O próprio SLU firmou três contratos de prestação de serviço – o contrato nº 18/2019, nº 19/2019 e nº 24/2019, a partir do Edital de Pregão Eletrônico nº 02/2018 – com diferentes empresas terceirizadas, cada uma responsável por um lote de regiões administrativas diferentes, juntas abarcando 31 das 33 RAs do Distrito Federal. Segundo SLU (2019), os contratos previam a execução de diversos serviços desde a coleta e transporte de resíduos sólidos urbanos, além de sua caracterização por meio de estudos gravimétricos. Conforme a Planilha de Composição de Custos dos contratos, o valor unitário dos três contratos do serviço que inclui a gravimetria foi de R\$ 1.343,04, R\$ 1.048,32 e R\$ 1.235,64 em um período de doze meses. Os três contratos propuseram um orçamento pautando-se em uma média de 25.000 amostras cada uma vez que o preço já inclui a execução de outros serviços como a própria coleta dos resíduos sólidos, mas considerando um total de 100 amostras totais como

uma quantidade razoável para início de implementação da gravimetria como prática recorrente, podemos estimar um custo total de aproximadamente R\$ 362.700 destinados a estudos gravimétricos por ano. Isso traz à tona a relevância e alta viabilidade operacional e financeira de incorporar análises gravimétricas em contratos como o estabelecido pela NovaCap, com um orçamento total estimado em mais de R\$ 3.000.000, tal que a gravimetria corresponderia a menos de 10% deste valor, além da possibilidade de se obter e analisar dados que nos permita agir de forma mais efetiva no que diz respeito à poluição do Lago Paranoá gerada por resíduos sólidos, e principalmente, os plásticos, pela primeira vez no Distrito Federal.

Tratando-se do quesito processual envolvendo a limpeza das bocas de lobo, ficou evidente a falta de coordenação desta atividade com outros processos de limpeza essenciais no DF, como os realizados pelo próprio SLU, podendo citar a varrição, coleta e separação como exemplos práticos. Dentro do escopo de atuação da equipe terceirizada responsável por remover os resíduos das bocas de lobo, nota-se um claro gargalo em manejar os resíduos para garantir seu descarte adequado, com base no potencial de reciclagem de cada amostra. Essa informação é crucial principalmente quando se considera a relevância do valor gasto em serviços de limpeza citados anteriormente, dentro do orçamento público destinado a serviços relacionados com a gestão de resíduos sólidos e manutenção do sistema de drenagem, tornando ainda mais urgente a necessidade de implantar processos verdadeiramente eficazes no que tange à preservação das águas pluviais e dos recursos hídricos no Distrito Federal do que os estabelecidos atualmente. Além disso, não se pode deixar de mencionar as perdas de economia dos recursos naturais, bem como, os custos oriundos do não reaproveitamento desses resíduos através de processos de comercialização após reciclagem, de acordo com Guimarães et al. (2019). Foram realizados diversos estudos em diferentes regiões do país com a temática da valorização econômica dos resíduos sólidos urbanos (GUIMARÃES et al., 2019). Como exemplo, Guimarães et al. (2019) menciona o estudo de Athayde Júnior et al. (2006), que objetivou a determinação da composição gravimétrica e valor econômico de resíduos sólidos exclusivamente domiciliares de bairros de classe média alta em João Pessoa em 2005. Considerando a caracterização física dos resíduos e cada percentual obtido diante de cada composição diferente, e sabendo a quantidade de resíduos em toneladas/ano que são gerados e o valor de mercado em João Pessoa em R\$ por tonelada, pôde-se concluir que, a receita bruta anual dos

resíduos recicláveis poderia chegar à R\$ 1.007.464,67, que serviria para custear a implantação completa de uma usina de triagem e compostagem e seu custo operacional.

É possível, portanto, fazer uma estimativa análoga para o contexto do DF: de acordo com Jucá (2016), a geração média diária de RSU no DF é de 5.152 toneladas, com aproximadamente 30% dos RSU gerados em todas as regiões administrativas são potencialmente recicláveis. Considerando um valor médio de comercialização da ordem de R\$ 500 por tonelada, segundo preços de organizações de catadores divulgado por Jucá (2016), dentre materiais de plástico, vidro, papel, metal, tecido e isopor, conclui-se que poderiam ser obtidos cerca de R\$ 772.800 de receita bruta de resíduos recicláveis diariamente. Olhando apenas para o potencial da comercialização de materiais plásticos, considerando que eles são responsáveis por aproximadamente 15% da composição gravimétrica segundo dados de coleta seletiva e convencional, perde-se um potencial de receita bruta anual de até R\$ 42 milhões.

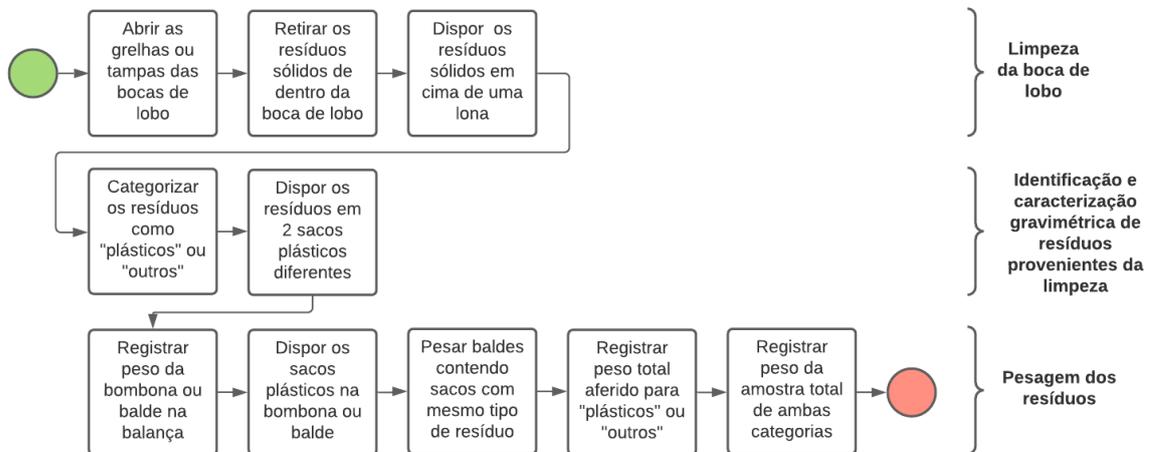
5.3 Análise final da metodologia de gravimetria integrada ao processo de limpeza das bocas de lobo do sistema de drenagem urbana do DF

Em suma, para ser possível validar uma possível metodologia de gravimetria deste projeto em questão, foi necessária a execução das seguintes etapas, previamente detalhadas na seção 3:

- I. Ambientação nas visitas técnicas;
- II. Limpeza das bocas de lobo;
- III. Identificação e caracterização gravimétrica de resíduos provenientes da limpeza;
- IV. Pesagem dos resíduos;
- V. Encerramento da gravimetria e limpeza das bocas de lobo.

É interessante frisar que apenas a etapa III e IV envolvem processos e atividades diretamente ligadas à execução de uma análise gravimétrica propriamente dita (cujos processos estão demonstrados no fluxograma da figura 25), apesar das demais não serem dispensáveis diante do contexto de integração com o processo de limpeza de bocas de lobo.

Figura 25 - Fluxograma das etapas de limpeza, caracterização gravimétrica e pesagem dos resíduos obtidos a partir da limpeza de bocas de lobo



Fonte: Autoria própria (2021).

Analisando de forma crítica as etapas, pode-se elencar lições aprendidas e reflexões importantes a partir de cada uma delas. No caso da etapa de ambientação, apesar de a equipe da empresa terceirizada sempre ser supervisionada por um encarregado de fazer a vistoria dos procedimentos, e que teve grande influência para garantir a colaboração da equipe na execução da gravimetria, é inegável que o processo gerou certo estranhamento dos colaboradores terceirizados pois não houve grande antecedência no alinhamento ou planejamento mínimo para conciliação das atividades. A equipe terceirizada possuía metas diárias de número de bocas de lobo a serem limpas, e como a gravimetria não era um serviço originalmente previsto em contrato, muitas vezes, era notório que a equipe da UnB executava os procedimentos da gravimetria de forma mais acelerada do que o ideal, para não atrapalhar ou perder o ritmo de trabalho das equipes terceirizadas, uma vez que os procedimentos eram interdependentes até certo ponto. Isso fez com que procedimentos envolvendo a pesagem e a caracterização gravimétrica ficassem prejudicados pois não havia tempo hábil para que todas as amostras fossem pesadas sistematicamente da mesma forma, ou que a separação dos materiais fosse a mais precisa possível (uma vez que algumas amostras estavam completamente misturadas com uma quantidade relevante de matéria orgânica).

Quando se trata da etapa de identificação e caracterização gravimétrica, as visitas técnicas ocorridas na Asa Norte, principalmente, acabaram quebrando grandes expectativas da equipe da UnB quanto à quantidade de resíduos a serem

encontrados. Na maioria das bocas de lobo, eram encontrados resíduos orgânicos resultantes de processos de poda, com presença ínfima de resíduos plásticos. Várias hipóteses foram levantadas pela equipe de estudantes para explicar o fato, como por exemplo, a possibilidade de serviços de coleta e varrição de resíduos serem mais frequentes no Plano Piloto (região onde se localiza a Asa Norte), a possibilidade de as equipes de limpeza das bocas de lobo terem executado o mesmo serviço consecutivamente em uma mesma região diante de uma má gestão ou comunicação etc. Não foi possível identificar a causa raiz exata para tal fato, diante do discreto volume das amostras encontradas na Asa Norte, e tampouco foi possível seguir sistematicamente o processo de metodologias aqui citadas envolvendo quarteamento, revolvimento e disposição adequados das amostras, por exemplo. No caso de Samambaia, o fato de as amostras estarem completamente imersas em meio à material orgânico (como terra, lama, dejetos humanos etc.), também comprometeu a identificação dos resíduos. Isso acabou levando a equipe à conclusão de que não só o número de amostras, mas a qualidade das amostras analisadas estava completamente comprometida a ponto de uma potencial análise quantitativa não fornecer dados confiáveis para respaldar tomadas de decisões posteriores. Apesar da análise quantitativa não ter sido foco dessa pesquisa, ainda sim esta é uma informação crucial que precisa ser desvendada mediante o desconhecimento de quanto e qual a proporção dos resíduos depositados atualmente no Lago Paranoá.

A etapa de pesagem apresentou algumas intercorrências envolvendo a utilização da balança, das bombonas para disposição de resíduos e organização dos dados observados. Durante esta etapa, a equipe percebeu a inadequação do equipamento adquirido, uma vez que a balança utilizada não possuía uma tara adaptada para amostras pequenas, uma vez que houve a suposição de que as amostras seriam mais volumosas. Portanto, não houve uma precisão dos dados registrados, e o próprio aparelho possuía um funcionamento adaptado para aferir peso de indivíduos com um mecanismo de ativação específico pressupondo a utilização de uma pessoa, sem nenhuma adaptação para pesar objetos de forma adequada. Além disso, as bombonas inicialmente separadas eram adaptadas para pesagem de quantidades consideráveis, e se tornaram desproporcionais à medida que amostras extremamente pequenas e leves foram coletadas na Asa Norte. Já em Samambaia, os resíduos sólidos estavam imersos em uma quantidade de resíduo líquido e pastoso muito expressiva, o que tornou a pesagem inverossímil pela impossibilidade de limpar

os resíduos de forma adequada e efetiva no local. A própria velocidade que foi imposta ao processo de pesagem impediu a equipe de seguir o procedimento sistemático em absolutamente todas as amostras analisadas, e a organização dos dados aferidos ficou comprometida no ímpeto de não atrapalhar ou atrasar demasiadamente o processo de limpeza que estava sendo feito, gerando retrabalho para a equipe de reorganizá-los e identificar registro de peso com respectivas amostras posteriormente.

Por fim, a etapa de encerramento apresentou desafios uma vez que a equipe identificou amostras bem secas como resultado de material de poda na Asa Norte, e logo em seguida, foi completamente surpreendida com amostras contendo altos níveis de material orgânico, lama, terra, dejetos humanos, material de poda e outros diversos resíduos em Samambaia. A mudança drástica na característica das amostras fez a equipe não se planejar para higienizar ou limpar adequadamente os equipamentos após a utilização e encerramento da gravimetria em Samambaia, ao retornar da visita técnica.

Em contrapartida a todos os obstáculos vivenciados nos momentos de validação da gravimetria pela equipe da UnB, acredita-se na efetividade da gravimetria integrada ao processo de boca de lobo a partir do momento que esta conseguir ser executada de forma planejada, unificada e sistemática, ainda com a possibilidade de ser realizada pelas próprias equipes também responsáveis pela execução do processo de limpeza. Levando em consideração que não haveria necessidade se coletar amostras de todas as bocas de lobo que fossem limpas, e que provavelmente algumas RA apresentariam concentrações de resíduos plásticos (entre outros) bem mais expressivas, a gravimetria se faz amplamente necessária uma vez que apenas duas RA do DF foram analisadas. Nesse sentido, os objetivos do projeto foram alcançados à medida que os resultados dos processos de testagem da gravimetria conseguiram evidenciar o que é possível ser feito em uma dinâmica de um serviço que já é empregado na realidade do DF (da limpeza das bocas de lobo), bem como o que deve ser readaptado ou até mesmo desconsiderado para o contexto de se realizar uma gravimetria interligada com o sistema de drenagem urbana, já tendo sido constatado grande discrepância de resultados, bem como um potencial de criar estratégias de prevenção do lançamento desses resíduos muito mais efetivas à medida que estudos futuros consigam coletar amostras cada vez mais fidedignas contemplando todas as demais RA do DF.

5.4 Soluções complementares à metodologia de gravimetria integrada ao processo de limpeza de bocas de lobo

Diante de tantos desafios atrelados à implantação da gravimetria ao processo de limpeza das bocas de lobo no *modus operandi* atual, levanta-se o questionamento de possibilidades complementares para realização da gravimetria no contexto do DF, uma delas envolvendo alguma intervenção nos pontos finais das redes de drenagem urbana.

A falta de controle nos pontos finais das redes de drenagem acaba trazendo problemas como erosão, carreamento de sedimentos, entre outros, que afetam diretamente a qualidade e a estabilização dos corpos receptores (ADASA, 2017). A instalação de medidas para controle da velocidade, vazão e qualidade das águas no lançamento da rede de drenagem aos corpos receptores já é prevista tanto no Termo de Referência para elaboração de projetos da NovaCap, quanto pela Resolução ADASA 09/2011. A ADASA, através da Superintendência de Drenagem Urbana (SDU), realiza análises periódicas em alguns conjuntos de bacias de retenção, além de alguns pontos de lançamento da rede de drenagem no Lago Paranoá, (...), mas como não há definição de parâmetros específicos para análise de águas de sistemas de drenagem pluvial, as análises são comparadas com a classificação do corpo receptor de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 (ADASA, 2017).

Ainda segundo ADASA (2017), a drenagem de águas pluviais representa um importante componente na qualidade dos recursos hídricos do DF, pois carrega consigo uma grande variedade de contaminantes provenientes de poluição, principalmente devido ao lançamento irregular de esgoto e introdução de resíduos sólidos no sistema de drenagem, além de deposição atmosférica, processos erosivos, entre outros. Atualmente a ADASA realiza análises periódicas de 26 pontos de lançamento da rede de drenagem no Lago Paranoá, e em 23 conjuntos de bacias de retenção (quadro 7).

Quadro 7 - Pontos de lançamento da rede de drenagem no Lago Paranoá

GAP Ponte do Bragueto
GAP 416N
GAP ASFUB
APCEF/DF
GAP UNB
Clube do Congresso
GAP Iate Clube
GAP Fuzileiros Navais III
GAP Fuzileiros Navais II
GAP Fuzileiros Navais I
GAP Clube da Aeronáutica
Instituto Israel Pinheiro
GAP Academia de Tênis/Lake View I
GAP Academia de Tênis/Lake View II
GAP AABB
Clube do Exército
GAP ASBAC
GAP Prainha
GAP ASSEFE
GAP AABR
GAP BRASAL
GAP NIPO
Canrobert Oliveira
Dalmo José do Amaral
GAP Ponte do Gilberto
GAP ETESUL
SHIS QL 14 Conjunto 05

Fonte: ADASA (2017).

A partir da elaboração de diagnósticos com a indicação das principais ameaças e oportunidades envolvendo o sistema de drenagem urbana, a partir das diretrizes do Plano Distrital De Saneamento Básico, foi possível construir cenários para atingir as metas estabelecidas a nível estadual, distrital, regional e federal (ADASA, 2017). O prognóstico decidiu o melhor cenário, propondo Programas Gerais, os quais foram subdivididos em projetos e ações necessárias para a melhoria do atual sistema. Com isso, houve a definição de uma programação de ações imediatas envolvendo o sistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas - o programa de número 4

relativo a “Lançamentos nos corpos receptores”, contendo o subprograma 4.3 de “Qualidade da água do sistema de drenagem”. Com a definição desse programa, atualmente a ADASA realiza análises periódicas de 26 pontos de lançamento da rede de drenagem no Lago Paranoá, e em 23 conjuntos de bacias de retenção. As ações de monitoramento devem ter continuidade, com ampliação gradual da quantidade de pontos analisados. Os indicadores analisados são o Índice de Qualidade de Água (IQA) e Número Anual De Notificações De Casos De Leptospirose Autóctones Na Área Urbana (ILEP). Quando há ocorrência de parâmetros acima dos limites permitidos, a ADASA deverá promover ações conjuntas com NovaCap, CAESB e demais órgãos, para identificação das causas de tal contaminação. Além disso, as ações conjuntas deverão incluir a revisão e ajustes do programa de monitoramento (tipos de amostras, frequência e parâmetros de qualidade da água). Segundo ADASA (2017), o investimento dessas análises foi avaliado no valor estimado de R\$ 700,00 por análise, portanto, considerando os 26 pontos a serem contemplados, numa recorrência de 2 coletas anuais, tem-se um total de R\$ 36.400,00 investidos por ano.

A referência dessa programação da ADASA em parceria com outras entidades como CAESB e NovaCap é interessante pois o mesmo pode ser feito na perspectiva da análise gravimétrica de resíduos sólidos (com ênfase para os plásticos) que chegam ao Lago Paranoá. Algumas soluções já vêm apresentando resultados significativos, especialmente as soluções de contenção de resíduos sólidos em cursos de água pluviais e sistemas de drenagem urbana.

Para se determinar quais dispositivos de contenção podem ser utilizados, os métodos tipicamente utilizados são:

- I. Identificação dos pontos de acúmulo do lixo e distribuição espacial do mesmo em toda a bacia hidrográfica visada;
- II. Determinação dos usos do solo associados aos pontos de acúmulo e outras áreas onde o lixo entra no sistema de drenagem;
- III. Avaliação demográfica e socioeconômica da população ao redor das áreas nas quais o lixo adentra o sistema de drenagem;
- IV. A adaptação dos dispositivos de contenção de resíduos implementados aos usos do solo circundantes e demográficos em áreas de grande produção de lixo.

Essas inovações podem ser classificadas em algumas categorias (GORDON & ZAMIST, 2012): tampas de abertura de bacias de captura, inserções de bacia de captura, separadores hidrodinâmicos/separadores de vórtice/caixas de separação de

nutrientes, rastreio de fim-de-linha, cesto e dispositivos de rede, e bombas de lixo. Gordon & Zamist (2012) afirmam que a concepção de um sistema de rede apropriado para uma dada situação depende de: (1) máximo fluxo esperado, (2) da velocidade máxima de fluxo, e (3) do volume de material flutuante por milhão de galões de fluxo de água. Todos os tipos de dispositivos citados são implementados em diferentes componentes do sistema de drenagem urbana. A seguir, o quadro 8 elucida as soluções mais relevantes para o contexto do Distrito Federal, com uma avaliação comparativa de parâmetros importantes, como performance, manutenção e custos.

Quadro 8 – Possíveis soluções para contenção de resíduos sólidos a serem implementados

Dispositivo	Performance	Manutenção	Custo
Cestas de captura (figura 26)	A cesta, que deve ser implementada diretamente em bocas de lobo, é constituída por um tecido de polipropileno, fixado a uma armação ou grelha. Perda da capacidade de drenagem pode ser significativa, causando inundações locais. Os picos de fluxo irão provavelmente reintroduzir o lixo no corpo de água se a pastilha não for concebida e mantida adequadamente.	A limpeza é feita com auxílio de caminhão de vácuo, veículo que pode custar entre US\$ 120.000 e US\$ 150.000. A limpeza deve ser feita a cada 6 meses.	US\$ 400 por unid.
Dispositivos de rede <i>in line netting</i> , de rede flutuante ou <i>end of pipe</i> (figura 27)	Podem ser instalados na extremidade de tubo ou canais, composto por malha de nylon e uma estrutura metálica e um sistema de apoio às redes. As redes da Netting TrashTrap™ tiveram 93-97% de eficácia na remoção de lixo.	O recolhimento e tratamento dos resíduos associado ao custo de manutenção são estimados no valor de US\$ 25.000 a US\$ 75.000.	US\$ 75.000 a US\$ 300.000 (5 unid.)
Barreiras flutuantes (figura 28)	As barreiras são estruturas flutuantes com cortinas suspensas que podem ser usadas para conter lixo flutuante. As barreiras de contenção da <i>TrashNet™ Debris Control Systems</i> podem variar de 60% a 90% em eficiência. As barras recolhem material flutuante e são ineficazes na captura de material que se encontra submerso. Testes laboratoriais mostraram que apenas 20% do lixo flutua. Uma porção significativa do lixo em águas pluviais não é capturada utilizando estes dispositivos.	A ruptura de uma lança ou rede anexa pode reintroduzir o lixo no corpo de água se não for devidamente concebida. As barras de contenção devem ser limpas após cada evento de tempestade. O lixo e detritos flutuantes podem ser removidos manualmente ou com um caminhão de vácuo.	US\$ 45,800 por unid.
Armadilhas flutuantes (figura 29)	Armadilha flutuante em cursos de água a fim de capturar o lixo antes que este flua mais a jusante, utilizando a corrente para guiar os detritos para a armadilha. Esta tecnologia de controlo de desempenho flutuável funciona continuamente 365 dias por ano sem qualquer assistência mecânica para capturar o lixo flutuante.	Com 10 anos de vida útil para uma armadilha Bandalong™, o custo médio anual de aquisição, instalação e manutenção de um dispositivo Bandalong™ está estimado em US\$ 53.000.	US\$ 53.000 por ano por unid.

Fonte: Autoria própria, a partir de GORDON & ZAMIST (2012) e STORM WATER SYSTEMS.

Figura 22 – Cestas de captura



Fonte: *United Storm Water.*

Figura 27 – Dispositivos de rede *end of pipe*

Fonte: *United Storm Water.*

Figura 28 – Ecobarreira implementada no rio Atuba, em Colombo, cidade da região metropolitana de Curitiba



Fonte: *Projeto Ecobarreira Arroio Dilúvio.*

Figura 29 – Armadilha flutuante



Fonte: *Storm Water Systems*.

Dadas as soluções mencionadas, os dispositivos de redes são a opção mais efetiva considerando uma média de todos os parâmetros avaliados. As redes são de utilização única e relativamente fáceis de manter. Sua inspeção deve ser realizada após cada tempestade superior a 6,35 milímetros e as redes devem ser substituídas sempre que necessário (GORDON & ZAMIST, 2012). No caso de uma rede do tipo *in line netting* e *end of pipe* (no fim das redes de tubagem), poderá ser removida por uma grua de caminhão e colocadas em um container para eliminação adequada. Os sistemas flutuantes podem ser reparados de várias maneiras, como através de barcos utilizados para a manutenção na água, e quando completas, as redes são flutuadas para fora da extremidade traseira das unidades e são levantadas para o barco para serem transportadas para uma instalação de carga. Apesar disso, essa solução apresenta desvantagem de orçamento se revelando ser provavelmente a segunda solução mais cara quando comparada com as demais citadas, ficando atrás apenas das bacias de captura.

As barreiras flutuantes se mostram como uma excelente opção, principalmente quando consideramos o caso de sucesso da Ecobarreira do rio Atuba, em Colombo, cidade da região metropolitana de Curitiba, pelo realização do Projeto Ecobarreira Arroio Dilúvio. A Ecobarreira, em três anos, já recolheu mais de 540 toneladas de lixo, (...) e teve um custo de instalação de R\$ 250 mil. Mensalmente, para pagamento de dois operadores, seguranças no turno noturno, troca de material e manutenção, a empresa investe R\$ 20 mil (MACHADO & MAROCCO & PANZENHAGEN, 2019). Ou

seja, considerando custos de manutenção por um período de um ano e sua respectiva instalação, a Ecobarreira acaba totalizando um valor de R\$ 500.000 anualmente, em média.

Portanto, as armadilhas flutuantes se mostram como a provável melhor opção em termos de custo-benefício, a partir dos valores citados no quadro anterior, estimando-se uma média de US\$ 53.000 para cada unidade implantada já considerando manutenção, ou seja, em torno de R\$ 300.000, segundo dados de conversão obtidos pelo Google Finanças (2021). Partindo da premissa que, para fins iniciais de teste, nem todos os 26 pontos de lançamento no sistema de drenagem devem necessariamente realizar gravimetria de resíduos sólidos, e que a armadilha tem uma vida útil de até 10 anos, seria possível por exemplo contar inicialmente com a instalação de apenas 5 armadilhas nos pontos mais críticos, totalizando um custo de R\$ 1.500.000 para um investimento de até 10 anos, aproximadamente.

Segundo o relatório de Gordon & Zamist (2012), qualquer dispositivo implementado com o intuito de gerir resíduos poluentes (seja separadores hidrodinâmicos, ou sistemas de rede) possui uma perda de carga significativa. Portanto, ao se instalar tal dispositivo em um sistema de drenagem, as condições locais têm de ser consideradas para assegurar que os parâmetros hidráulicos não sejam adversamente impactados.

O dispositivo de rede proposto é capaz de atender critérios essenciais em termos da efetividade, eficácia e viabilidade de sua implementação:

- I. Adequação em termos das dimensões do ponto de lançamento da rede de drenagem: levando em consideração todos os componentes do sistema de drenagem do DF, tais como microdrenagem, macrodrenagem, medida de controle na fonte, rede de drenagem, ligação da captação à rede (ou conduto de ligação, galerias, canais construídos, cursos d'água naturais, reservatórios (ou bacias) de detenção, a variação de diâmetro vai de tubulações de seção circular com diâmetros iguais ou superiores a 0,60 metros e menores ou iguais a 1,50 metros (ADASA, 2018);
- II. Adequação em termos da vazão do ponto de lançamento da rede de drenagem: no Distrito Federal, o controle de quantidade e qualidade das águas pluviais é realizado por meio do instrumento da outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, que é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, conforme o Artigo 5º da Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (ADASA, 2018).

Sendo assim, para uma vazão a ser lançada em um corpo hídrico receptor, é recomendado que a vazão de pré-desenvolvimento não ultrapasse de 24,4 litros/segundo.hectare, segundo a regulamentação da Resolução 9/2011 da ADASA;

- III. Viabilidade financeira: O estudo de DEGHAN-KHALAJI et al. (2010) avaliou cálculo do custo do ciclo de vida de armadilhas de poluentes ao redor do mundo, com base em indicadores como a relação custo-eficácia, custos de aquisição, custos de manutenção, custos de renovação e adaptação e custos de desativação.

Para garantir uma implantação efetiva das soluções propostas, recomenda-se a realização projetos que consigam levar em consideração todos os critérios técnicos que devem ser seguidos nos Estudos de Concepção e Projetos de Sistemas De Águas Pluviais No Distrito Federal regidos pelos procedimentos descritos no Manual de Drenagem elaborado pela ADASA (2018), (...) bem como o cumprimento das normas listadas a seguir:

- I. Resolução ADASA nº 9/2011 (ADASA, 2011);
- II. Termo de referência e especificação para elaboração de projetos de sistemas de drenagem pluvial no Distrito Federal (NovaCap, 2017):
 - a. Coleta de dados;
 - b. Estudos preliminares;
 - c. Dados e levantamentos topográficos;
 - d. Sondagens;
 - e. Parâmetros de projeto;
 - f. Metodologia de cálculo;
 - g. Orçamento das obras;
 - h. Reavaliação de sistemas de drenagem pluvial projetados e ou implantados;
 - i. Apresentação dos projetos;
 - j. Diretrizes ambientais para apresentação dos projetos executivos dos lançamentos de drenagem pluvial.
- III. Especificações e encargos gerais para execução de redes de águas pluviais públicas no Distrito Federal da NOVACAP, aprovadas na 2.971ª Reunião da Diretoria Colegiada, em 19/10/1995 e alterado na 3.008ª Reunião da Diretoria Colegiada, em 30/04/1996: são especificações de obras que devem ser

consideradas no desenvolvimento de projetos e que tratam de: locação da obra, escavação, escoramento, rebaixamento do lençol freático, execução de bases para tubulações, normas para tubulações de concreto, assentamento e rejuntamento de tubos, execução de poços de visita e caixas de passagem; aterros, galerias moldadas de concreto, formas, armação e outros detalhes construtivos;

- IV. Normas da ABNT: não existem normas da ABNT aplicáveis diretamente a projetos de drenagem, exceto para o caso de pavimentos permeáveis. Os estudos técnicos relacionados às características do solo (capacidade de infiltração, estabilidade etc.), no entanto, devem seguir os critérios preconizados nas normas próprias da ABNT;
- V. Termo de Referência para Elaboração de Estudos de Concepção do Ministério das Cidades (Ministério das Cidades, 2011): estudos de concepção destinados à obtenção de recursos do Governo Federal devem atender as diretrizes desse Termo de Referência;
- VI. Outras normas e procedimentos específicos eventualmente estabelecidos pelos órgãos intervenientes no sistema de drenagem urbana do DF.

6 CONCLUSÃO

Dada a metodologia de gravimetria proposta, todas as colocações acima sobre lições aprendidas durante o processo de validação da análise gravimétrica, bem como as proposições de soluções alternativas à gravimetria integrada ao processo de limpeza de boca de lobo, algumas conclusões finais importantes podem ser delineadas.

Primeiramente, como um dos projetos mais pioneiros tratando da questão do lançamento de resíduos plásticos nos corpos d'água do Distrito Federal, este trabalho possui um caráter muito estratégico a fim de incentivar que estudos futuros consigam dar continuidade para o processo de validação da gravimetria adotada, a fim de se refinar o processo sugerido, bem como obter amostras cada vez mais fidedignas que contemplem novas RA, inclusive. Dessa forma, há muito espaço para coletar e reunir pela primeira vez dados sobre a composição gravimétrica dos materiais que chegam ao Lago Paranoá através do sistema de drenagem urbana, podendo se somar à

resultados de futuros projetos que explorem demais meios de chegada desses resíduos.

Em segundo lugar, sugere-se fortemente que estudos futuros consigam validar a implementação das soluções complementares à gravimetria integrada ao processo de limpeza de bocas de lobo, que se mostram como excelentes opções para contenção de resíduos que atualmente estão sendo despejados desenfreadamente no Lago Paranoá e em outros corpos hídricos, em um cenário no qual a gravimetria integrada ao sistema de drenagem se mostre inviável à medida que estudos aprofundem sua implementação, ou até mesmo a fim de complementar os dados amostrais somando ambas as medidas como ações consolidadas, monitoradas e fiscalizadas por algum órgão ou entidade do GDF.

Por fim, este projeto evidenciou uma necessidade latente no quesito do arranjo institucional instaurado atualmente: é essencial que se estabeleça com prioridade um responsável institucional, considerando as estruturas de gestão pública do GDF relativa à saneamento básico, águas pluviais e gestão resíduos sólidos. Essa definição é crucial para que seja possível identificar e fiscalizar quem de fato se responsabilizará pelo processo de limpeza do Lago Paranoá. Boa parte do problema de não haver dados sobre índice de lançamento de resíduos sólidos no Lago Paranoá, ou de nunca terem sido propostas de soluções ou até mesmo estudos referentes à problemática do lançamento desses resíduos, principalmente de plásticos, se deve ao fato de não haver nenhuma instituição com a incumbência de garantir um Lago Paranoá mais limpo. Uma proposição interessante reside na possibilidade da ADASA, enquanto agência reguladora, exigir que a NovaCap, por exemplo, seja a entidade responsável por realizar as gravimetrias e fornecimento de dados provenientes destas análises. Isso poderia ser possível através da inclusão de uma nova linha de serviço que englobe análise gravimétrica dentro dos editais de licitação para terceirização, disponibilizados pela NovaCap, com uma periodicidade anual.

Dessa forma, os primeiros passos estão sendo dados para que o DF consiga se mobilizar de forma mais incisiva para a problemática dos plásticos e implante soluções que eventualmente possam ser replicadas em outras regiões do Brasil, dentro dos objetivos estratégicos delineados pelo Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACIOLY, Cláudio; DAVIDSON, Forbes. **Densidade Urbana - Um instrumento de planejamento e gestão**. Rio de Janeiro: Editora Mauad. 2011. 2ª edição.

ADASA, 2019. **Semana Lago Limpo Recolhe Quase Uma Tonelada De Resíduos**. Disponível em <<http://www.adasa.df.gov.br/area-de-imprensa/noticias/1585-semana-lago-limpo-recolhe-quase-uma-tonelada-de-residuos>>. Acesso em: 21 de novembro de 2020.

ADASA, Agência Reguladora de águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal. **TOMO V - PRODUTO 3 - Prognósticos, Condicionantes, Diretrizes, Objetivos e Metas - Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas**. Plano Distrital De Saneamento Básico Do Distrito Federal. Brasília. 2017.

ADASA, Agência Reguladora de águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal. **TOMO V - PRODUTO 4 - Programas, Projetos E Ações E Definição Das Ações Para Emergência E Contingência (Drenagem E Manejo De Águas Pluviais Urbanas)**. Plano Distrital De Saneamento Básico Do Distrito Federal. Brasília. 2017.

ADASA, Agência Reguladora de águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal. **Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal. Relatório Técnico Parcial 3**. Brasília. 2011.

ALVES, Júlia Maria de Paula; CASTRO, Paulo de Tarso Amorim. **Influência De Feições Geológicas Na Morfologia Da Bacia Do Rio Do Tanque (MG) Baseada No Estudo De Parâmetros Morfométricos E Análise De Padrões De Lineamentos**. Revista Brasileira de Geociências, 2016, 33.2: 117-124.

ARAÚJO, M.; COSTA, M. (2006). **The Significance Of Solid Wastes With Land-based Sources For A Tourist Beach: Pernambuco, Brazil**. Pan-Am. J. Aquat. Sci.1.

ARMITAGE, N. & ROSEBOOM, A. 2000 **The removal of urban litter from stormwater conduits and streams: paper 1 - the quantities involved and catchment litter management options.** Water SA Vol. 26 N^o. 2 abril de 2000.

ARMITAGE, N.; MARAIS, M. 2000 **The removal of urban litter from stormwater conduits and streams: paper 2 - the quantities involved and catchment litter management options.** Water SA Vol. 30 N^o 4 outubro de 2004.

ASENSIO-MONTESINOS, F. et al. **Characterization of plastic beach litter by Raman spectroscopy in South-western Spain.** Science of The Total Environment. Volume 744, 2020, 140890, ISSN 0048-9697.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICA - ABNT NBR 10007. Amostragem de resíduos sólidos – Classificação, 2004.

ASTM D5231-92(2016). **Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste.** ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016. Disponível em <www.astm.org>. Acesso em 07 de março de 2021.

ATHAYDE JÚNIOR, G. B. et al. **Composição gravimétrica e valor econômico de resíduos sólidos exclusivamente domiciliares de bairros de classe média alta em João Pessoa.** In: Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 8, 2006, Fortaleza, Ceará, 2006.

BERNARDINO, Dandara; FRANZ, Bárbara. **Lixo Flutuante Na Baía De Guanabara: Passado, Presente E Perspectivas Para O Futuro.** Desenvolvimento e Meio Ambiente, 2016, 38.

BRASIL. Governo do Distrito Federal. **Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.** 2018. Brasília. Disponível em < <http://www.so.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/03/PDGIRS.pdf> >. Acesso em: 14 de março de 2021.

BRASIL. Governo Federal. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. 2012. Brasília. Disponível em <https://sinir.gov.br/images/sinir/Arquivos_diversos_do_portal/PNRS_Revisao_Decreto_280812.pdf>. Acesso em: 14 de março de 2021.

BRASIL, Lei Nº. 9.433/1997: **Política Nacional de Recursos Hídricos**, Brasília, DF, janeiro de 1997.

BRASIL, Lei Nº. 9.605/1998: **Crimes Ambientais**, Brasília, DF, fevereiro de 1998.

BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em 11 de abril de 2021.

BRITES, A. P. Z. (2005). **Avaliação da qualidade da água e dos resíduos sólidos no sistema de drenagem urbana**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

CAESB, 2020. Home. **Balneabilidade do Lago: Informações Gerais**. Disponível em <<https://www.caesb.df.gov.br/agua/balneabilidade/informacoes-gerais6.html>>. Acesso em: 21 de novembro de 2020.

CATAPRETA, C. A. A., SIMÕES, G. F. “**Evaluation of the Relation Between Precipitation and Leachate Flow in an Experimental Sanitary Landfill**”, In: XXXI Congresso Interamericano Aidis, pp. 12 -15, Santiago, Chile, out. 2008.

CBH Preto DF. **Conheça as bacias hidrográficas que compõem o Distrito Federal: Bacia do Rio Paranaíba**. 2020. Disponível em <<https://cbhpretodf.com.br/conheca-as-bacias-hidrograficas-que-compoem-o-distrito-federal-bacia-do-rio-paranaiba/>>. Acesso em: 12 de maio de 2021.

CODEPLAN. **Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios - Plano Piloto**. Brasília, 2016. Disponível em <<https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/wp->

conteudo/uploads/2016/11/Pdad-Plano-Piloto-2016.pdf>. Acesso em 21 de março de 2021.

DALBERG. **Solving Plastic Pollution Through Accountability: Report for WWF**. 2019. World Wildlife Fund, Gland, Switzerland. Disponível em <https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/plastic_update_last_03_25.pdf>. Acesso em: 14 de março de 2021.

DEGHAN-KHALAJI, Dean, et al. **Auditing And Life Cycle Costing Of Gross Pollutant Traps**. National Conference of the Stormwater Industry Association. 2010.

DISTRITO FEDERAL. Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA). **Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas do Distrito Federal**. Brasília, DF: ADASA, Unesco. 2018

DISTRITO FEDERAL. Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA). **Resolução nº 09, de 08 de abril de 2011**. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.adasa.df.gov.br>>. Acesso em 11 de abril de 2021.

DO SUL, Juliana Assunção Ivar. **Lixo Marinho na Área de Desova de Tartarugas Marinhas do Litoral Norte da Bahia: conseqüências para o meio ambiente e moradores locais**. 2005. PhD Thesis. Fundação Universidade Federal do Rio Grande.

FERRANTE, J. E. T.; RANCAN, L.; NETTO, p. B. **Meio físico**. In: **Fonseca, F. O. (org). Olhares Sobre o Lago Paranoá**. 1ª edição. Brasília. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMARH, 2001.

GALGANI, F.; HANKE, G.; MAES, T. 2015. **Global Distribution, Composition And Abundance Of Marine Litter**. In: *Marine Anthropogenic Litter*, pp. 447.

GAVA, T et al. **Análise das características que influenciam no surgimento dos resíduos sólidos urbanos na rede de drenagem da bacia hidrográfica do Rio do Meio, município de Florianópolis/SC**. Florianópolis, 2012. 125 p. Universidade

Federal de Santa Catarina (UFSC), Centro Tecnológico, Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis, SC: UFSC, 2012.

GERLING, C. et al. **Manual De Ecossistemas Marinhos E Costeiros Para Educadores**. 1. ed. Santos - SP: [s.n.], 2016.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Editora Atlas, v. 4 ed., 2002.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. Atlas: São Paulo, Brasil, 1999.

GOOGLE MAPS. Disponível em <<https://www.google.com.br/maps/preview>>. Acesso em 04 de março de 2021.

GOOGLE FINANÇAS. Disponível em <<https://www.google.com/finance/>>. Acesso em 16 de abril de 2021.

GORDON, Miriam; ZAMIST, Ruth. **Municipal best management practices for controlling trash and debris in stormwater and urban runoff**. California Coastal Commission; Algalita Marine Research Foundation, 2012.

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL (GDF). **Zoneamento Ecológico Econômico do Distrito Federal / ZEE-DF. 2015**. Disponível em: <<http://www.zee-df.com.br/>>. Acesso em: 21 de novembro de 2020.

GUIMARÃES, Gabriel dos Anjos, et al. **Composição gravimétrica e valorização econômica dos resíduos sólidos urbanos: estudo de caso na região central de Itacoatiara/AM**. 2019.

HAMILTON, A.; SCHEER, R.; STAKES, T.; ALLAN, S. (2019) **Solving plastic pollution through accountability**. Disponível em <<https://www.worldwildlife.org/publications/solving-plastic-pollution-through-accountability>>. Acesso em: 21 de novembro de 2020.

INSTITUTE FOR EUROPEAN ENVIRONMENTAL POLICY (IEEP). **Plastics Marine Litter and the Circular Economy**. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **V Relatório Nacional de Acompanhamento dos ODMs**. Brasília: IPEA, 2014. Disponível em <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/140523_relatorioodm.pdf>. Acesso em: 21 de novembro de 2020.

JAMBECK, J. R. et al. **Plastic Waste Inputs From Land Into The Ocean**. Science Mag. v. 347 issue 6223. 2015.

JATOBÁ, Sérgio Ulisses. **Densidades Urbanas nas Regiões Administrativas do Distrito Federal. Companhia de Planejamento do Distrito Federal – CODEPLAN**. Brasília, 2017. Disponível em <http://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/TD_22_Densidades_Urbanas_nas_Regi%C3%B5es_Administrativas_DF.pdf>. Acesso em: 3 de agosto de 2020.

JUCÁ, J. F. T. **Produto 2: proposição e modelagem para execução eficiente dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos considerando a gestão associada no âmbito do CORSAP/DF-GO**. Consultoria UGP/ADASA/UNESCO. Distrito Federal, 2016.

KAZA, S.; YAO, L. C.; BHADA-TATA, P.; VAN WOERDEN, F. 2018. **What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050**. Urban Development;. Washington, DC: World Bank. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317> License: CC BY 3.0 IGO.

LEBRETON, L. C. M. et al. **River Plastic Emissions To The World's Oceans**. Nat. Commun. 8, 15611 doi: 10.1038/ncomms15611 (2017).

LIPOR, **Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto, Caderno Técnico**, 2000.

LIPORONI, L. M. (2012). **Estudo preliminar da qualidade da água do Lago Paranoá, Brasília – DF, utilizando um modelo de qualidade de água bidimensional**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM – 138/2012, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 188p.

MACHADO, Bruna Schlisting; MAROCCO, Marco Aurélio; PANZENHAGEN, Helio. **Ecobarreira do Dilúvio recolheu 540 toneladas de dejetos em três anos: Estrutura foi instalada em 2016 na foz do arroio**. Câmara Municipal de Porto Alegre. Porto Alegre: Carlos Scomazzon, 2 maio 2019. Disponível em: <<https://www.camarapoa.rs.gov.br/noticias/ecobarreira-do-diluvio-recolheu-540-toneladas-de-dejetos-em-tres-anos>>. Acesso em 16 de abril de 2021.

MARIANO, M.O.H., MACIEL, F.J., FUCALE, S.P., et al. **“Composição gravimétrica e volumétrica dos RSU da célula piloto do aterro de resíduos sólidos da Muribeca”**, In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, pp. 2-7, Belo Horizonte, set. 2007.

MARTINS, G. A.; THEÓPHILO, C.R. **Metodologia da Investigação Científica para Ciências Sociais Aplicadas**. 3ª Edição; Atlas: São Paulo, Brasil, 2016.

MATTEI, G.; ESCOSTEGUY, P. A. V. **Composição, gravimétrica de resíduos sólidos aterrados**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, jul./set. 2007.

MELO, Márcio Camargo de et al. **Deformação Vertical dos Resíduos Sólidos Urbanos em uma Célula Experimental em Função da Composição Gravimétrica e Volumétrica dos Materiais**. Matéria (Rio J.), Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p. 450-460, junho 2016. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S151770762016000200450&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 04 de abril de 2021.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Termo de Referência para Elaboração de Projetos de Engenharia para Gestão das**

Águas Pluviais Manejo de Águas Pluviais e Drenagem Urbana - Diretrizes e Parâmetros –Estudos e Projetos. Brasília, 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Assuntos.** 2020. Disponível em <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/agendaambientalurbana/combate-ao-lixo-no-mar>>. Acesso em: 21 de novembro de 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano Nacional de Combate Ao Lixo No Mar.** 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br>>. Acesso em: 21 de novembro de 2020.

MONTEIRO, J. H. P. et al. (2001). **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos.** Rio de Janeiro: IBAM.

NETO, J. A. B.; FONSECA, E. M. DA, 2011. **Variação Sazonal, Espacial E Composicional De Lixo Ao Longo Das Praias Da Margem Oriental Da Baía De Guanabara (Rio De Janeiro) No Período De 1999–2008.** Revista da Gestão Costeira Integrada 11, 31–39. <https://doi.org/10.5894/rgci189>

NEVES, R. C.; SANTOS, L. A. S., OLIVEIRA, K. S. S., NOGUEIRA, I. C. M., LOUREIRO, D. V., FRANCO, T., FARIAS, P. M., BOURGUINON, S. N., CATABRIGA, G. M., BONI, G. C., QUARESMA, V. S., 2011. **Análise Qualitativa Da Distribuição De Lixo Na Praia Da Barrinha (Vila Velha - Es).** Revista da Gestão Costeira Integrada 11 <https://doi.org/10.5894/rgci193>. 57–56.

NEVES, Marllus Gustavo Ferreira Passos das. **Quantificação de resíduos sólidos na drenagem urbana.** 2006.

NOAA Marine Debris Program. **Ocean Conservancy.** SC Sea Grant, 2018. Disponível em <<https://www.whoi.edu>>. Acesso em: 21 de novembro de 2020.

COMPANHIA URBANIZADORA DA NOVA CAPITAL DO BRASIL (NOVACAP). **Termo de Referência e Especificações para Elaboração de Projetos de Sistema de Drenagem Pluvial.** Brasília. 2017. Disponível Em <<http://www.novacap.df.gov.br/wp-content/uploads/2019/08/Termo-de->

Refer%C3%A2ncia-de-Projetos-de-Drenagem-em-PEAD.pdf >. Acesso em 11 de abril de 2021.

COMPANHIA URBANIZADORA DA NOVA CAPITAL DO BRASIL (NOVACAP). **A Companhia**. Disponível em <<http://www.novacap.df.gov.br/>>. Acesso em 07 de março de 2021.

COMPANHIA URBANIZADORA DA NOVA CAPITAL DO BRASIL (NOVACAP). Diretoria de Urbanização. Contratação de Prestação de Serviços D.U nº 593/2016, lote 03, de 3 de novembro de 2016. **Contratação de empresa de engenharia especializada para execução de serviço de limpeza, desobstrução e reconstrução de redes e bocas de lobo em diversos locais do Distrito Federal**. Diário Oficial do Distrito Federal, Brasília, DF, 22 nov. 2016.

COMPANHIA URBANIZADORA DA NOVA CAPITAL DO BRASIL (NOVACAP). Diretoria de Urbanização. Contratação de Prestação de Serviços D.U nº 592/2016, lote 02, de 3 de novembro de 2016. **Contratação de empresa de engenharia especializada para execução de serviço de limpeza, desobstrução e reconstrução de redes e bocas de lobo em diversos locais do Distrito Federal**. Diário Oficial do Distrito Federal, Brasília, DF, 22 nov. 2016.

PIRES, V. A. C. (2004). **Metodologia para apoio à gestão estratégica de reservatórios de usos múltiplos: o caso do lago Paranoá, no Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado, Publicação PTARH.DM - 072/04, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 203 p.

PLASTICSEUROPE. **Plastics – The Facts 2019. An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data**. 2019. PlasticsEurope.

PNUD; IPEA. **Agenda 2030**. Plataforma Agenda 2030. Disponível em <<http://www.agenda2030.org.br/>>. Acesso em: 21 de novembro de 2020.

POLAZ, C. N. M.; TEIXEIRA, B. A. N. (2009) **Indicadores de sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos: um estudo para São Carlos (SP)**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 14, n. 3, p. 411-420.

PROJETO ECOBARREIRA ARROIO DILÚVIO. Disponível em <<https://www.ecobarreiradiluvio.com.br/>>. Acesso em 11 de abril de 2021.

REZENDE, Jozrael Henriques et al. **Composição gravimétrica e peso específico dos resíduos sólidos urbanos em Jaú (SP)**. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p. 1-8, Mar. 2013. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S14131522013000100001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 07 de março de 2021.

RYAN, P. G.; MOORE, J. M.; VAN FRANEKER, J. A; MOLONEY, C. L. (2009) **Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment**. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 364, 1999–2012.

SANTOS, Gemelle Oliveira. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares de Fortaleza/CE dispostos no aterro sanitário de Caucaia/CE**. Revista Tecnologia, 2010, 31.1: 39-50.

SANTOS, A. A.; SILVA, F. DE M. N., RIBEIRO, F.; NILIN, J. 2020. **Initial Beach Litter Survey In A Conservation Unit (Santa Isabel Biological Reserve, Sergipe) From Northeast Brazil**. Marine Pollution Bulletin, Volume 153, 2020, 111015, ISSN 0025-326X, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111015>.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE DO DISTRITO FEDERAL (SEMA). **Coleta Seletiva**. 2019. Disponível em <<http://www.sema.df.gov.br/coleta-seletiva-2/>>. Acesso em: 21 de novembro de 2020.

SERVIÇO DE LIMPEZA URBANA DO DISTRITO FEDERAL (SLU), 2018. **Plano Distrital De Gestão Integrada De Resíduos Sólidos (PDGIRS)**. Governo do Distrito Federal. Brasília, DF. 2018. Disponível em <<http://www.slu.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/03/pdgirs.pdf>>. Acesso em: 21 de novembro de 2020.

SERVIÇO DE LIMPEZA URBANA DO DISTRITO FEDERAL (SLU). **Relatório Anual de 2019**. Governo do Distrito Federal. Brasília, DF. 2019. Disponível em: <<http://www.slu.df.gov.br/wp-content/uploads/2020/04/RELATORIO-ANUAL-2019.pdf>> Acesso em: 14 de março de 2021.

SERVIÇO DE LIMPEZA URBANA DO DISTRITO FEDERAL (SLU). **Relatório da análise gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos do Distrito Federal - 2015**. Governo do Distrito Federal. Brasília, DF. 2016. Disponível em: <<http://www.slu.df.gov.br/wp-content/uploads/2019/06/relatorio-gravimetria-final-2015.pdf>> Acesso em: 14 de março de 2021.

SERVIÇO DE LIMPEZA URBANA DO DISTRITO FEDERAL (SLU). Contratação de Prestação de Serviços nº 18/2019, de 5 de julho de 2019. **Contratação de empresa(s) especializada(s) para os seguintes serviços nas Regiões Administrativas do Distrito Federal, urbanas e rurais, referente LOTE 1, conforme especificações e condições estabelecidas no Termo de Referência constante do Anexo I do (23932514)**. Diário Oficial do Distrito Federal, Brasília, DF, 5 de julho de 2019.

SERVIÇO DE LIMPEZA URBANA DO DISTRITO FEDERAL (SLU). Contratação de Prestação de Serviços nº 19/2019, de 5 de julho de 2019. **Contratação de empresa(s) especializada(s) para os seguintes serviços nas Regiões Administrativas do Distrito Federal, urbanas e rurais, referente LOTE 2, conforme especificações e condições estabelecidas no Termo de Referência constante do Anexo I (23930880)**. Diário Oficial do Distrito Federal, Brasília, DF, 5 de julho de 2019.

SERVIÇO DE LIMPEZA URBANA DO DISTRITO FEDERAL (SLU). Contratação de Prestação de Serviços nº 24/2019, de 5 de julho de 2019. **Contratação de empresa(s) especializada(s) para os seguintes serviços nas Regiões Administrativas do Distrito Federal, urbanas e rurais, referente LOTE 3, conforme especificações e condições estabelecidas no Termo de Referência constante do Anexo I (23931618)**. Diário Oficial do Distrito Federal, Brasília, DF, 5 de julho de 2019.

SILVA, Luciene da. **Quantificação e caracterização dos resíduos sólidos na drenagem urbana na bacia Grota do Cigano–Maceió–Alagoas**. 2014.

STORM WATER SYSTEMS. Bandalong Litter Trap. <<https://stormwatersystems.com/bandalong-litter-trap/>>. Acesso em 11 de abril de 2021.

SZUCS, R., **Atlas Obscura 2018 - These Vibrant Maps Reveal the World's Hidden Geographies. Grasshopper Geography**. Disponível em <<https://www.atlasobscura.com/articles/maps-art-gisgeography-robort-szucs>>. Acesso em: 21 de novembro de 2020.

TEN BRINK, P.; SCHWEITZER, J.-P.; WATKINS, E.; HOWE, M. (2018) **Circular economy measures to keep plastics and their value in the economy, avoid waste and reduce marine litter**. A briefing by IEEP for the MAVA Foundation. Disponível em <<https://ieep.eu/publications>>. Acesso em: 21 de novembro de 2020.

TORRES, Mateus Halbe. **Home**. The Global Students SDG Challenge, Brasília, 2020. Disponível em: <<https://www.sdgchallenge.com.br/>>. Acesso em: 21 de novembro de 2020.

TURRIONI, J. B, MELLO, C. H. P., **Metodologia De Pesquisa Em Engenharia De Produção Estratégias - Métodos E Técnicas Para Condução De Pesquisas Quantitativas E Qualitativas** (2012), UNIFEI.

UNITED STORM WATER, INC. Products. **Curb Inlet Screen Covers**. Disponível em <<http://unitedstormwater.com/screenCovers.php>>. Acesso em 11 de abril de 2021.