

FLÁVIA YUKI TSURUDA TANOUE
FLORA KAORI ABUNO
JONATHAN KOITI SHIMODA

Sistema de Armazenamento e Coleta de RSU: estudo de caso no bairro
Belenzinho, município de São Paulo

São Paulo
2017

FLÁVIA YUKI TSURUDA TANOUE
FLORA KAORI ABUNO
JONATHAN KOITI SHIMODA

Sistema de Armazenamento e Coleta de RSU: estudo de caso no bairro
Belenzinho, município de São Paulo

Projeto de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo, no âmbito do Curso de
Engenharia Ambiental

Orientadora: Professora Doutora
Wanda Maria Rizzo Günther

Co-orientadora: Pesquisadora IPT
Letícia dos Santos Macedo

São Paulo
2017

Catálogo-na-publicação

Tanoue, Flávia Yuki Tsuruda
SISTEMA DE ARMAZENAMENTO E COLETA DE RSU:
ESTUDO DE CASO NO BAIRRO BELENZINHO, MUNICÍPIO DE
SÃO PAULO / F. Y. T. Tanoue, F. K. Abuno, J. K. Shimoda. – São
Paulo, 2017.
69 p.

Trabalho de Formatura (Bacharelado em Engenharia Ambiental)
– Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de
Engenharia Hidráulica e Ambiental.

1. Resíduos Sólidos Urbanos 2. Armazenamento 3. Coleta
I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de
Engenharia Hidráulica e Ambiental. II. t.

AGRADECIMENTOS

À professora Wanda Günther, pela ajuda e orientação do trabalho ao longo do ano.

Às pesquisadoras Letícia dos Santos Macedo e Cláudia Echevengúá Teixeira do IPT, pela atenção e orientação do trabalho e pela enorme quantidade de dados e contatos cedidos.

Aos membros da banca, professora Larissa Ciccotti Freire (Faculdade de Saúde Pública. Primeira banca), engenheiro Francisco Rodrigues (Primeira banca), engenheiro Pedro Lombardi Filho (Segunda banca) e Letícia dos Santos Macedo (Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Segunda banca), pela leitura, atenção e contribuição dispensados a este trabalho de formatura.

A Ricardo Tierno, pelas informações concedidas em relação à área de estudo adotada.

Aos professores Renato Zambon e Dione Morita pelas sugestões e apoio nas aulas de orientação para o TCC.

A todos que responderam o questionário, possibilitando a ponderação dos indicadores adotados.

RESUMO

O presente trabalho de formatura teve como objetivo estudar um sistema de segregação na fonte, acondicionamento e coleta de resíduos sólidos urbanos, tendo em vista a necessidade de maior segregação dos resíduos na fonte geradora. Como objeto de estudo foi selecionada uma área no bairro Belenzinho, município de São Paulo. O método envolveu a elaboração de cinco cenários que contemplaram diferentes tipos de coleta e de dispositivos de acondicionamento de resíduos. Foi elaborada uma matriz de decisão com indicadores que influenciam na decisão da escolha do tipo de sistema. A ponderação desses indicadores se deu a partir de consulta a um grupo de especialistas, composto por profissionais ligados à área de resíduos sólidos urbanos, que responderam a um questionário aplicado eletronicamente sobre os parâmetros (ambientais, econômicos, técnicos e sociais). O cenário que obteve a melhor nota foi o que utiliza os contêineres para a segregação e acondicionamento de resíduos em dois tipos (recicláveis e orgânicos/rejeitos), utilizando coleta mecanizada. O presente estudo adotou diversas hipóteses e simplificações que, numa situação real, não são concretizáveis. Porém, a validade do estudo está justamente no fato de efetuar uma comparação de entre diferentes cenários para acondicionamento e coleta de resíduos, colocando em evidência deficiências e possíveis melhorias para cada um dos cenários.

Palavras-chave: resíduos sólidos urbanos, acondicionamento, coleta.

ABSTRACT

The aim of this final report was to study a storage and collection system of municipal solid waste (MSW), considering the need of a more effective separation of the waste in the generation source. As object of study, an area in the district of Belenzinho, Sao Paulo city, was selected. The method involved the elaboration of five scenarios that contemplated different types of collection and waste treatment devices. A decision matrix was made with the indicators that influence the decision to choose the type of system. The weighting of these indicators was based on the consultation of a group of specialists, composed of professionals related to the solid urban waste field, who answered a questionnaire applied electronically, about the parameters (environmental, economic, technical and social). The scenario that obtained the best score was which uses the containers for the segregation and packaging of waste in two types (recyclable and organic / tailings), using mechanized collection. The present study various assumptions and simplifications that, in a real situation, are not achievable. However, the validity of the study is precisely because it has a comparison of different scenarios for storage and collecting waste, highlighting weaknesses and possible improvements for each scenario.

Keywords: municipal solid waste, storage, collecting

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
1.1. Apresentação	7
1.2. Legislação	7
1.3. Objetivo	8
1.4. Justificativa	8
1.5. Metodologia	9
1.6. Cronograma.....	10
2. CARACTERIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE ACONDICIONAMENTO E COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS	11
2.1 Dispositivos de Acondicionamento	11
2.1.1. Saco plástico	11
2.1.2. Sacola Compostável.....	12
2.1.3. Contêiner	12
2.1.4. Contentor Soterrado	15
2.2 Dispositivos de Coleta	20
2.2.1 Caminhão convencional sem Compactador e com Compactador	20
2.2.2 Caminhão de Coleta Mecanizada	21
2.2.3 Caminhão de Coleta Mecanizada de Carga Lateral.....	21
2.2.4 Caminhão Munck.....	22
2.2.5 Caminhão equipado com Lavadora de Contentores	23
3.1. Aspecto Econômico	25
3.1.1 <i>Capital Expenditures</i>	25
3.1.2 <i>Operational Expenditures</i>	25
3.2. Aspecto Ambiental.....	25
3.2.1. Facilidade na Segregação	25
3.2.2. Emissão de poluentes no transporte.....	25
3.3. Aspecto Técnico	26
3.3.1 Infraestrutura	26
3.3.2 Dimensão espacial	26
3.3.3 Eficiência na coleta.....	26
3.4. Aspecto Social.....	26
3.4.1. Segurança no trabalho	26
3.4.2. Vandalismo.....	26
3.4.3. Geração de empregos	26
4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	27
4.1 Histórico	27
4.2 Localização.....	27

4.3	Uso e Ocupação do Solo	25
4.4	Estimativa populacional	26
4.5	Estimativas de geração de resíduos sólidos urbanos.....	30
4.6	Ponderação dos indicadores	36
5	ANÁLISE DOS CENÁRIOS	37
5.1.	Cenário Zero.....	37
5.2.	Cenário 1	38
5.3.	Cenário 2.....	39
5.4.	Cenário 3.....	39
5.5.	Cenário 4.....	40
5.6.	Cenário 5.....	40
6	RESULTADOS	41
6.1	Pontuação dos indicadores.....	41
6.2	Resultados Obtidos	59
7.	CONCLUSÃO.....	59
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
Anexo	64

1. INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação

Um dos principais desafios atuais dos municípios brasileiros é a gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), que apesar da geração *per capita* de RSU no país ter registrado queda de 3%, no período de 2015 e 2016 (ABRELPE, 2016), ainda apresenta um gerenciamento inadequado de RSU.

O Brasil em 2016 apresentou cobertura de coleta de RSU de 91%, sendo a região Sudeste a que abrange o maior índice de cobertura (98%) e a região Nordeste o menor índice de cobertura (79%). Dos 5.570 municípios brasileiros, cerca de 3.878 apresentam alguma iniciativa de coleta seletiva, no entanto, em muitos municípios essa coleta não abrange a totalidade de sua área urbana (Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2016).

Apesar da gradual melhoria nas condições de destino dos RSU na última década, em 2016, houve um retrocesso em relação à disposição final dos RSU coletados, apresentando um aumento de resíduos dispostos em unidades inadequadas, como em aterros controlados e lixões, situação que ainda está presente em todas as regiões do Brasil (Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2016).

Pode-se dizer que alguns dos motivos são: a falta de estrutura técnica e de recursos financeiros dos municípios para obedecer a legislação, uma vez que não houve o cumprimento da Política de Resíduos Sólidos em relação ao prazo de eliminação dos lixões que era até dia 2 de agosto de 2014 (Lei N°12305/2010, artigo 54) e a falta de elaboração do plano de gestão integrada de resíduos sólidos (PGIRS) por parte dos municípios.

Outro fator que justifica a queda de geração de RSU e o aumento do número de municípios que deixaram de usar o aterro e voltaram a utilizar os lixões foi a crise econômica, resultando em cortes nos recursos desse setor (coleta, transporte, destinação, varrição, limpeza e manutenção de parques, praças e jardins).

1.2. Legislação

A Lei n° 12.305, de 12 de agosto de 2010, (Brasil, 2010), que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, apresenta em seu artigo 14, seis níveis na hierarquia política para elaboração de planos de resíduos sólidos: Política Nacional de Resíduos Sólidos, planos estaduais, planos microrregionais, planos de regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas, planos intermunicipais e planos municipais de gerenciamento de resíduos sólidos.

O artigo 1° da Política Nacional de Resíduos Sólidos dispõe sobre os princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos.

Da Lei Estadual n° 12.300, de 16 de março de 2006, (São Paulo, 2006), que institui a Política de Resíduos Sólidos no estado de São Paulo, pode-se citar os

objetivos:

(...)

III- reduzir a quantidade e a nocividade dos resíduos sólidos, evitar os problemas ambientais e de saúde pública por eles gerados e erradicar os “lixões”, “aterros controlados”, “bota-foras” e demais destinações inadequadas;

IV- promover a inclusão social de catadores, nos serviços de coleta seletiva;

VII- fomentar a implantação do sistema de coleta seletiva dos Municípios;

(...)

Este estudo tem seu enfoque voltado para estes três objetivos, em especial o inciso VII, uma vez que o presente trabalho busca formas de acondicionamento e coleta que maximizem a segregação dos RSU.

Um dos principais instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos é o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS), cuja diretriz fundamental é a ordem de prioridade dada aos resíduos ou hierarquia dos resíduos: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos e disposição final ambientalmente adequada apenas dos rejeitos. No município de São Paulo, essa diretriz se traduz na máxima segregação de resíduos nas fontes geradoras e a elaboração de um plano de coleta seletiva.

O PGIRS do município de São Paulo tem como algumas metas principais:

(...)

- Atingir a adesão de, no mínimo, 70% dos domicílios (individuais ou em condomínios) à coleta seletiva de resíduos secos, precedida de campanha de comunicação, até o vigésimo ano de implantação do PGIRS;*
- Ampliar a capacidade produtiva das 10 centrais de pequeno porte instaladas em próprios públicos, com introdução de equipamentos mecânicos, até 2016;*

(...)

1.3. Objetivo

O presente trabalho tem como objetivo o estudo de um sistema de segregação na fonte, acondicionamento e coleta de resíduos sólidos urbanos em uma área de estudo localizada no bairro de Belenzinho, São Paulo, a partir da análise de diferentes cenários, com base em indicadores pré-selecionados.

1.4. Justificativa

A mudança do tema inicial do Trabalho de Formatura I (Implantação de

lixeiros subterrâneas para acondicionamento externo de resíduos sólidos urbanos: estudo de caso em Bertioga) se deve ao fato das lixeiras subterrâneas serem um dispositivo pouco conhecido no Brasil, onde as poucas empresas fornecedoras são do exterior (Europa), acarretando em altos custos de implantação, operação e do próprio dispositivo. Portanto, devido ao alto investimento necessário e também por ser uma região perto do mar (nível do lençol freático alto), o que possibilitava apenas um ponto de implantação desse dispositivo de acondicionamento de RSU, seu estudo foi considerado inviável junto ao projeto do IPT.

A partir de uma reunião que o grupo pode participar em Bertioga, onde os pesquisadores do IPT discutiam os possíveis cenários de sistemas de gestão de RSU para a prefeitura de Bertioga e, juntamente com a ajuda da pesquisadora Letícia dos Santos Macedo, percebemos a dificuldade de encontrar estudos relacionados aos indicadores que auxiliem na tomada de decisão dos dispositivos de acondicionamento e coleta.

Assim, decidimos mudar o foco do nosso trabalho para a escolha do melhor cenário de sistema de acondicionamento e coleta, de uma determinada área de estudo, que apresente segregação dos resíduos sólidos urbanos e seja possível projetar vários cenários.

1.5. Metodologia

A seleção dos dispositivos de acondicionamento e coleta que integram os diferentes cenários estudados e os indicadores empregados foi realizada a partir de levantamentos bibliográficos e documental, tendo como uma das principais referências o relatório: “Um programa IPT de Apoio às Prefeituras nas Decisões Relativas a Resíduos Sólidos Urbanos” (IPT, 2017).

A seleção e caracterização da área de estudo foi realizada a partir de levantamentos bibliográficos, onde muitas informações se encontram na Dissertação de Ricardo Tierno, com título “Diagnósticos e Sistematização de Estratégias para a Gestão dos Resíduos Domiciliares Aplicáveis a Políticas de Planejamento Urbano” (defendida na Escola Politécnica em 2017), e também decorreu de visita a campo realizada pelo grupo, no mês de outubro.

Na visita à campo o grupo percorreu as principais avenidas da área de estudo, analisando principalmente a infraestrutura do local e como é realizada a disposição dos resíduos. Nessa área, encontraram-se diversos edifícios e galpões antigos, aparentando estar abandonados, e também edifícios multifamiliares concentrados próximos à parte central da área de estudo.

Para a ponderação dos indicadores foi realizada uma pesquisa com especialistas, com o apoio de um questionário no formato digital (“Google Forms”), enviado para mais de 1930 profissionais que possuem contato com a área de Resíduos Sólidos Urbanos. Como retorno, foram obtidas 115 respostas, das 22 foram desconsideradas, pois apresentaram respostas incompletas ou algum tipo de erro (como por exemplo, um indicador recebendo

mais de uma classificação), sendo aceitas 93 respostas que compuseram a amostra do estudo.

O questionário incluía dez indicadores subdivididos em dois econômicos, dois ambientais, três técnicos e três sociais. Os profissionais deveriam classificar os indicadores na ordem em que eles consideravam mais importantes, havendo a possibilidade de dois ou mais critérios terem o mesmo grau de importância. Os indicadores recebiam nota de 1 (menos importante) a 10 (mais importante), e foram calculados de forma ponderada, assim a soma em porcentagem de todos os critérios é igual a 100%.

Após a obtenção dos pesos de cada indicador, foi elaborada a matriz de decisão e analisados os cenários propostos.

1.6. Cronograma

O cronograma de desenvolvimento do trabalho, do primeiro e segundo semestres de 2017, é apresentado a seguir, nas **Figuras 1.1 e 1.2**.

Figura 1.1: Cronograma 1° Semestre

Cronograma 1° Semestre - Trabalho de formatura 1										
Projeto de implantação de lixeira subterrânea para acondicionamento externos de RSU: Estudo de caso em Bertioga										
TCC 1	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Definição do grupo, tema e orientador	■									
Análise de legislação pertinentes	■	■	■							
Levantamentos de dados RMBS e Bertioga		■	■	■						
Buscas de dados sobre lixieras subterrâneas		■	■							
Seleção da área de estudo		■								
Caracterização da área de estudo		■	■							
Reconhecimento da área			■	■						
Projeto de implantação de lixieras subterrâneas					■	■	■	■	■	■
Monitoramento e entrevistas com os usuários								■	■	
Elaboração de relatórios parcial e final				■					■	

Figura 1.2: Cronograma 2º Semestre

Cronograma 2º Semestre - Trabalho de formatura 2											
Projeto de um Sistema de Coleta e Segregação na fonte para o Bairro de Belém em São Paulo											
TCC 2	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
Definição do grupo, tema e orientador	■										
Análise de legislação pertinentes	■	■	■								
Levantamentos de dados RMBS e Bertioga		■	■	■							
Buscas de dados sobre lixieras subterrâneas		■	■								
Seleção da área de estudo		■									
Caracterização da área de estudo		■	■								
Reconhecimento da área			■	■							
Mudança do projeto de estudo					■						
Seleção da nova área de estudo					■						
Caracterização dos dispositivos de coleta e segregação					■	■					
Escolhas dos indicadores						■	■				
Caracterização da área de estudo							■				
Análise dos questionários e matriz de decisão								■	■		
Concepção do cenário escolhido									■	■	
Relatório final									■	■	

2. CARACTERIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE ACONDICIONAMENTO E COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A primeira etapa de gerenciamento de resíduos sólidos conta com a colaboração imprescindível da população, pois se trata de segregar os resíduos no momento e local de sua geração, ou seja, no domicílio. Esta etapa visa separar os resíduos gerados em categorias, como recicláveis, resíduos orgânicos e rejeitos, evitando, dessa maneira, a contaminação dos materiais e promovendo a melhoria de sua recuperação ou tratamento.

Os dispositivos de acondicionamento e coleta, que serão definidos posteriormente, auxiliam o gerenciamento de resíduos sólidos, principalmente na primeira etapa do sistema, que é o acondicionamento. O objetivo é segregá-los eficientemente, além de facilitar a retirada dos mesmos e assim melhorar a eficiência do processo como um todo.

2.1 Dispositivos de Acondicionamento

2.1.1. Saco plástico

Os sacos plásticos para acondicionamento de resíduos domiciliares são os mais utilizados no Brasil atualmente. No município de São Paulo podem ser de vários tamanhos e cores, inclusive cor preta e o volume total não deve

ultrapassar 200 litros por domicílio/dia, situação que o caracteriza como pequeno gerador. Caso isso ocorra, o domicílio será considerado como grande gerador e não será incluído na coleta regular municipal, devendo se responsabilizar pelo seu gerenciamento.

2.1.2. Sacola Compostável

A separação é realizada da mesma maneira para sacos plásticos. Porém, as sacolas compostáveis são feitas de material bioplástico compostável de fontes renováveis. Essa característica permite a sua degradação quando expostas às condições apropriadas.

A **Figura 2.1** mostra um exemplo de sacola compostável.

Figura 2.1: Exemplo de sacola compostável



Fonte: Autoria própria

2.1.3. Contêiner

Os contêineres permitem armazenar temporariamente capacidades variáveis de resíduos sólidos, preferencialmente, recicláveis secos. São fabricados, geralmente, de PEAD (Polietileno de Alta Densidade), portanto são resistentes e apresentam baixa reatividade química, sendo ideal para este fim. Em geral, são dispostos em locais estratégicos mediante análise prévia de geração de resíduos ou em atendimento às denúncias de descarte irregular, sendo possível, também, a realocação dos mesmos em alguns casos, o que é uma vantagem que os contêineres apresentam. A implantação deste dispositivo de coleta é frequentemente realizada pela prefeitura municipal, a fim de alcançar melhor segregação dos resíduos (KAWATOKO, 2015). As **Figuras 2.2 a 2.6** apresentam exemplos de contêineres de diferentes capacidades.

Figura 2.2: Exemplo de Contêiner



Fonte: Contemar ambiental, 2017

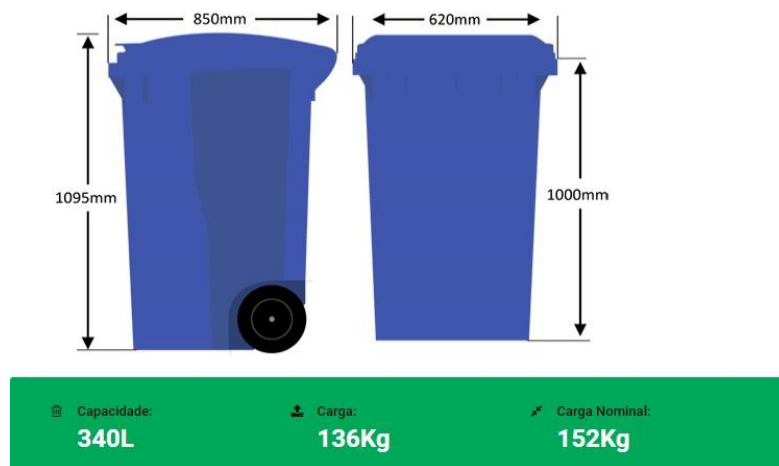
Figura 2.3: Exemplo dimensões de um contêiner de capacidade de 240 litros
PLANTA DO PRODUTO



Fonte: Contemar ambiental, 2017

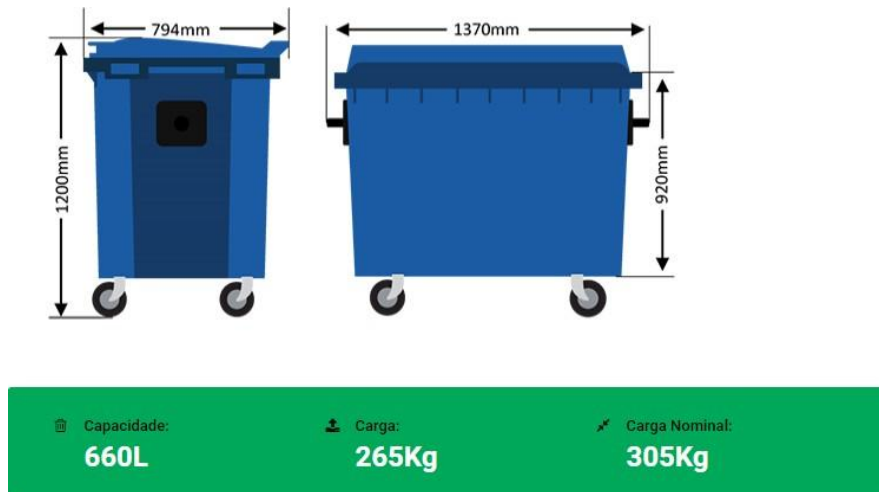
Figura 2.4: Exemplo dimensões de um contêiner de capacidade de 340 litros
litros

PLANTA DO PRODUTO



Fonte: Contemar ambiental, 2017

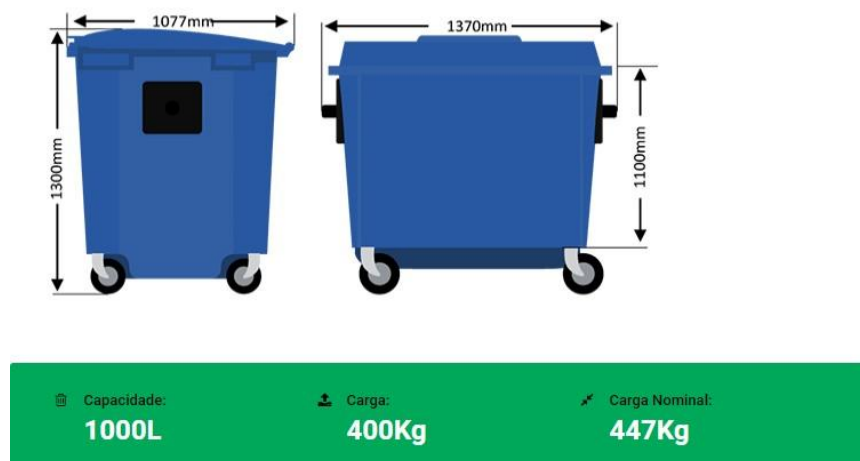
Figura 2.5: Exemplo dimensões de um contêiner de capacidade de 660 litros



Fonte: Contemar ambiental, 2017

Figura 2.6: Exemplo dimensões de um contêiner de capacidade de 1000 litros

PLANTA DO PRODUTO



Fonte: Contemar ambiental, 2017

Considerando custo de investimento (CAPEX), cada contêiner de 1000L custa aproximadamente R\$ 1.600,00 e a preparação de base para contêineres está em torno de R\$ 500,00 (ALIANÇAS PÚBLICO PRIVADAS, 2012).

Existem também contêineres de carga lateral, com capacidades de 2,4 m³ e 3,2m³, com custos de R\$ 4.830,00 e R\$ 5.105,00, respectivamente (Departamento de Municipal de Limpeza Urbana – PROCEMPA, 2013). Para esse tipo de contêiner é utilizado caminhão de coleta adaptado com compactador de carga lateral, e sua manutenção e higienização deve ser realizada com frequência quinzenal. A lavagem dos contêineres é realizada a partir de um caminhão adaptado com um equipamento de lavagem, conhecido como lava. A **Figura 2.6**, apresenta algumas informações técnicas do sistema de coleta lateral.

Figura 2.7: Dados Contêiner Metálico Lateral

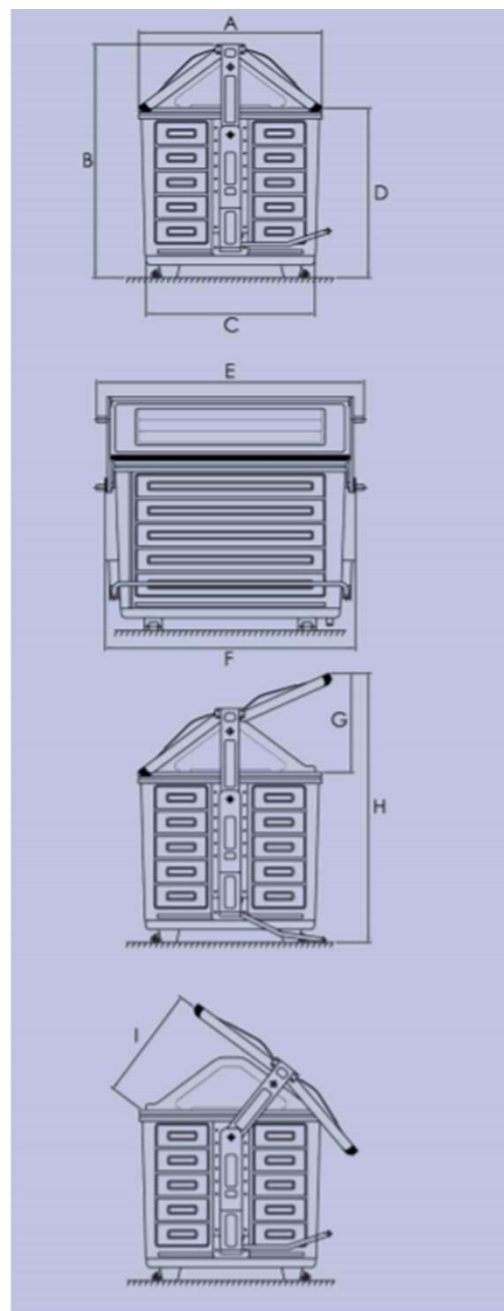


Contêineres Metálicos modelo CMR

Capacidade	2,4 m ³ e 3,2 m ³
Vida útil	10 anos
Modelos	RSU – Para resíduos domiciliares; RD – Com tampas para coleta diferenciada.

Medidas Principais

Medidas	DIMENSÕES (2,4 M ³)	DIMENSÕES (3,2 M ³)
A	1290 mm	1435 mm
B	1650 mm	1730 mm
C	1190 mm	1335 mm
D	1200 mm	1290 mm
E	1880 mm	1880 mm
F	1760 mm	1760 mm
G	700 mm	660 mm
H	1900 mm	1950 mm
I	800 mm	680 mm



Fonte: THEMAC (TECNOLOGIA EQUIPAMENTO AMBIENTE), 2011.

2.1.4. Contendor Soterrado

O contendor soterrado, conhecido também como lixeira subterrânea, é uma forma de acondicionamento externo bastante inovador que surgiu na Europa e foi difundida a vários países e continentes. Sua utilização garante melhorias no aspecto estético por realocar os resíduos abaixo do solo, evitando a exposição visual. Dessa maneira, a proliferação de vetores e o acesso dos trabalhadores informais são dificultados, além de reduzir o vazamento de chorume e o contato do mesmo com o ambiente. O contendor soterrado permite um armazenamento maior em termos de volume em um ponto localizado, possibilitando assim a diminuição da frequência de

coleta, da rota percorrida e do número de veículos e de trabalhadores empregados.

Para descrever as dimensões de um contentor soterrado utilizou-se as informações cedidas pela empresa “Contemar Ambiental” com base no modelo “Contentor Soterrado de Carga Traseira” que possibilita armazenar 1m³ de resíduos por boca.

O contentor soterrado é composto basicamente por: boca, plataforma, estrutura de elevação e pré-fabricados de concreto. A boca é a abertura onde se insere os resíduos e a sua capacidade varia em torno de 0,075 m³ a 0,12 m³ na parte superior e 1 m³ na parte subterrânea. Plataforma é a chapa que sustenta o suporte da boca. Estrutura de elevação é todo o sistema que realiza a ascendência do contentor soterrado (estrutura de sustentação, chapa de base e cilindros hidráulicos) e os pré-fabricados de concreto é a estrutura que protege o contentor em si, localizado abaixo do solo.

O equipamento conta com placa personalizável para indicação dos resíduos, além do sensor de volume, acesso com cartão magnético e reconhecimento de usuário e envio de dados, assegurando monitoramento e operação mais eficientes. Segundo a empresa, o tempo para que a lixeira realize movimento de ascendência e descendência é de 15 segundos para cada boca.

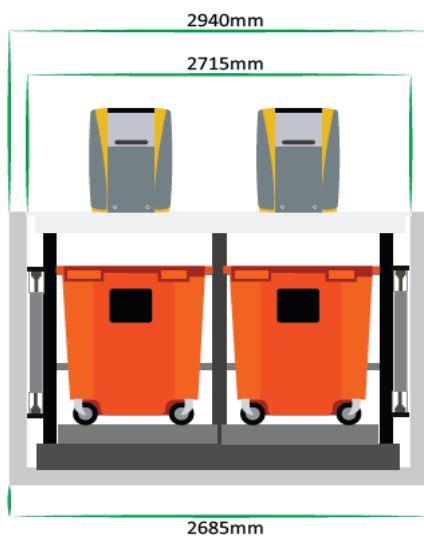
As **Figuras 2.8 a 2.10** ilustram contentores soterrados e suas dimensões.

Figura 2.8: Contentor Soterrado de Carga Traseira



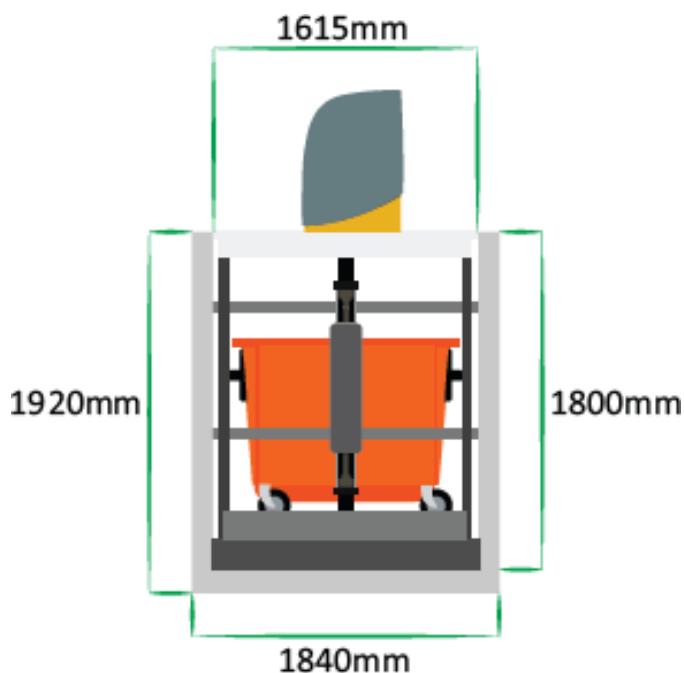
Fonte: Contemar Ambiental, 2017

Figura 2.9: Dimensão da vista frontal do Contentor Soterrado de Carga Traseira



Fonte: Contemar Ambiental, 2017

Figura 2.10: Dimensão da vista lateral do Contentor Soterrado de Carga Traseira



Fonte: Contemar Ambiental, 2017

Considerando custo de investimento, a instalação de um contentor soterrado abrange basicamente três custos: custo do contêiner, a sua instalação - obra civil - e a adaptação do caminhão de coleta. De acordo com as informações cedidas pela empresa SOTKON o custo do contêiner é de R\$33.000,00 por módulo unitário, ou seja, por boca, custo de adaptação do caminhão de coleta com o “Munck” é de aproximadamente R\$ 100.000,00 e o custo da instalação é variável, pois depende da empreiteira que realizará a obra civil. No caso de Paulínia, primeira cidade do Brasil a ter esse dispositivo implantado, o custo de implantação foi de aproximadamente de 1 milhão de reais para 25 jogos de lixeiras de duas bocas

(cada boca com capacidade de aproximadamente 3 m³), ou seja, para cada boca o custo de implantação foi de aproximadamente 20 mil reais (CORPUS Saneamento e Obras Ltda., 2012).

Outro tipo de contentor soterrado é o Sidetainer, que possui um sistema de coleta realizado por carga lateral e capacidades de 3,2 m³ e 4 m³, com custos máximos de até R\$ 70.000,00 (Infraestrutura Urbana – Pini, 2016). O material do contêiner subterrâneo é de metal e os contentores de descartes que ficam na superfície são fabricados em aço galvanizado, com pintura antipichação e antiferrugem, e durabilidade de até 10 anos (Loga, 2017).

A **Figura 2.11** mostra um exemplo de contentor Sidetainer e a **Figura 2.12** o passo a passo da coleta do contentor Sidetainer realizado por caminhão de coleta mecanizada de carga lateral.

Figura 2.11: Sistema Subterrâneo Sidetainer



Fonte: Loga, 2017

Figura 2.12: Coleta realizado por caminhão de carga lateral



Fonte: Loga, 2017 (Local implantado Faria Lima, São Paulo).

A **Tabela 2.1** apresenta as características dos diferentes dispositivos de acondicionamento e coleta de RSU, assim como as vantagens e desvantagens de cada um deles.

Tabela 2.1: Características dos Dispositivos

Dispositivos	Capacidade	Custo Unitário [R\$]	Fonte	Vantagens	Desvantagens
Saco plástico	0,020 m ³	R\$ 0,19	Supermercados (exemplo: Extra)	Facilitam o acondicionamento e manuseio dos resíduos orgânicos	Utilizam matéria prima não degradável em sua composição
				Maior adesão por parte da população	Não promove mudança de hábitos necessários para o sucesso a longo prazo

Sacola Compostável e biodegradável	0,007 m³	R\$ 0,20	Eco Vio	Facilitam o acondicionamento e manuseio dos resíduos orgânicos	É distribuída, não disponível para compra
				Utilizam matéria prima degradável em sua composição	
				Maior adesão por parte da população	Não promove mudança de hábitos necessários para o sucesso, a longo prazo
				São biodegradáveis	
Contêineres	0,24 m³	R\$ 300,00	Aliança Público Privadas, 2012 (Adaptado)	Permite separação e acondicionamento de resíduos nas áreas interna e externa às residências	Requer controle de utilização e proteção contra furtos
	0,34 m³	R\$ 557,60			
	0,66 m³	R\$ 1.240,00		Facilita a coleta	Requer manutenção e higienização
	1 m³	R\$ 2.000,00			
	2,4 m³	R\$ 4.830,00	Procemba, 2013	Evita risco de espalhamento de resíduos	Atrai vandalismo
	3,2 m³	R\$ 5.105,00			
Contentor Soterrado	1 m³	R\$ 33.000,00	SOTKON, 2017	Evita exposição visual dos resíduos	Atrai vandalismo
	3,2 m³	R\$ 60.133,33	PINI, 2016 (Adaptado)	Dificulta a proliferação de vetores	Requer manutenção e higienização

	4 m ³	R\$ 70.000,00		Dificulta o acesso dos trabalhadores informais	Tem alto custo de implantação inicial
--	------------------	------------------	--	--	---------------------------------------

Fonte: Autoria própria

2.2 Dispositivos de Coleta

2.2.1 Caminhão convencional sem Compactador e com Compactador

O caminhão de coleta convencional pode ser com ou sem compactação, ambos diferem apenas pela instalação do compactador no caminhão

O recolhimento de resíduos orgânicos é normalmente realizado por caminhão compactador. Este veículo permite a redução do volume dos resíduos no momento da coleta, mediante mecanismo de compactação. Porém, não se deve utilizar este caminhão para coletar os recicláveis. Isso porque a compactação dos materiais secos pode inviabilizar o processo posterior, a triagem.

A **Figura 2.13** ilustra um tipo de caminhão compactador.

Figura 2.13: Caminhão compactador.



Fonte: DAMAEQ, 2017

Os dados das dimensões do caminhão compactador foram obtidos por meio de informações cedidas pela empresa DAMAEQ. Existe, atualmente, no mercado três dimensões principais para a capacidade de carga do caminhão compactador, cujas características técnicas e informações estão apresentadas na **Tabela 2.2**. O custo do caminhão de coleta sem compactador, com capacidade de armazenamento de 19 m³ pode chegar a 215 mil reais (SAE, 2016) e coletor com compactador a 299,4 mil reais (SAE,2016).

Tabela 2.2: Informações do caminhão compactador, por capacidade de carga

Características Técnicas	15 m ³	19 m ³	21 m ³
Taxa de compactação	5:1		
Volume de lixo solto	75 m ³	95 m ³	105 m ³
Volume de lixo compactado	15 m ³	19 m ³	21 m ³

Peso total do equipamento de carga	6000 kg	6400 kg	7000 kg
Largura da boca de carga	2160 mm		
Altura da boca de carga referente ao solo	500 mm		
Caixa de chorume	180 L		

Fonte: DAMAEQ, 2017

2.2.2 Caminhão de Coleta Mecanizada

O caminhão utilizado na maioria dos casos para a retirada de resíduos dos PEVs é o de coleta mecanizada de carga traseira, que dispõe de um equipamento que possibilita o engate do contêiner, tornando a operação mais rápida, higiênica, segura e eficiente.

A **Figura 2.14** ilustra esse tipo de caminhão.

Figura 2.14: Caminhão de coleta mecanizada em operação



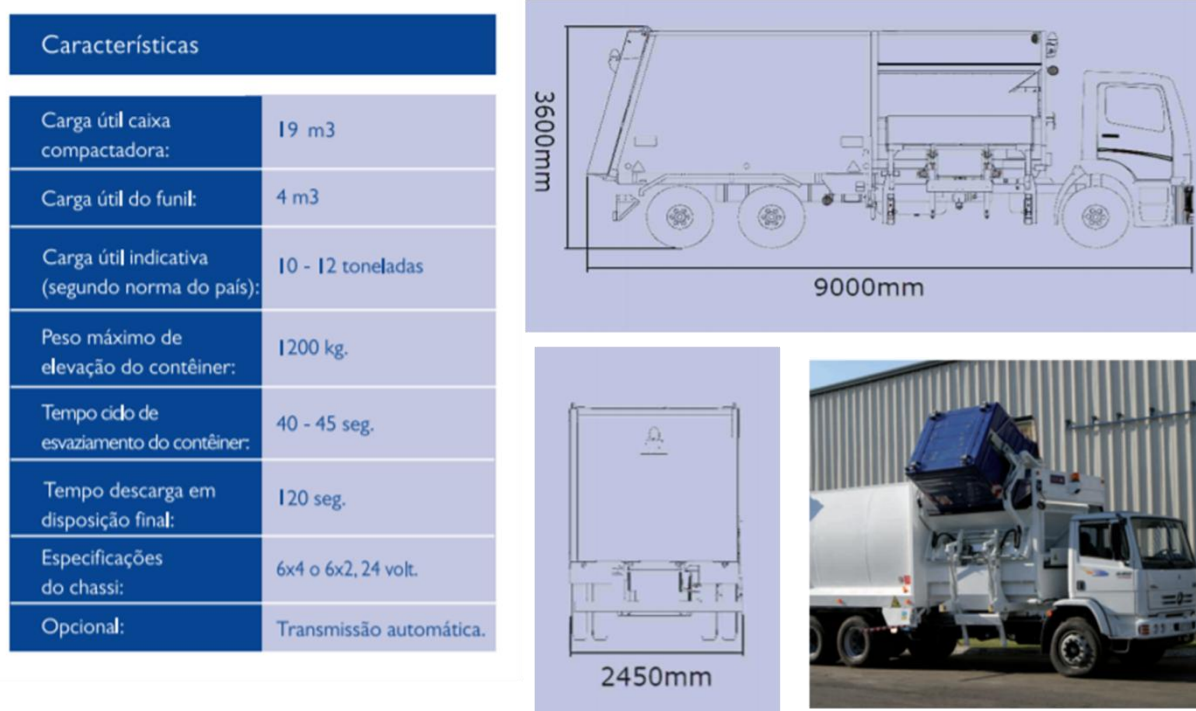
Fonte: Contemar Ambiental, 2017

Este caminhão possui vantagens que abrangem desde os ganhos econômicos até a questão de saúde e segurança dos trabalhadores. Isso porque o caminhão de coleta mecanizada reduz o número de operários, diminui o risco de acidentes de trabalho e reduz o consumo de combustível. O custo é de aproximadamente 300 mil reais (Cosesul, 2017).

2.2.3 Caminhão de Coleta Mecanizada de Carga Lateral

O caminhão de coleta adaptado com equipamento de carga lateral pode ser utilizado tanto para contêineres como para as lixeiras subterrâneas, compõe-se de um sistema automático de elevação de contêineres, um funil de recepção dos resíduos e uma caixa de compactação. O ciclo de elevação, de esvaziamento e de depósito do contêiner no solo é realizado pelo operador utilizando um teclado com comando joystick (THEMAC,2012). A **Figura 2.15** apresenta as características do caminhão de coleta lateral.

Figura 2.15: Características caminhão de coleta lateral



Fonte: THEMAC, 2011

O custo desse caminhão pode chegar a mais de R\$ 750.000,00, sendo aproximadamente R\$ 215.000,00 o custo do chassi e R\$ 545.200,00 o custo do equipamento de compactação de carga lateral.

2.2.4 Caminhão Munck

O caminhão Munck é geralmente utilizado para contentores subterrâneos, possibilitando a movimentação desses contentores por meio de guindaste acoplado.

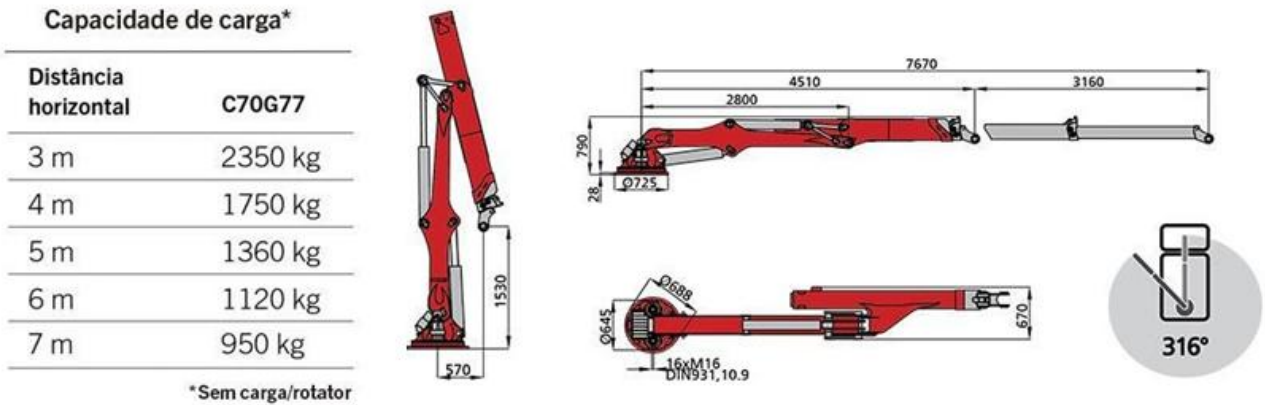
A **Figura 2.16** ilustra o caminhão Munck e a **Figura 2.17** apresenta informações técnicas desse tipo de veículo.

Figura 2.16: Caminhão Munck em operação



Fonte: PALFINGER, 2017

Figura 2.17: Informações técnicas do caminhão Munck

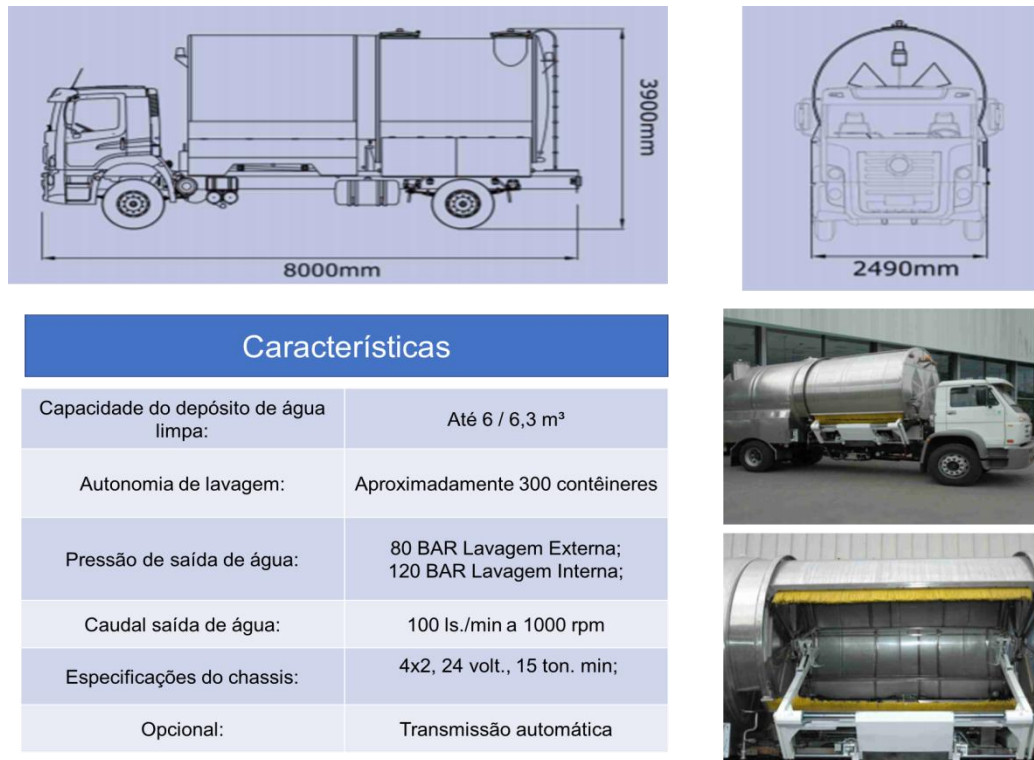


Fonte: PALFINGER, 2017

2.2.5 Caminhão equipado com Lavadora de Contentores

O caminhão adaptado com lavadora de contentores (contêineres e lixeiras subterrâneas) realiza a lavagem e a higienização interna e externa dos contentores. Esse caminhão possui um braço mecânico para a movimentação contêiner e o contêiner é lavado em uma câmara vedada, com sistema de injeção de água de alta pressão. O ciclo de elevação e depósito no solo é realizado pelo operador utilizando um teclado com comando de joystick e o tempo de operação “Stop&Go” é de aproximadamente 60 segundos. (THEMAC,2011). A **Figura 2.18** apresenta as características de um caminhão “lavacontêiner”.

Figura 2.18: Caminhão LavaContêiner



Fonte: THEMAC, 2011.

O custo do veículo equipado com lavadora de contêiner é de aproximadamente R\$748.902,00, sendo R\$191.602,00 o custo unitário do chassi e R\$ 557.300,00 o custo unitário do equipamento de lavagem.

A **Tabela 2.3** apresenta os custos dos caminhões de coleta, que serão utilizados posteriormente.

Tabela 2.3: Custos estimados dos caminhões de coleta

Tipo		Dispositivos Atendido (s)	Custo	Fonte
Convencional	Sem Compactador	Sacolas plásticas, Contêineres de pequenos volumes;	R\$ 215.000,00	SAE, 2016
	Com Compactador	Sacolas plásticas, Contêineres de pequenos volumes;	R\$ 299.400,00	SAE, 2016
Mecanizado	Coleta traseira Sem compactador	Contêineres (Geralmente com capacidades de 0,24m ³ /0,34m ³ /0,66m ³ /1m ³)	R\$ 300.000,00	CONESUL, 2017
	Coleta lateral Sem Compactador	Contêineres (Geralmente com capacidades de 2,4m ³ e 3,2m ³)	R\$ 660.200,00	Procemba, 2013 SAE,2016 (Adaptado)
		Contentores subterrâneos do tipo Sidetainer (capacidades de 3,2 m ³ e 4 m ³)		
	Coleta lateral Com Compactador	Contêineres (Geralmente com capacidades de 0,24m ³ /0,34m ³ /0,66m ³ /1m ³)	R\$ 760.200,00	Procemba, 2013 SAE,2016 (Adaptado)
Contentores subterrâneos do tipo Sidetainer (capacidades de 3,2 m ³ e 4 m ³)				
Munck	Sem compactador	Contentores subterrâneos (normalmente de 1m ³)	R\$ 315.000,00	Sotkon,2017 SAE,2016 (Adaptado)
	Com compactador	Contentores subterrâneos (normalmente de 1m ³)	R\$ 399.400,00	
Caminhão de limpeza	-	Contêineres e contentores subterrâneos	R\$ 748.902,00	Procemba, 2013

Fonte: autoria própria

3. CARACTERIZAÇÃO DOS INDICADORES SELECIONADOS

Neste trabalho os indicadores considerados envolveram os seguintes aspectos: econômico, ambiental, técnico e social, os quais serão descritos na sequência.

Aos indicadores foram atribuídos pesos, com base na experiência de profissionais que atuam ou já atuaram na área de Resíduos Sólidos Urbanos. Essa experiência foi coletada por meio de um questionário pré-elaborado e encaminhado eletronicamente para 1930 profissionais, dos quais obtivemos resposta de 110 (5,7%). Portanto, a amostra para a ponderação das notas atribuídas aos indicadores foi de 110 participantes. Entre os que contribuíram com o preenchimento do formulário estão profissionais com diversas formações e campos de atuação, nas áreas de meio

ambiente, consultoria ambiental, limpeza urbana, saneamento, energia, engenharia de produção, química, geologia, segurança do trabalho, arquitetura e urbanismo, bancos, direito, educação ambiental, áreas contaminadas, professores e pesquisadores universitários, além de profissionais de secretarias e departamentos do meio ambiente estaduais e municipais e Cetesb.

A seguir, apresentamos os critérios utilizados com uma descrição sucinta de cada um deles.

3.1. Aspecto Econômico

3.1.1 *Capital Expenditures*

O *Capital Expenditures* (CAPEX), ou despesas de capital, corresponde às despesas relacionados aos investimentos feitos para aquisição de bens de capital ou melhorias de processo, dentro de uma organização. Gastos associados a “uma modificação, ampliação, melhoria, inovação das instalações e/ou processos da empresa” são CAPEX (WALTER, 2016).

No caso particular do presente trabalho, o CAPEX corresponde aos gastos na aquisição dos dispositivos de acondicionamento e coleta e da construção de infraestrutura extra para a operação do dispositivo, caso seja necessária.

3.1.2 *Operational Expenditures*

O *Operational Expenditures* (OPEX), ou despesas operacionais, correspondem aos gastos necessários para manter a produção e a manutenção, dentro de uma empresa. São os custos associados à “manutenção dos equipamentos, gastos de consumíveis e outras despesas operacionais” (LIMA, 2013).

No presente trabalho, o OPEX corresponde a todos os gastos necessários para o funcionamento dos dispositivos de armazenamento externo e coleta, como por exemplo: a própria operação de coleta feita pelos caminhões e a manutenção dos dispositivos.

3.2. Aspecto Ambiental

3.2.1. Facilidade na Segregação

A facilidade na segregação dos resíduos em orgânicos e recicláveis é outro critério adotado. Para sua mensuração, iremos considerar um cenário ideal em que toda a população fará a separação dos resíduos em orgânicos e não orgânicos. A eficiência será então relacionada à maior ou menor facilidade que cada dispositivo proporciona ao usuário para separar o resíduo. Dispositivos que induzam mais fortemente o usuário a colocar cada tipo de resíduo no compartimento certo (caso o dispositivo conte com mais de um compartimento) terão maiores notas. Dispositivos que não contam com compartimentos diferentes para cada tipo de resíduo terão a menor pontuação.

3.2.2. Emissão de poluentes no transporte

A emissão de poluentes no transporte, ou seja, na coleta dos RSU, também foi adotado como indicador e será mensurado indiretamente pela distância percorrida pelo caminhão para passar em todos os pontos de coleta, para cada um dos diferentes cenários. Comparando-se as distâncias, será possível concluir qual cenário permite um menor percurso, que corresponde à menor emissão de gases poluentes.

3.3. Aspecto Técnico

3.3.1 Infraestrutura

O indicador Infraestrutura, dentro do aspecto técnico, refere-se à necessidade de modificação da área local para instalação do dispositivo, ou seja, se é necessária a realização de obras como recuo de calçadas ou obras subterrâneas

Assim, dispositivos e cenários que necessitem de menor mudanças estruturais terão classificação melhor.

3.3.2 Dimensão espacial

Este indicador corresponde unicamente ao espaço requerido para a instalação do dispositivo. Dado que a questão espacial é um fator crítico nas grandes cidades, será atribuída a melhor pontuação para o cenário cujos dispositivos ocupem a menor área possível, o que significa que tais dispositivos teriam a menor interferência possível na circulação de pessoas.

3.3.3 Eficiência na coleta

A eficiência na coleta corresponde ao tempo requerido para a atividade. Assim, cenários com dispositivos que necessitem do menor tempo para coletar os resíduos na área de estudo terão classificação melhor, assim como os que utilizam menos mão de obra.

3.4. Aspecto Social

3.4.1. Segurança no trabalho

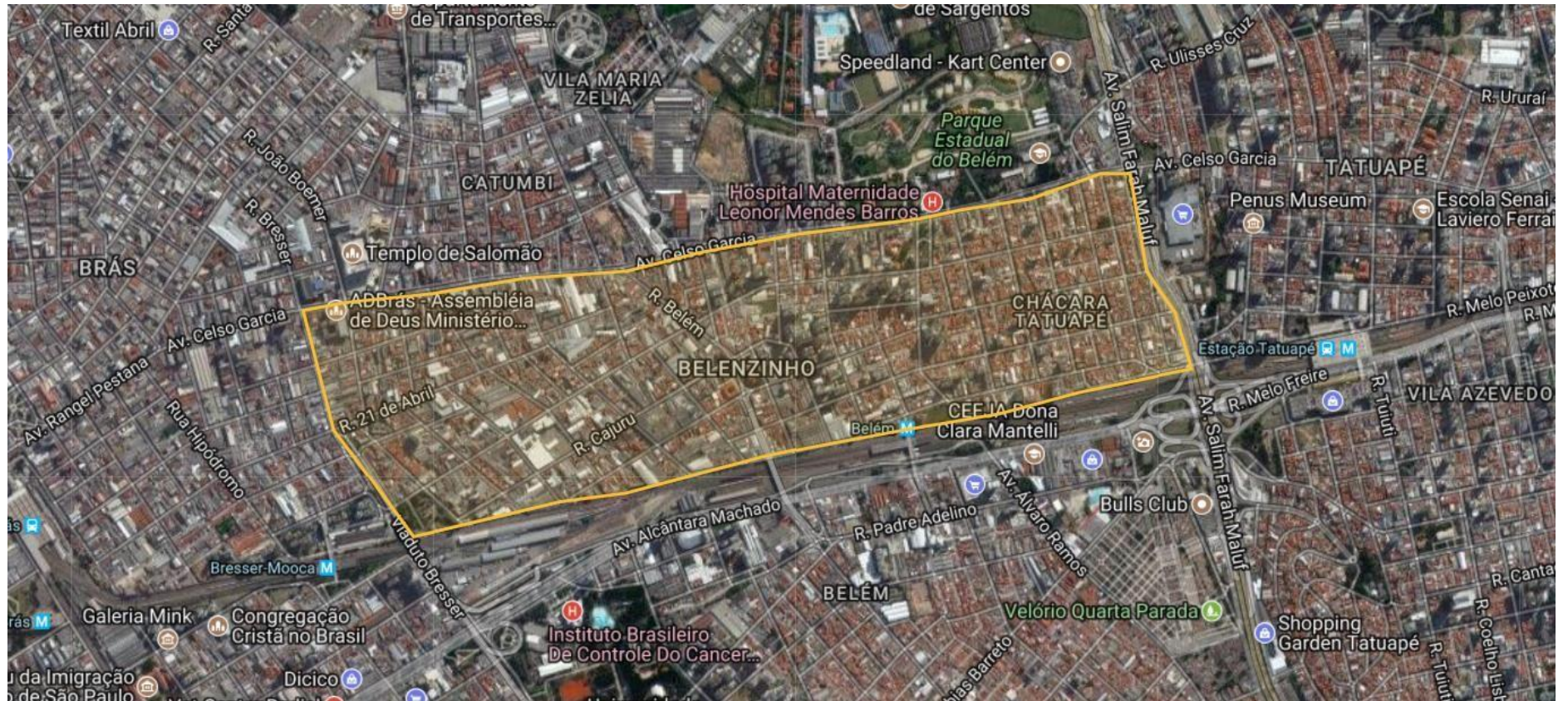
O critério Segurança no trabalho corresponde ao nível de segurança assegurado aos trabalhadores empregados na coleta, sendo empregados dois tipos de coleta, manual e mecanizado, assim, o cenário que apresentar a coleta do tipo mecanizado (maior segurança), será melhor classificado.

3.4.2. Vandalismo

Cenários cujos dispositivos estejam menos sujeitos a atos de vandalismo, como depredação e furto, terão melhor classificação, uma vez que tais atos levam à necessidade de reposição dos dispositivos, representando gasto extra, que poderia ser evitado, se a escolha do cenário/dispositivo for adequada.

3.4.3. Geração de empregos

Figura 4.2: Delimitação da Área de Estudo



Fonte: Imagem aérea do Google Maps, 2017

Tabela 4.1: Identificação e endereço das Edificações Multifamiliares

Edificações Residenciais Multifamiliares		
Referência	Logradouro	Condomínio
1	Rua Passos, 82	Edifício Vera
2	Rua Passos, 249	Condomínio Jardim Dampezzo
3	Rua Cajuru, 1183	Condomínio Evidence
4	Rua Júlio de Castilhos, 925	Condomínio Legítimo Belém
5	Rua Dr. Clementino, 456	Conjunto Fontana Di Trevi
6	Rua Dr. Clementino, 320	Condomínio Collori
7	Rua Prof. Rodolfo São Tiago, 45	Conjunto Residencial Jardins Di Napoli
8	Rua Prof. Rodolfo São Tiago, 157	Lumina Parque Club
9	Av. Álvaro Ramos, 120	Condomínio Edifício Manoel Costa
10	Av. Álvaro Ramos, 86	Edifício Panorama
11	Av. Álvaro Ramos, 30	Condomínio Edifício Europa
12	Rua Conselheiro Cotegipe, 227	Condomínio Cotegipe

Fonte: Tierno, 2017

4.4 Estimativa populacional

Para a estimativa populacional, em um horizonte de 20 anos, foram utilizados os dados da Fundação SEADE (Portal de Estatísticas do Estado de São Paulo, 2017), cuja metodologia utilizada foi a dos componentes demográficos, que é um processo analítico e adota os números de fecundidade, mortalidade e migração no crescimento populacional.

A **Tabela 4.2** e o **Gráfico 4.1** apresentam a projeção populacional do município de São Paulo e da área de estudo. Os dados preenchidos em azul são as projeções da fundação SEADE, já os preenchidos em laranja foram calculados pela interpolação desses dados.

Para estimar a população da área de estudo, foi calculada a densidade demográfica média do município de São Paulo (População total da cidade de São Paulo/ Área total da cidade de São Paulo (1.521 km², IBGE 2013)) e multiplicou-se pela área de estudo (1,74 km², obtido a partir do Google Maps, 2017), considerando que todo o município tivesse a mesma densidade demográfica (consideração que se aproxima da realidade).

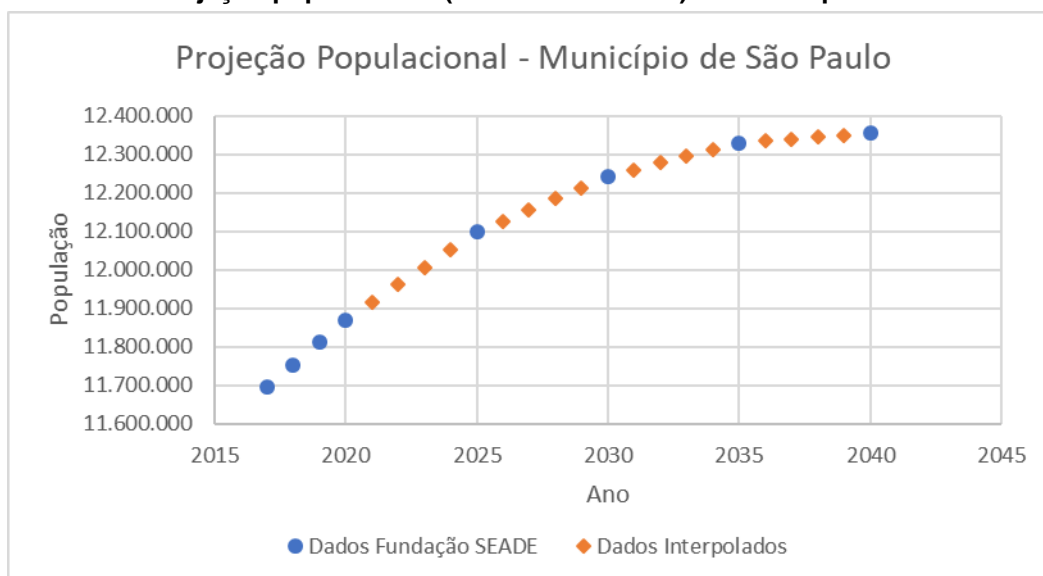
Apesar de existir vários galpões industriais, armazéns, sendo alguns deles em estado de abandono, por ser uma região em processo de desenvolvimento, como foi falado anteriormente, não será descontado a ausência de pessoas nessas áreas.

Tabela 4.2: Projeção populacional da área de estudo, horizonte de 20 anos.

Dados Fundação SEADE		Densidade Demográfica (População / Área total Município São Paulo) (hab./km ²)	População área de estudo (Calculada)
ANO	População município São Paulo		
2017	11.696.088	7.689,18	13.387
2018	11.753.659	7.727,03	13.453
2019	11.811.516	7.765,06	13.519
2020	11.869.660	7.803,29	13.585
2021	11.915.200	7.833,23	13.638
2022	11.960.740	7.863,17	13.690
2023	12.006.280	7.893,10	13.742
2024	12.051.820	7.923,04	13.794
2025	12.097.360	7.952,98	13.846
2026	12.126.482	7.972,13	13.879
2027	12.155.604	7.991,27	13.913
2028	12.184.727	8.010,42	13.946
2029	12.213.849	8.029,56	13.979
2030	12.242.971	8.048,71	14.013
2031	12.260.441	8.060,19	14.033
2032	12.277.911	8.071,68	14.053
2033	12.295.382	8.083,16	14.073
2034	12.312.852	8.094,65	14.093
2035	12.330.322	8.106,13	14.113
2036	12.335.197	8.109,34	14.118
2037	12.340.072	8.112,54	14.124
2038	12.344.947	8.115,75	14.129
2039	12.349.822	8.118,95	14.135
2040	12.354.697	8.122,16	14.141

Fonte: Fundação SEADE, 2017, adaptada pelo autor

Gráfico 4.1 – Projeção populacional (horizonte 20 anos) do município de São Paulo



Fonte: Autoria própria

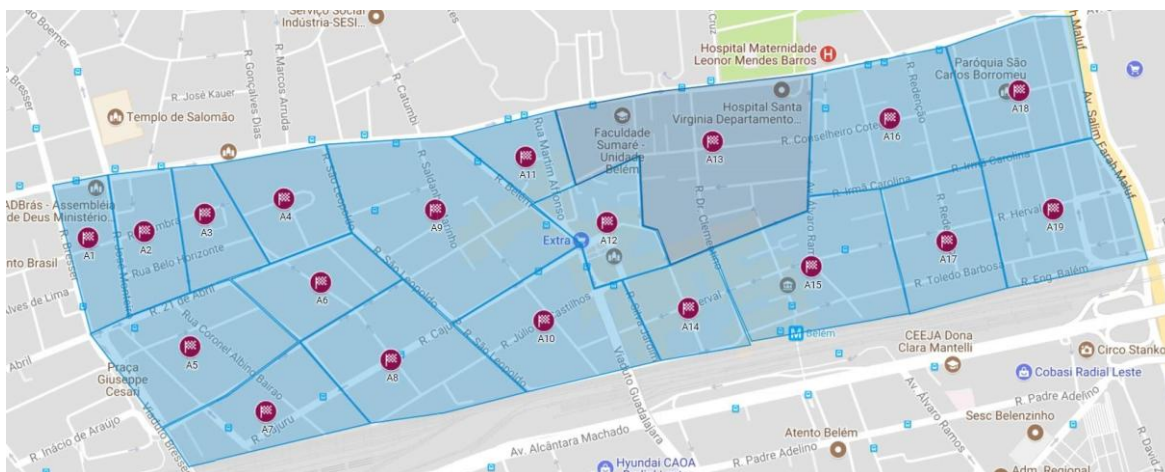
Foi estimada também a população das edificações residenciais multifamiliares, a partir dos dados fornecidos pela dissertação de Ricardo Tierno (número de moradores por edificações e a área ocupada por cada edificação), sendo utilizada a mesma projeção populacional acima para estimar a projeção populacional das edificações num horizonte de 20 anos. A partir das áreas fornecidas pela tese do Ricardo Tierno foi possível separar a subárea (A13), onde se encontra a maioria das edificações, em área de edificações e áreas sem edificações (utilizando a densidade demográfica acima para estimar a população da subárea). As áreas e perímetros da divisão do objeto de estudo se encontram na **Tabela 4.3**. A divisão espacial das subáreas encontra-se na **Figura 4.5**.

Tabela 4.3: Características das subáreas da área de estudo

Referência	Perímetro (km)	Área (ha)	Área (km ²)
A1	0,996	4,59	0,05
A2	1,01	5,49	0,05
A3	0,927	4,68	0,05
A4	1,04	6,57	0,07
A5	1,32	10,5	0,11
A6	1,04	5,96	0,06
A7	1,27	7,8	0,08
A8	1,4	11,2	0,11
A9	1,7	17,3	0,17
A10	1,4	10,6	0,11
A11	0,851	4,02	0,04
A12	1,09	5,77	0,06
A13	2,06	19,8	0,20
A14	0,96	5,48	0,05
A15	1,48	12,9	0,13
A16	1,4	12,3	0,12
A17	1,17	8,44	0,08
A18	1,24	9,87	0,10
A19	1,32	11,1	0,11
Área Total (km²)		1,74	

Fonte: Autoria própria

Figura 4.5: Divisão do objeto de estudo em subáreas



Fonte: Adaptado do Google Maps, 2017

A **Tabela 4.4** apresenta as características das edificações residenciais multifamiliares e as estimativas populacionais.

Tabela 4.4: Características das edificações residenciais multifamiliares

Edificações Residenciais Multifamiliares					
Referência	Condomínio	Moradores	Área útil (m ²)	Área útil (km ²)	Sub área
1	Edifício Vera	520	226	0,000226	A13
2	Condomínio Jardim Dampazzo	612	498	0,000498	A13
3	Condomínio Evidence	720	333	0,000333	A13
4	Condomínio Legítimo Belém	544	174	0,000174	A13
6	Condomínio Collori	1144	374	0,000374	A13
7	Conjunto Residencial Jardins Di Napoli	456	156	0,000156	A13
8	Lumina Parque Club	1824	492	0,000492	A13
9	Condomínio Edifício Manoel Costa	108	100	0,0001	A13
10	Edifício Panorama	320	114	0,000114	A13
11	Condomínio Edifício Europa	360	102	0,000102	A13
12	Condomínio Cotegipe	756	139	0,000139	A13
Total		7364	2708	0,002708	-

Fonte: Tierno, 2017

Dentro da área de estudo, fez-se uma subdivisão em subáreas para facilitar o dimensionamento dos dispositivos de acondicionamento. Dentre as subáreas, foi criada uma subárea denominada A13 que concentra a maioria das edificações residenciais multifamiliares. Tal divisão possibilitou fazer uma análise mais detalhada dessa subárea, uma vez que esta tem características muito diferentes das outras, no que diz respeito à densidade demográfica.

A **Tabela 4.5** apresenta a área da subárea A13 sem as edificações e a área total com edificações.

Tabela 4.5: Divisão da subárea A13

Sub área	Área sem edificações (km ²)	Área de edificações (km ²)
A13	0,195292	0,002708

Fonte: Autoria própria

Também foi estimada a população para cada subárea considerada. O resultado está apresentado na **Tabela 4.6**.

Tabela 4.6: Estimativa populacional nas subáreas, horizonte de 20 anos

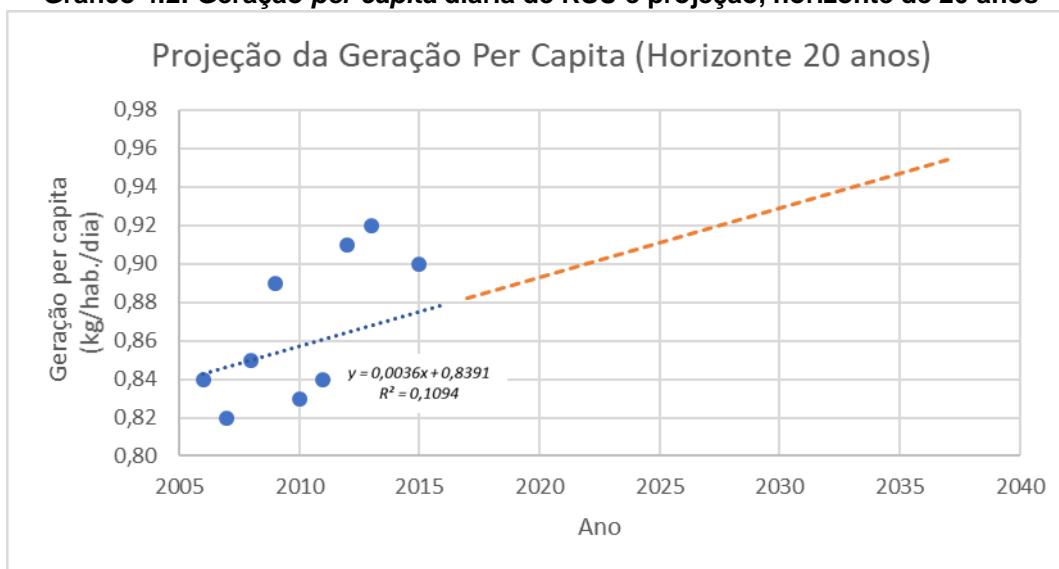
Ano	Densidade demográfica (hab/km²)	A1 (km²)	A2 (km²)	A3 (km²)	A4 (km²)	A5 (km²)	A6 (km²)	A7 (km²)	A8 (km²)	A9 (km²)	A10 (km²)	A11 (km²)	A12 (km²)	A13 (km²)	A13 (Edificações)	A14 (km²)	A15 (km²)	A16 (km²)	A17 (km²)	A18 (km²)	A19 (km²)	Tota (km²)	
		0,046	0,055	0,047	0,066	0,105	0,060	0,078	0,112	0,173	0,106	0,040	0,058	0,195		0,055	0,129	0,123	0,084	0,099	0,111	1,74	
2017	7.689	353	422	360	505	807	458	600	861	1.330	815	309	444	1.502	7.364	421	992	946	649	759	853	20.751	hab.
2018	7.727	355	424	362	508	811	461	603	865	1.337	819	311	446	1.509	7.400	423	997	950	652	763	858	20.859	hab.
2019	7.765	356	426	363	510	815	463	606	870	1.343	823	312	448	1.516	7.436	426	1.002	955	655	766	862	20.955	hab.
2020	7.803	358	428	365	513	819	465	609	874	1.350	827	314	450	1.524	7.473	428	1.007	960	659	770	866	21.058	hab.
2021	7.833	360	430	367	515	822	467	611	877	1.355	830	315	452	1.530	7.501	429	1.010	963	661	773	869	21.139	hab.
2022	7.863	361	432	368	517	826	469	613	881	1.360	833	316	454	1.536	7.530	431	1.014	967	664	776	873	21.220	hab.
2023	7.893	362	433	369	519	829	470	616	884	1.366	837	317	455	1.541	7.558	433	1.018	971	666	779	876	21.300	hab.
2024	7.923	364	435	371	521	832	472	618	887	1.371	840	319	457	1.547	7.587	434	1.022	975	669	782	879	21.381	hab.
2025	7.953	365	437	372	523	835	474	620	891	1.376	843	320	459	1.553	7.616	436	1.026	978	671	785	883	21.462	hab.
2026	7.972	366	438	373	524	837	475	622	893	1.379	845	320	460	1.557	7.634	437	1.028	981	673	787	885	21.513	hab.
2027	7.991	367	439	374	525	839	476	623	895	1.382	847	321	461	1.561	7.652	438	1.031	983	674	789	887	21.565	hab.
2028	8.010	368	440	375	526	841	477	625	897	1.386	849	322	462	1.564	7.670	439	1.033	985	676	791	889	21.616	hab.
2029	8.030	369	441	376	528	843	479	626	899	1.389	851	323	463	1.568	7.689	440	1.036	988	678	793	891	21.668	hab.
2030	8.049	369	442	377	529	845	480	628	901	1.392	853	324	464	1.572	7.707	441	1.038	990	679	794	893	21.720	hab.
2031	8.060	370	443	377	530	846	480	629	903	1.394	854	324	465	1.574	7.718	442	1.040	991	680	796	895	21.751	hab.
2032	8.072	370	443	378	530	848	481	630	904	1.396	856	324	466	1.576	7.729	442	1.041	993	681	797	896	21.782	hab.
2033	8.083	371	444	378	531	849	482	630	905	1.398	857	325	466	1.579	7.740	443	1.043	994	682	798	897	21.813	hab.
2034	8.095	372	444	379	532	850	482	631	907	1.400	858	325	467	1.581	7.751	444	1.044	996	683	799	899	21.844	hab.
2035	8.106	372	445	379	533	851	483	632	908	1.402	859	326	468	1.583	7.762	444	1.046	997	684	800	900	21.875	hab.
2036	8.109	372	445	380	533	851	483	633	908	1.403	860	326	468	1.584	7.765	444	1.046	997	684	800	900	21.883	hab.
2037	8.113	372	445	380	533	852	484	633	909	1.403	860	326	468	1.584	7.768	445	1.047	998	685	801	900	21.892	hab.
2038	8.116	373	446	380	533	852	484	633	909	1.404	860	326	468	1.585	7.771	445	1.047	998	685	801	901	21.901	hab.
2039	8.119	373	446	380	533	852	484	633	909	1.405	861	326	468	1.586	7.774	445	1.047	999	685	801	901	21.909	hab.
2040	8.122	373	446	380	534	853	484	634	910	1.405	861	327	469	1.586	7.777	445	1.048	999	686	802	902	21.918	hab.

Fonte: Autoria própria

4.5 Estimativas de geração de resíduos sólidos urbanos

Para a estimativa de geração de resíduos sólidos urbanos, foram utilizados dados de geração total de RSU do município de São Paulo entre 2006 e 2016, do estudo de Braga, Ribeiro e Günther (2017) e da população total do município no mesmo período, coletado na página da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE). Fez-se, então, o cálculo da geração *per capita* diária para este período e, a partir disso, a projeção da mesma para o horizonte de 20 anos do projeto. O **Gráfico 4.2** mostra a curva de variação da geração *per capita* diária entre 2006 e 2016 e a projeção para os próximos 20 anos, cujos dados estão apresentados nas **Tabelas 4.7 e 4.8**.

Gráfico 4.2: Geração *per capita* diária de RSU e projeção, horizonte de 20 anos



Fonte: Autoria própria

Apesar do valor do R-quadrado se apresentar muito baixo, sua utilização se deu devido aos seguintes fatores:

- Dificuldade de encontrar estudos confiáveis sobre como realizar uma boa projeção de geração de resíduos sólidos urbanos;

- Como pode-se observar na **Tabela 4.7**, os dados se apresentam muito variáveis, adotando assim, o método da linha de tendência (ferramenta Excel); A equação que apresentou o maior valor de R-quadrado foi a equação polinomial ($R^2=0,2117$), mesmo assim, representa um baixo valor de confiabilidade e também a equação indicava um declínio da geração de RSD. A fim de evitar um sub dimensionamento dos dispositivos, foi adotado a equação da linha de tendência linear, que apesar do baixo valor de R^2 , seus resultados se encontram dentro do limite aceitável se comparado com dados de geração de resíduos domiciliares de outras fontes (por exemplo, 1,23kg/hab/dia segundo o PGIRS do município de São Paulo, 2014).

Tabela 4.7: Geração total e geração *per capita* diária, período de 2006-2016

Ano	População	Geração de RSD (t/ano)	GERAÇÃO (kg/hab/dia)
2006	10.944.889	3.345.506,77	0,84
2007	11.019.484	3.315.734,46	0,82
2008	11.093.746	3.454.312,34	0,85
2009	11.168.194	3.627.798,35	0,89
2010	11.245.983	3.417.989,63	0,83
2011	11.312.351	3.479.114,43	0,84
2012	11.379.114	3.799.597,14	0,91
2013	11.446.275	3.831.455,19	0,92
2014	11.513.836	3.495.732,17	0,83
2015	11.581.798	3.800.496,39	0,9
2016	11.638.802	3.585.550,03	0,84

Fonte: Braga, Ribeiro e Gunther (2017) e SEADE (2017).

Tabela 4.8: Projeção da população e da geração *per capita* diária, horizonte de 20 anos

ANO	GERAÇÃO (kg/hab/dia)	ANO	GERAÇÃO (kg/hab/dia)
2006	0,84	2022	0,90
2007	0,82	2023	0,90
2008	0,85	2024	0,91
2009	0,89	2025	0,91
2010	0,83	2026	0,91
2011	0,84	2027	0,92
2012	0,91	2028	0,92
2013	0,92	2029	0,93
2014	0,83	2030	0,93
2015	0,90	2031	0,93
2016	0,84	2032	0,94
2017	0,88	2033	0,94
2018	0,89	2034	0,94
2019	0,89	2035	0,95
2020	0,89	2036	0,95
2021	0,90	2037	0,95

Fonte: Autoria própria

Admitindo-se que a geração *per capita* diária de RSU do bairro do Belenzinho segue o mesmo padrão da geração do município de São Paulo, podemos estimar a geração total diária de RSU para o horizonte de tempo do estudo. A **Tabela 4.9** mostra a estimativa populacional e de geração total diária de RSU do bairro do Belenzinho para os próximos 20 anos.

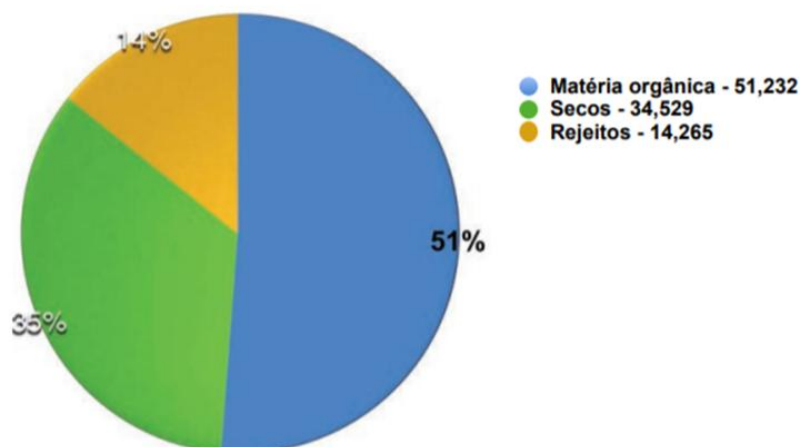
Tabela 4.9: Estimativa da geração total diária de RSU do Belenzinho, horizonte 20 anos

Ano	Geração (kg/hab*dia)	Geração (kg/dia)																				
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A13 (Edificações)	A14	A15	A16	A17	A18	A19	Geração Total
2017	0,88	311,39	372,45	317,50	445,72	712,34	404,34	529,16	759,83	1173,66	719,12	272,72	391,45	1324,89	6497,26	371,77	875,16	834,45	572,58	669,60	753,04	18308,43
2018	0,89	314,20	375,81	320,36	449,74	718,76	407,98	533,94	766,68	1184,25	725,61	275,18	394,98	1336,85	6555,72	375,13	883,05	841,98	577,75	675,64	759,84	18473,46
2019	0,89	317,03	379,20	323,25	453,79	725,24	411,66	538,75	773,59	1194,92	732,14	277,66	398,54	1348,89	6614,60	378,50	891,01	849,56	582,95	681,72	766,68	18639,68
2020	0,89	319,88	382,60	326,15	457,87	731,76	415,36	543,59	780,54	1205,66	738,73	280,16	402,12	1361,01	6673,91	381,91	899,02	857,20	588,19	687,85	773,57	18807,09
2021	0,90	322,40	385,62	328,73	461,48	737,53	418,63	547,88	786,69	1215,16	744,55	282,37	405,29	1371,74	6726,42	384,92	906,10	863,96	592,83	693,27	779,67	18955,24
2022	0,90	324,94	388,65	331,31	465,10	743,32	421,92	552,18	792,87	1224,70	750,40	284,58	408,47	1382,51	6779,14	387,94	913,22	870,74	597,49	698,72	785,79	19103,98
2023	0,90	327,48	391,69	333,90	468,74	749,13	425,22	556,50	799,07	1234,28	756,27	286,81	411,67	1393,33	6832,06	390,97	920,36	877,55	602,16	704,18	791,94	19253,30
2024	0,91	330,03	394,74	336,50	472,39	754,97	428,53	560,83	805,30	1243,90	762,16	289,04	414,87	1404,18	6885,19	394,02	927,53	884,39	606,85	709,67	798,11	19403,21
2025	0,91	332,59	397,80	339,11	476,06	760,83	431,86	565,19	811,55	1253,55	768,07	291,29	418,09	1415,08	6938,53	397,08	934,73	891,25	611,56	715,18	804,30	19553,69
2026	0,91	334,71	400,34	341,27	479,09	765,67	434,61	568,78	816,72	1261,53	772,96	293,14	420,75	1424,09	6982,67	399,61	940,68	896,93	615,45	719,73	809,42	19678,17
2027	0,92	336,83	402,88	343,44	482,13	770,53	437,37	572,39	821,90	1269,54	777,87	295,00	423,42	1433,13	7026,95	402,14	946,65	902,62	619,36	724,30	814,56	19803,02
2028	0,92	338,96	405,43	345,61	485,18	775,40	440,13	576,01	827,10	1277,57	782,79	296,87	426,10	1442,19	7071,36	404,69	952,64	908,33	623,28	728,88	819,71	19928,24
2029	0,93	341,10	407,98	347,79	488,24	780,29	442,91	579,65	832,31	1285,63	787,72	298,74	428,79	1451,29	7115,90	407,24	958,65	914,06	627,21	733,48	824,88	20053,84
2030	0,93	343,24	410,55	349,97	491,31	785,20	445,69	583,29	837,54	1293,70	792,67	300,62	431,48	1460,40	7160,57	409,80	964,67	919,80	631,15	738,08	830,06	20179,80
2031	0,93	345,06	412,72	351,83	493,92	789,36	448,06	586,38	841,99	1300,57	796,88	302,21	433,77	1468,15	7198,56	411,97	969,79	924,68	634,50	742,00	834,47	20286,89
2032	0,94	346,89	414,91	353,69	496,53	793,54	450,43	589,49	846,44	1307,45	801,10	303,81	436,07	1475,92	7236,62	414,15	974,92	929,57	637,85	745,93	838,88	20394,19
2033	0,94	348,72	417,10	355,56	499,15	797,72	452,80	592,59	850,90	1314,34	805,32	305,41	438,37	1483,70	7274,77	416,34	980,06	934,48	641,22	749,86	843,31	20501,72
2034	0,94	350,55	419,29	357,43	501,77	801,92	455,18	595,71	855,38	1321,25	809,55	307,02	440,67	1491,50	7313,00	418,52	985,21	939,39	644,59	753,80	847,74	20609,48
2035	0,95	352,39	421,48	359,30	504,40	806,12	457,57	598,83	859,86	1328,18	813,80	308,63	442,98	1499,32	7351,30	420,72	990,37	944,31	647,97	757,75	852,18	20717,45
2036	0,95	353,87	423,25	360,81	506,52	809,50	459,49	601,34	863,47	1333,75	817,21	309,92	444,84	1505,61	7382,16	422,48	994,53	948,27	650,69	760,93	855,76	20804,42
2037	0,95	355,35	425,02	362,32	508,64	812,89	461,41	603,86	867,08	1339,33	820,63	311,22	446,70	1511,91	7413,04	424,25	998,69	952,24	653,41	764,12	859,34	20891,45

Fonte: Autoria própria

Para a análise dos cenários, os resíduos sólidos domiciliares foram divididos em três frações (secos, rejeitos e orgânicos). Considerando a composição gravimétrica dos resíduos sólidos do município de São Paulo, conforme o **Gráfico 4.3**, 35% de resíduos secos, 51 % matéria orgânica e 14% de rejeitos (Amlurb,2012), os dados de coleta seletiva e a meta do Plano Integrado de Resíduos Sólidos do município de São Paulo foi possível realizar a divisão dos RSD da área de estudo.

Gráfico 4.3: Composição Gravimétrica dos RSD para o Município de São Paulo – 2012



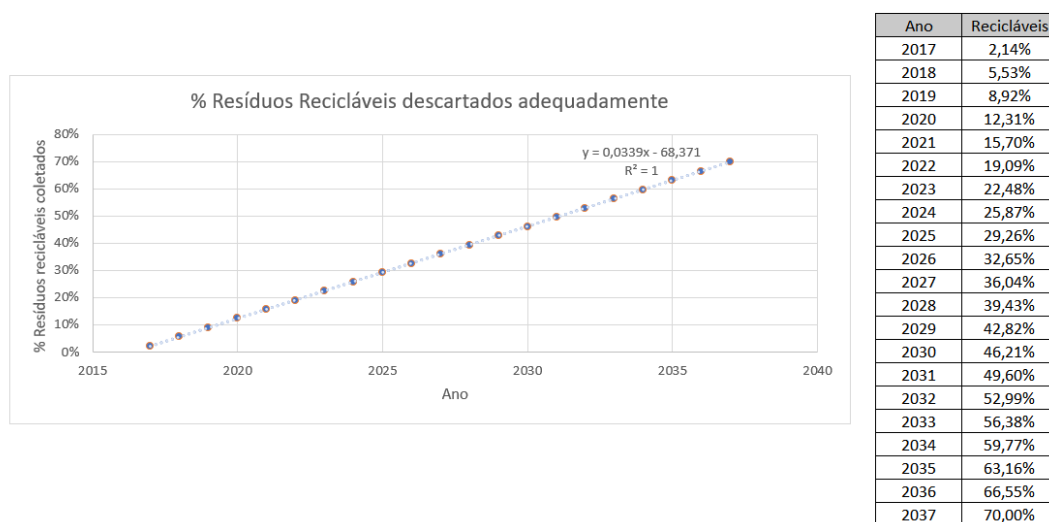
Fonte: Amlurb

Fonte: Amlurb, 2012

Para o início de plano foi adotado o valor de 2,14% do total de RSD que corresponde ao resíduo coletado pela coleta seletiva em 2017, valor estimado para o Bairro da Mooca, onde está contido a área de estudo, segundo Braga, Ribeiro e Günther (2017). Já para o final de horizonte do projeto foi adotado a meta do PGIRS, ou seja, 70% dos resíduos recicláveis serão descartados adequadamente. Mesmo sendo uma porcentagem muito alta de separação, o que não condiz com a realidade brasileira, a adoção desse valor se deu, pois está sendo considerado que os dispositivos implantados promoverão a separação e o descarte adequado, e também durante todo o horizonte de projeto serão criados programas de educação ambiental envolvendo toda a comunidade.

Do início ao final de horizonte, tem-se como hipótese que a porcentagem de resíduos recicláveis coletados crescerá linearmente, ou seja, o aumento da porcentagem de segregação dos resíduos ocorrerá de forma gradativa ao longo dos anos como se pode ver no **Gráfico 4.4**.

Gráfico 4.4: Porcentagem de resíduos recicláveis descartados adequadamente durante o plano de horizonte do plano



Fonte: Autoria própria

A **Tabela 4.10** apresenta a progressão da divisão dos RSD da área de estudo de acordo com a composição gravimétrica do município de São Paulo.

Tabela 4.10: Composição Gravimétrica dos RSD do município de São Paulo, para a área de estudo, por fração, no período de 2017 a 2025

Ano	Área de estudo	Composição Gravimétrica		
	Geração (kg/dia)	Secos (35%)	MO (51%)	Rejeitos (14%)
2017	18308,43	6321,72	9379,78	2611,70
2018	18473,46	6378,70	9464,32	2635,24
2019	18639,68	6436,09	9549,48	2658,95
2020	18807,09	6493,90	9635,25	2682,83
2021	18955,24	6545,06	9711,15	2703,97
2022	19103,98	6596,41	9787,35	2725,18
2023	19253,30	6647,97	9863,85	2746,48
2024	19403,21	6699,73	9940,65	2767,87
2025	19553,69	6751,69	10017,75	2789,33

2026	19678,17	6794,67	10081,52	2807,09
2027	19803,02	6837,78	10145,48	2824,90
2028	19928,24	6881,02	10209,64	2842,76
2029	20053,84	6924,39	10273,98	2860,68
2030	20179,80	6967,88	10338,52	2878,65
2031	20286,89	7004,86	10393,38	2893,92
2032	20394,19	7041,91	10448,35	2909,23
2033	20501,72	7079,04	10503,44	2924,57
2034	20609,48	7116,25	10558,65	2939,94
2035	20717,45	7153,53	10613,96	2955,34
2036	20804,42	7183,56	10658,52	2967,75
2037	20891,45	7213,61	10703,11	2980,17

Fonte: Autoria própria

Conhecendo a composição gravimétrica dos RSD e a porcentagem de coleta de resíduos recicláveis, foi possível estimar a porcentagem de coleta por frações da área de estudo, durante o horizonte do projeto.

$$\%Recicláveis = \frac{\% \text{ Resíduos Recicláveis Coletados} * \text{Geração de Resíduos Secos}}{\text{Geração Total}} * 100$$

$$\%Rejeitos = \frac{\% \text{ Geração de Rejeitos} + (100\% - \% \text{ Resíduos Recicláveis Coletados}) * \% \text{ Geração de Resíduos secos}}{\text{Geração Total}} * 100$$

$$\%MO = \frac{\text{Geração Total} - \text{Recicláveis} - \text{Rejeitos}}{\text{Geração Total}} * 100$$

Assim, temos, na **Tabela 4.11**:

Tabela 4.11: Geração de RSD da área de estudo, por fração, no período de 2017 a 2037.

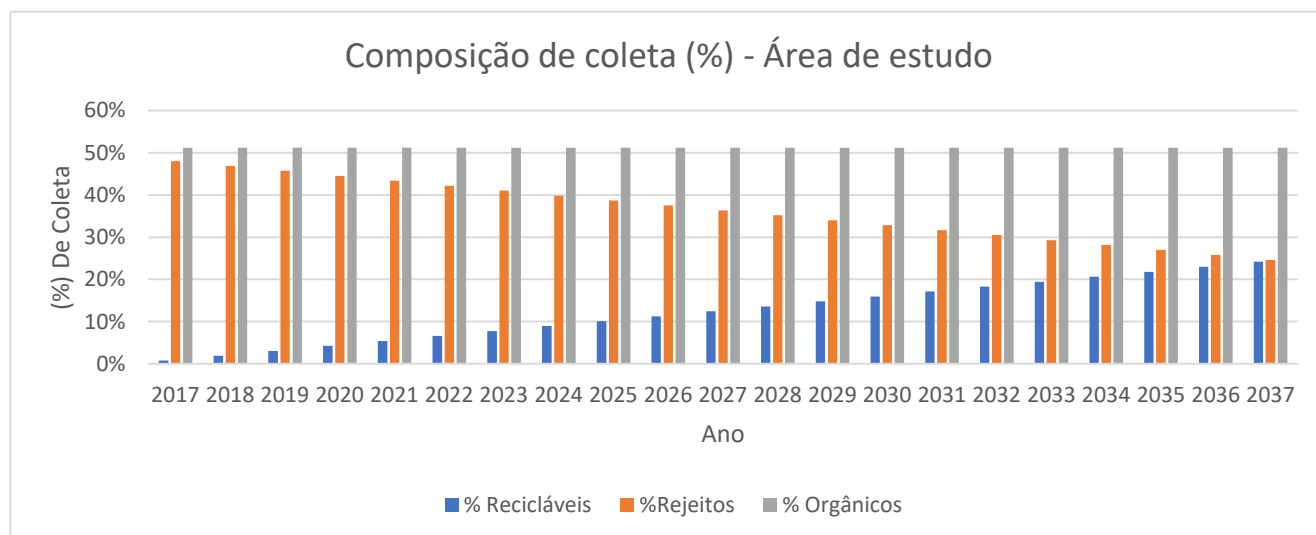
Composição de coleta (%)			
Ano	% Recicláveis	%Rejeitos	% Orgânicos
2017	0,74%	48,06%	51,21%
2018	1,91%	46,88%	51,21%
2019	3,08%	45,71%	51,21%
2020	4,25%	44,54%	51,21%
2021	5,42%	43,37%	51,21%
2022	6,59%	42,20%	51,21%
2023	7,76%	41,03%	51,21%
2024	8,93%	39,86%	51,21%
2025	10,10%	38,69%	51,21%
2026	11,27%	37,52%	51,21%
2027	12,44%	36,35%	51,21%
2028	13,61%	35,18%	51,21%
2029	14,79%	34,01%	51,21%
2030	15,96%	32,84%	51,21%
2031	17,13%	31,67%	51,21%
2032	18,30%	30,50%	51,21%
2033	19,47%	29,33%	51,21%
2034	20,64%	28,16%	51,21%

2035	21,81%	26,99%	51,21%
2036	22,98%	25,81%	51,21%
2037	24,17%	24,62%	51,21%

Fonte: Autoria própria

No **Gráfico 4.5**, a seguir, tem-se a composição de coleta das diferentes frações de resíduos durante o horizonte de 20 anos do projeto.

Gráfico 4.5: Composição de coleta de RSD durante o horizonte de projeto



Fonte: Autoria Própria

A partir dos dados apresentados, foi possível calcular o volume de coleta de resíduos domiciliares por fração, ou seja, a Geração total (Kg/dia) vezes o peso específico dos RSD sem compactação e vezes a porcentagem de coleta da fração correspondente, apresentado na **Tabela 4.12**.

Tabela 4.12: Volume de RSD por fração

Ano	Área de estudo	Peso específico RSD sem compactação: 250 kg/m ³ (IPT,2017)			
	Geração (kg/dia)	Volume (m ³ /dia)	Recicláveis (m ³ /dia)	Rejeito (m ³ /dia)	Orgânico (m ³ /dia)
2017	18308,43	73,23	0,54	35,19	37,50
2018	18473,46	73,89	1,41	34,64	37,84
2019	18639,68	74,56	2,30	34,08	38,18
2020	18807,09	75,23	3,20	33,51	38,52
2021	18955,24	75,82	4,11	32,89	38,82
2022	19103,98	76,42	5,04	32,25	39,13
2023	19253,30	77,01	5,98	31,60	39,44
2024	19403,21	77,61	6,93	30,94	39,74
2025	19553,69	78,21	7,90	30,26	40,05
2026	19678,17	78,71	8,87	29,53	40,31
2027	19803,02	79,21	9,86	28,79	40,56
2028	19928,24	79,71	10,85	28,04	40,82
2029	20053,84	80,22	11,86	27,28	41,08
2030	20179,80	80,72	12,88	26,51	41,33

2031	20286,89	81,15	13,90	25,70	41,55
2032	20394,19	81,58	14,93	24,88	41,77
2033	20501,72	82,01	15,96	24,05	41,99
2034	20609,48	82,44	17,01	23,21	42,21
2035	20717,45	82,87	18,07	22,36	42,43
2036	20804,42	83,22	19,12	21,48	42,61
2037	20891,45	83,57	20,20	20,58	42,79

Fonte: Autoria própria

4.6 Ponderação dos indicadores

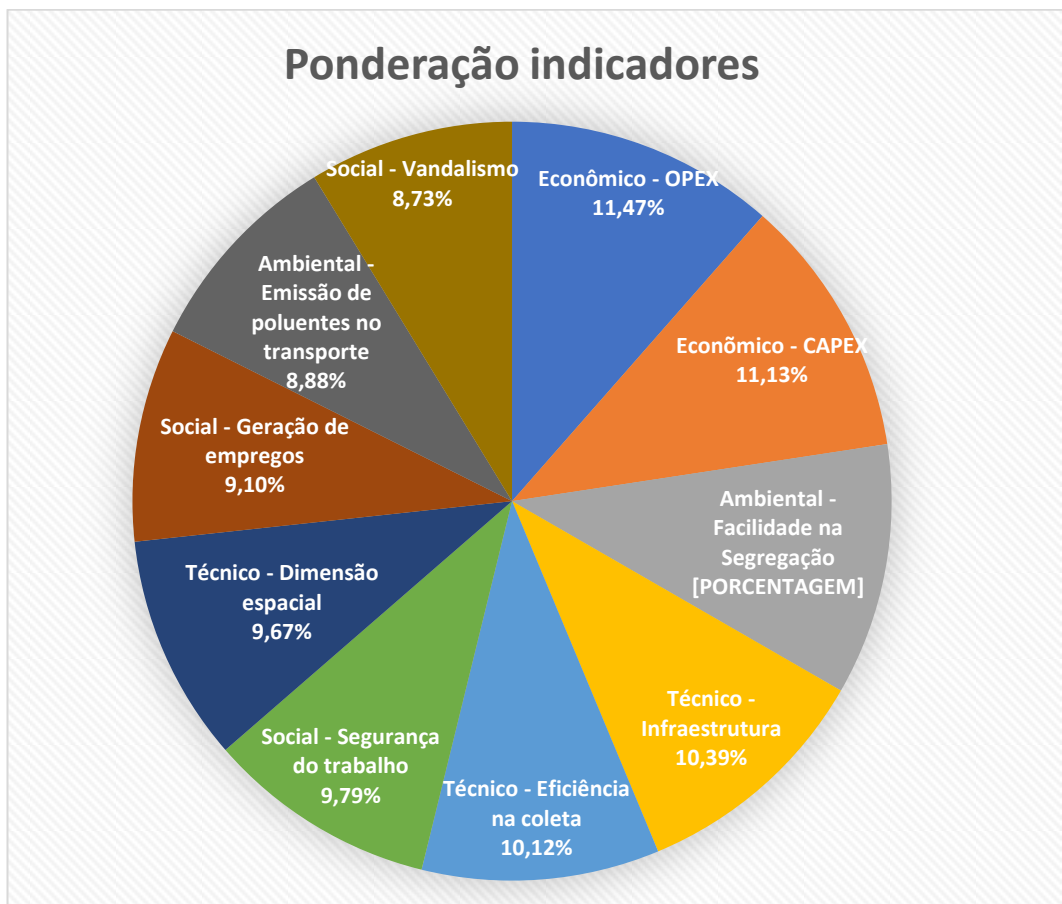
A **Tabela 4.13** e o **Gráfico 4.6** apresentam os pesos calculados de cada um dos indicadores adotados para este estudo, com base nas respostas dos profissionais que preencheram o questionário. O questionário em questão é apresentado na íntegra no **Anexo A**.

Tabela 4.13: Pesos dos indicadores adotados no estudo

Classificação	Indicador	Ponderação
1°	Econômico - OPEX	11,47%
2°	Econômico - CAPEX	11,13%
3°	Ambiental - Facilidade na segregação	10,72%
4°	Técnico - Infraestrutura	10,39%
5°	Técnico - Eficiência na coleta	10,12%
6°	Social - Segurança do trabalho	9,79%
7°	Técnico - Dimensão espacial	9,67%
8°	Social - Geração de empregos	9,10%
9°	Ambiental - Emissão de poluentes no transporte	8,88%
10°	Social - Vandalismo	8,73%

Fonte: Autoria própria

Gráfico 4.6: Ponderação dos indicadores



Fonte: Autoria Própria

5 ANÁLISE DOS CENÁRIOS

Os cenários criados para o presente estudo, incluindo o Cenário Zero, que corresponde ao cenário atual de acondicionamento e coleta que ocorre na área de estudo, são apresentados a seguir.

Para o dimensionamento da quantidade de dispositivos de acondicionamento de cada cenário, foi considerada apenas a quantidade de Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD), e não de RSU, pois este último inclui os resíduos de varrição pública e capina, admitindo que a coleta desses últimos resíduos é feita separadamente da coleta de RSD.

5.1. Cenário Zero

A área de estudo está inserida em dois setores da coleta convencional porta a porta, ambos com frequência diária, no período noturno. A coleta seletiva é também porta a porta, ocorrendo apenas uma vez por semana, às quartas-feiras, no período diurno.

Devido ao fato de não ter sido possível obter informações sobre a rota de coleta, foi criada uma rota fictícia e estimada uma distância percorrida pelos caminhões de coleta para realizar a coleta porta-a-porta, tanto convencional como seletiva, ou seja, passando por todas as ruas, considerando a direção de cada uma delas.

É importante ressaltar que não foram utilizadas ferramentas de roteirização e otimização, uma vez que o objetivo, nesse caso, é a comparação dos cenários, sendo adotado a mesma distância (rota) para os outros cenários de mesmo tipo de coleta, ou

seja, coleta convencional porta a porta, e a rota foi traçada baseando-se em informações (sobre a direção das ruas) disponibilizadas pelo Google Maps. Assim, nessa rota fictícia, o caminhão de coleta frequentemente passa mais de uma vez por uma rua, fazendo com que a distância total percorrida seja maior que a soma dos comprimentos de todas as ruas. Desenhando-se o traçado, passando por todas as ruas da área, totalizou uma distância de 45,21 km.

Neste Cenário Zero, o caminhão percorre essa distância diariamente para coletar os resíduos não recicláveis e uma vez por semana para realizar a coleta dos recicláveis. Então, por mês são 30 viagens de 45,21 km para orgânicos e 4 viagens de mesma distância para os recicláveis.

Para a coleta seletiva foi considerado caminhão de coleta convencional sem compactação e para a coleta da fração não reciclável considerou caminhão de coleta convencional com compactação, ambos com capacidade de 19 m³ e taxa de compactação de 5:1 (DAMAEQ, 2017), adotando peso específico dos resíduos domiciliares sem compactação de 250 kg/m³ (IPT,2017).

5.2. Cenário 1

O Cenário 1 é composto por contentores subterrâneos divididos em duas frações, recicláveis e não recicláveis (orgânicos mais rejeitos), e a coleta ocorrerá de forma localizada. Serão considerados também dois tipos de situações: Situação 1 – distância máxima de percurso do usuário de 100 metros para dispor seus resíduos e situação 2 – quantidade mínima de pontos de contentores subterrâneos por área e distância máxima percorrida de 500 metros.

Segundo uma pesquisa realizada pelo IPT no município de Bertioga (2017), o usuário está disposto a andar no máximo 100 metros para dispor seus resíduos. Assim, a alocação das lixeiras subterrâneas será feita de tal modo que todos os usuários da área de estudo percorram no máximo 100 metros desde suas respectivas casas até a lixeira mais próxima. Ainda, a frequência de coleta levará em consideração a quantidade gerada pelos usuários dentro do raio de “alcance” de uma lixeira e também a capacidade desta.

Pela área de estudo se tratar de uma região com características distintas a Bertioga (área de estudo do IPT), será considerado uma segunda situação, onde a distância máxima percorrida pelos usuários é de 500 metros (característica típica de países desenvolvidos) para o cálculo no número de lixeiras necessário. Priorizando a menor quantidade de lixeiras necessárias, a quantidade mínima de lixeiras será estimada a partir da geração de resíduos, da quantidade de coleta por semana, da capacidade dos contentores e da distância máxima estabelecida.

Para esse cenário, a coleta é realizada por meio de caminhão de coleta mecanizada, podendo ser do tipo de carga traseira (adaptado com “munck”) ou lateral (dependerá da capacidade do dispositivo), sem compactação para os resíduos recicláveis e com compactação para os resíduos não recicláveis. Também foi adotada vida útil de 10 anos, tanto para o caminhão de coleta como para os contentores. Assim, para o início de plano as capacidades e quantidades de contentores serão calculadas considerando a maior geração de resíduos recicláveis e não recicláveis, entre os anos de 2017 e 2027, e para o final de plano entre os anos de 2027 e 2037.

5.3. Cenário 2

O Cenário 2 é composto por contêineres divididos em duas frações, recicláveis e não recicláveis (orgânicos mais rejeitos), e a coleta ocorrerá de forma localizada.

A localização dos contêineres da Situação 1 é a mesma do Cenário 1, uma vez que o critério de alocação dos pontos para entrega dos resíduos é o mesmo, e em cada ponto de disposição haverá pelo menos dois contêineres, uma para cada fração de resíduo (reciclável e não reciclável), dependendo da região, poderá ser dimensionado um número maior de lixeiras, se a área dentro do raio de alcance da lixeira tiver uma geração elevada de resíduos a tal ponto que a coleta diária não seja suficiente. Para o cálculo da quantidade de contêineres necessários para cada um dos pontos de entrega de resíduos, foi considerado que todos os pontos internos a cada uma das áreas A1 a A19 recebem iguais quantidades de resíduos, ou seja, para calcular a quantidade de resíduos recebidos por cada ponto interno (chamemos de quantidade unitária, QU) fez-se a divisão da quantidade gerada (QG) na área que o contém pelo número de pontos (n) dessa área. Para pontos na divisa de duas ou mais áreas, foi feita a soma das quantidades unitárias das áreas às quais o ponto pertence.

Para a segunda situação foi adotado o mesmo critério do cenário 1, levando em conta a capacidade dos contêineres, a quantidade de coleta por semana, a geração de resíduos gerados e a distância máxima de 500 metros.

A coleta será mecanizada, podendo ser do tipo de carga traseira ou lateral, sem compactação para os resíduos recicláveis e com compactação para os resíduos não recicláveis. Adotando vida útil de 10 anos tanto do caminhão de coleta como dos contentores, assim, para o início de plano as capacidades e quantidades de contentores serão calculadas considerando a maior geração de resíduos recicláveis e não recicláveis entre os anos de 2017 e 2027, e para o final de plano entre os anos de 2027 e 2037.

5.4. Cenário 3

O Cenário 3 é composto por sacolas plásticas divididos em três frações, recicláveis, rejeitos e orgânico, e a coleta será do tipo convencional porta a porta. Para os resíduos recicláveis serão utilizadas as sacolas verdes, para os resíduos orgânicos as sacolas compostáveis e biodegradáveis e para os rejeitos as sacolas plásticas pretas.

Este cenário é bastante semelhante ao Cenário Zero (atual), uma vez que a coleta é porta a porta. Porém, neste Cenário 3, assim como nos cenários 1 e 2, tomamos como hipótese que a porcentagem de coleta de resíduos recicláveis irá crescer linearmente até atingir a meta do PGIRS em 2037, ou seja, as sacolas diferenciadas para cada fração de RSD proporcionarão uma melhora gradativa de segregação de resíduos ao longo dos anos. E também que haverá a implementação efetiva da compostagem na etapa posterior de tratamento dos resíduos, que está prevista no Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do município de São Paulo (São Paulo, 2014). O Plano prevê a instalação de 8 centrais de compostagem de pequeno porte que receberão, ao total, 400 toneladas diárias. Foi considerado que todo o resíduo orgânico coletado será destinado a essas centrais.

A distância percorrida para passar por todas as ruas é a mesma do Cenário Zero, ou

seja, 45,21 km, e a coleta é do tipo convencional (manual), sendo sem compactação para os resíduos recicláveis e orgânicos e com compactação para os rejeitos. Adotou-se também vida útil de 10 anos do caminhão de coleta, e para o cálculo da quantidade de sacolas plásticas compostáveis e biodegradáveis considerou a maior geração de resíduos orgânicos entre os anos de 2017 e 2027 para o início de plano, e entre os anos de 2027 e 2037 para o final de plano.

5.5. Cenário 4

O Cenário 4 é composto por contêineres e sacolas plásticas, divididas em duas frações, recicláveis e não recicláveis (orgânicos mais rejeitos). Para a fração reciclável será utilizado os contêineres com coleta mecanizada e localizada, e para os não recicláveis as sacolas plásticas com coleta manual porta a porta.

O critério de alocação dos contêineres será o mesmo do Cenário 1, levando em conta as duas situações para os resíduos recicláveis e adotando a mesma hipótese de crescimento linear da porcentagem de coleta dos resíduos recicláveis.

A distância percorrida para a coleta dos resíduos não recicláveis será o mesmo que o do cenário atual (45,21 km), e a coleta ocorrerá de forma manual com compactação dos resíduos. Já para os resíduos recicláveis a coleta ocorrerá de forma mecanizada sem compactação dos resíduos.

Adotou-se também vida útil de 10 anos tanto do caminhão de coleta como dos contêineres, assim, para o início de plano as capacidades e quantidades de contentores serão calculadas considerando a maior geração de resíduos recicláveis e não recicláveis entre os anos de 2017 e 2027, e para o final de plano entre os anos de 2027 e 2037.

5.6. Cenário 5

O Cenário 5 é composto por contêineres divididos em três frações, recicláveis, orgânicos e rejeitos, e a coleta ocorrerá de forma localizada.

Este cenário prevê a instalação de contêineres em pontos seguindo os mesmos critérios dos cenários 1, 2 e 4 (os dois tipos de situações e crescimento linear de porcentagem de coleta de resíduos recicláveis), e a coleta será mecanizada, podendo ser de carga traseira ou lateral, sem compactação para as frações recicláveis e orgânicas e com compactação para os rejeitos. Adotando-se também vida útil de 10 anos tanto do caminhão de coleta como dos contentores, assim, para o início de plano as capacidades e quantidades de contentores serão calculadas considerando a maior geração de resíduos recicláveis, orgânicos e rejeitos entre os anos de 2017 e 2027, e para o final de plano entre os anos de 2027 e 2037.

A **Tabela 5.1** apresenta um resumo dos cenários pré-estabelecidos.

Tabela 5.1 – Resumo dos cenários

Cenários	Dispositivos	Frações	Coleta	Tipo
0	Sacolas Plásticas	2	Manual	Porta a porta
1	Contentores Subterrâneos	2	Mecanizada	Localizada

2	Contêineres	2	Mecanizada	Localizada
3	Sacolas Plásticas	3	Manual	Porta a porta
4	Contêineres e Sacolas Plásticas	2	Manual e mecanizada	Porta a porta e localizada
5	Contêineres	3	Mecanizada	Localizada

Fonte: Autoria própria

6 RESULTADOS

6.1 Pontuação dos indicadores

A pontuação considerada para cada um dos indicadores é apresentada a seguir:

□ CAPEX (1 a 4)

Foram considerados para a composição da pontuação: gastos na aquisição dos dispositivos de acondicionamento externo e coleta, assim como da construção de infraestrutura para a operação do dispositivo. A pontuação varia entre 1 e 4, sendo o maior valor o mais econômico.

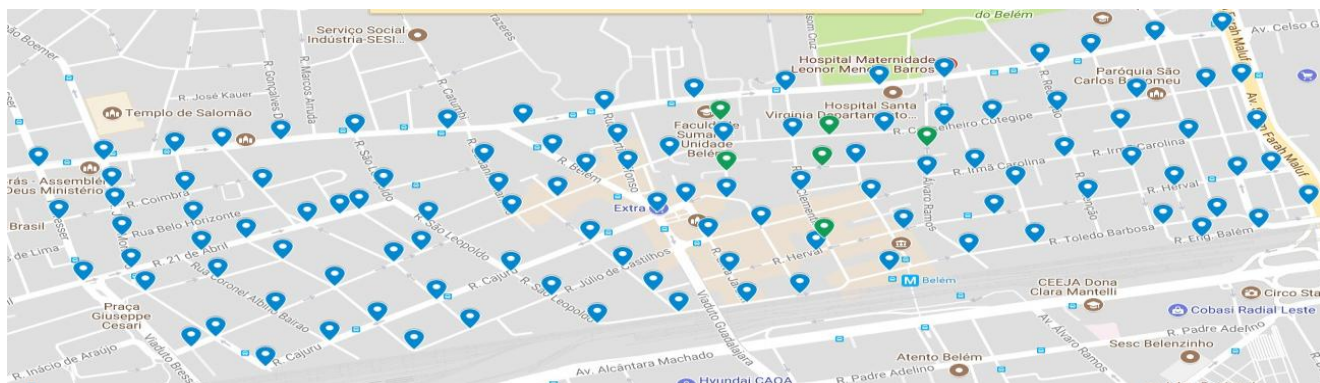
- Cenário atual:
 - Sem custos com aquisição de dispositivos de acondicionamento externo, coleta e implantação.
- Cenário 1:
 - Capacidade dos contentores: 1m³, 3,2m³ e 4m³;
 - Caminhão de coleta mecanizada de carga traseira (adaptada com o “munck”), atende contentores de capacidade de 1m³;
 - Caminhão de coleta mecanizada de carga lateral, atende contentores de capacidades de 3,2 e 4m³;
 - Frota: 1 caminhão de coleta para cada fração de resíduo (reciclável e não reciclável), para início e final de plano (adotando vida útil do caminhão de coleta e dos contentores de 10 anos);
 - Custo unitário de implantação de R\$ 20.000,00.

Situação 1) Atendendo à distância máxima de 100 metros de percurso do município de sua residência até o contentor.

O **Mapa 6.1** mostra a distribuição dos pontos dos contentores, os pontos em azul indicam a distribuição dos contentores respeitando a distância máxima de 100 metros e os pontos em verde indicam pontos adicionais que foram necessários para atender à geração de resíduos, totalizando em 113 pontos, sendo 6 deles pontos adicionais.

O percurso total dos caminhões de coleta é de 24,87 km. O **Mapa 6.1** e a **Tabela 6.1** apresentam a distribuição dos pontos dos contentores subterrâneos e os custos do CAPEX, respectivamente.

Mapa 6.1 – Distribuição dos pontos dos contentores (Situação 1). Início e Final de Plano.



Fonte Adaptado do Google Maps, 2017

Tabela 6.1 – CAPEX – Cenário 1 (Situação 1)

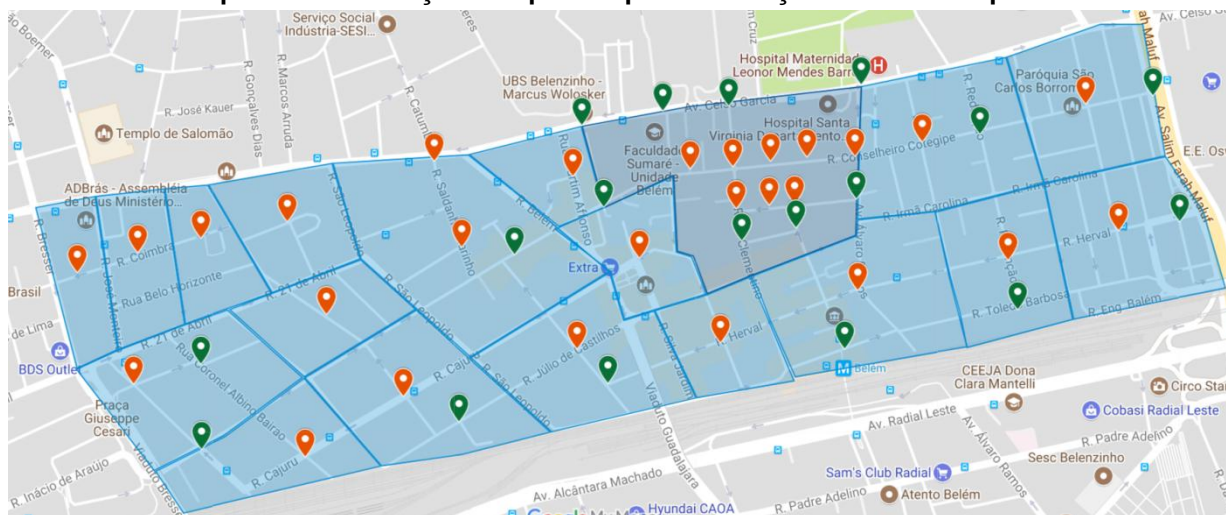
Cenário 1 - Lixeiras Subterrâneas (2 Frações)					
CAPEX - Situação 1		Início de Plano		Final de Plano	
		Recicláveis	Rejeitos+Orgânicos	Recicláveis	Rejeitos+Orgânicos
Quantidade de contentores		113	113	113	113
Tipo		Traseiro	Lateral	Traseiro	Lateral
Capacidade		1 m ³	3,2 m ³	1 m ³	3,2 m ³
Custo	Contentores	R\$ 3.729.000,00	R\$ 6.795.066,29	R\$ 3.729.000,00	R\$ 6.795.066,29
	Implantação	R\$ 2.260.000,00	R\$ 2.260.000,00	R\$ 2.260.000,00	R\$ 2.260.000,00
	Caminhão de Coleta	R\$ 315.000,00	R\$ 760.200,00	R\$ 315.000,00	R\$ 760.200,00
	Caminhão Lava	R\$ 748.902,00	R\$ 748.902,00	R\$ 748.902,00	R\$ 748.902,00
Subtotal		R\$ 7.052.902,00	R\$ 10.564.168,29	R\$ 7.052.902,00	R\$ 10.564.168,29
Custo por ano					R\$ 1.761.707,03
Total					R\$ 35.234.140,58

Fonte: Autoria Própria

Situação 2) Quantidade mínima de contentores e distância máxima de 500 metros de percurso do munícipe de sua residência até o ponto de coleta.

Os pontos em laranja no **Mapa 6.2** contêm os contentores subterrâneos das duas frações (recicláveis e não recicláveis) e os pontos em verde apenas o da fração não reciclável. No total foram contabilizados 27 pontos para as duas frações mais 18 pontos apenas para a fração não reciclável no início de plano.

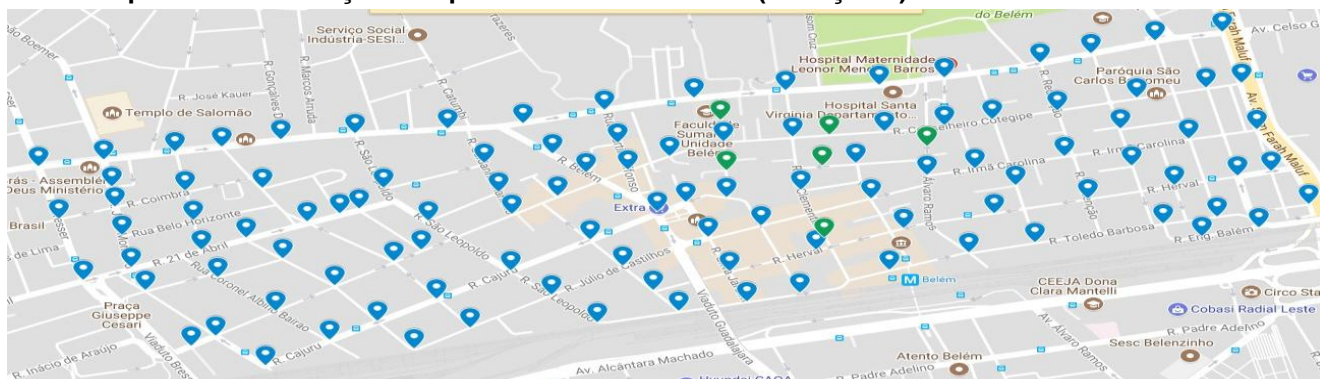
Mapa 6.2: Distribuição dos pontos para a Situação 2 – Início de plano



Situação 1) Atendendo à distância máxima de 100 metros de percurso do município de sua residência até o contentor.

O **Mapa 6.4** mostra a distribuição dos pontos dos contentores, os pontos em azul indicam a distribuição dos contentores respeitando a distância máxima de 100 metros e os pontos em verde indicam pontos adicionais que foram necessários para atender à geração de resíduos, totalizando em 113 pontos, sendo 6 deles pontos adicionais. A **Tabela 6.3** apresenta o CAPEX para esta Situação 1 do Cenário 2.

Mapa 6.4 – Distribuição dos pontos dos contêineres (Situação 1). Início e Final de Plano



Fonte: Adaptado do Google Maps, 2017

Tabela 6.3– CAPEX – Cenário 2 (Situação 1)

Cenário 2 - Contêineres (2 Frações)					
CAPEX - Situação 1	Início de Plano		Final de Plano		
	Recicláveis	Não Recicláveis	Recicláveis	Não Recicláveis	
Quantidade de contentores	113	113	113	113	
Tipo	Traseiro	Lateral	Traseiro	Lateral	
Capacidade	1 m ³	2,4 m ³	0,66 m ³ (111) e 1m ³ (2)	2,4 m ³	
Custo	Contentores	R\$ 226.000,00	R\$ 545.790,00	R\$ 141.581,58	R\$ 545.790,00
	Implantação	R\$ 56.500,00	R\$ 56.500,00	R\$ 56.500,00	R\$ 56.500,00
	Caminhão de Coleta	R\$ 315.000,00	R\$ 760.200,00	R\$ 315.000,00	R\$ 760.200,00
	Caminhão Lava	R\$ 748.902,00	R\$ 748.902,00	R\$ 748.902,00	R\$ 748.902,00
Subtotal	R\$ 1.346.402,00	R\$ 2.111.392,00	R\$ 1.261.983,58	R\$ 2.111.392,00	
Custo por ano	R\$			341.558,48	
Total (horizonte 20 anos)	R\$			6.831.169,58	

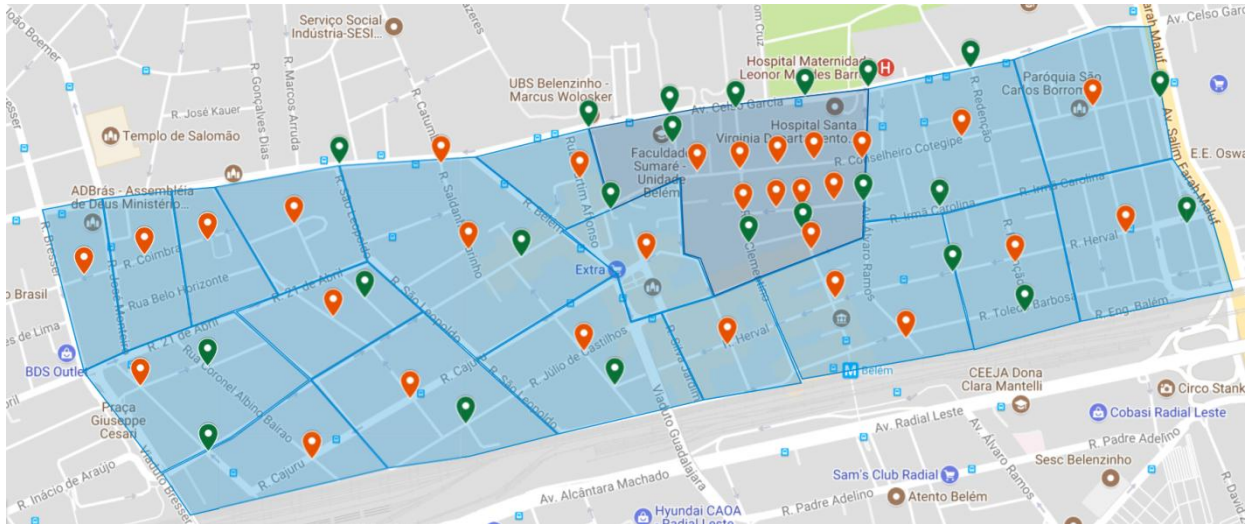
Fonte: Autoria própria

Situação 2) Quantidade mínima de contentores e distância máxima de 500 metros de percurso do município de sua residência até o ponto de coleta.

Os pontos em laranja, no **Mapa 6.5**, contêm os contêineres das duas frações (recicláveis e não recicláveis) e os pontos em verde apenas o da fração não reciclável. No total foram contabilizados 30 pontos para as duas frações mais 23 pontos apenas para a fração não reciclável no início de plano.

Para o final de plano houve uma diminuição de 2 pontos para a fração reciclável e 3 pontos para a fração não reciclável, conforme **Mapa 6.6**. A **Tabela 6.4** sintetiza o CAPEX da Situação 2 do Cenário 2.

Mapa 6.5: Distribuição dos pontos para a Situação 2 – Início de plano



Fonte: Adaptado do Google Maps, 2017

Mapa 6.6: Distribuição dos pontos para a Situação 2 – Final de plano



Fonte: Adaptado do Google Maps, 2017

Tabela 6.4– CAPEX – Cenário 2 (Situação 2)

Cenário 2 - Contêineres (2 Frações)					
CAPEX - Situação 2	Início de Plano		Final de Plano		
	Recicláveis	Não recicláveis	Recicláveis	Não recicláveis	
Quantidade de contentores	30	53	28	50	
Tipo	Lateral	Lateral	Lateral	Lateral	
Capacidade (quantidade)	2,4m ³ (15) e 3,2m ³ (15)	2,4m ³ (22) e 3,2m ³ (31)	2,4m ³ (16) e 3,2m ³ (12)	2,4m ³ (19) e 3,2m ³ (31)	
Custo	Contentores	R\$ 149.025,00	R\$ 264.515,00	R\$ 138.540,00	R\$ 250.025,00
	Implantação	R\$ 15.000,00	R\$ 26.500,00	R\$ 14.000,00	R\$ 25.000,00
	Caminhão de Coleta	R\$ 660.200,00	R\$ 760.200,00	R\$ 660.200,00	R\$ 760.200,00
	Caminhão Lava	R\$ 748.902,00	R\$ 748.902,00	R\$ 748.902,00	R\$ 748.902,00
Subtotal	R\$ 1.573.127,00	R\$ 1.800.117,00	R\$ 1.561.642,00	R\$ 1.784.127,00	
Custo anual				R\$ 335.950,65	
Total				R\$ 6.719.013,00	

Fonte: Autoria própria

- Cenário 3:
 - Será considerado apenas o custo das sacolas compostáveis e

biodegradáveis, já que é o único tipo de sacola que será introduzida na área de estudo, se comparado com o cenário atual;

- Os resíduos orgânicos serão coletados por caminhões de coleta manual sem compactação, de forma a se ter o melhor aproveitamento na fase seguinte, como a compostagem.

A **Tabela 6.5** apresenta o CAPEX do Cenário 3.

Tabela 6.5: CAPEX – Cenário 3

Cenário 3		Sacolas compostáveis e biodegradáveis	
Ano	Total (m ³ /ano)	Orgânico (m ³ /ano)	Custo
2017	26730,31	13687,52	R\$ 391.072,06
2018	26971,26	13810,90	R\$ 394.597,18
2019	27213,93	13935,17	R\$ 398.147,58
2020	27458,34	14060,32	R\$ 401.723,43
2021	27674,66	14171,08	R\$ 404.888,13
2022	27891,82	14282,28	R\$ 408.065,24
2023	28109,82	14393,92	R\$ 411.254,76
2024	28328,68	14505,98	R\$ 414.456,69
2025	28548,39	14618,49	R\$ 417.671,03
2026	28730,13	14711,55	R\$ 420.329,94
2027	28912,41	14804,89	R\$ 422.996,79
2028	29095,23	14898,51	R\$ 425.671,58
2029	29278,60	14992,40	R\$ 428.354,31
2030	29462,51	15086,57	R\$ 431.044,97
2031	29618,85	15166,63	R\$ 433.332,30
2032	29775,52	15246,85	R\$ 435.624,40
2033	29932,52	15327,24	R\$ 437.921,26
2034	30089,83	15407,80	R\$ 440.222,88
2035	30247,48	15488,52	R\$ 442.529,27
2036	30374,46	15553,54	R\$ 444.386,96
2037	30501,52	15618,61	R\$ 446.245,98
Custos sacolas			R\$ 8.850.536,76
Caminhão de coleta convencional sem compactador (2 unidades- vida útil 10 anos)			R\$ 430.000,00
Custo anual			R\$ 464.026,84
Total			R\$ 9.280.536,76

Fonte: Autoria própria

- Cenário 4:
 - Será considerado apenas o custo dos contêineres para a fração reciclável, já que é o único tipo de dispositivo que será introduzido na área de estudo, se comparado com o cenário atual.

Situação 1) Atendendo à distância máxima de 100 metros de percurso do município de sua residência até o contentor.

O **Mapa 6.7** mostra a distribuição dos pontos dos contentores, os pontos em azul indicam a distribuição dos contentores respeitando a distância máxima de 100

metros e os pontos em verde indicam pontos adicionais que foram necessários para atender à geração de resíduos, totalizando em 113 pontos, sendo 6 deles pontos adicionais.

A **Tabela 6.6** apresenta o CAPEX da Situação1, do Cenário 4.

Mapa 6.7 – Distribuição dos pontos dos contêineres (Situação 1). Início e Final de Plano



Fonte: Adaptado do Google Maps, 2017

Tabela 6.6: CAPEX – Cenário 4 (Situação 1)

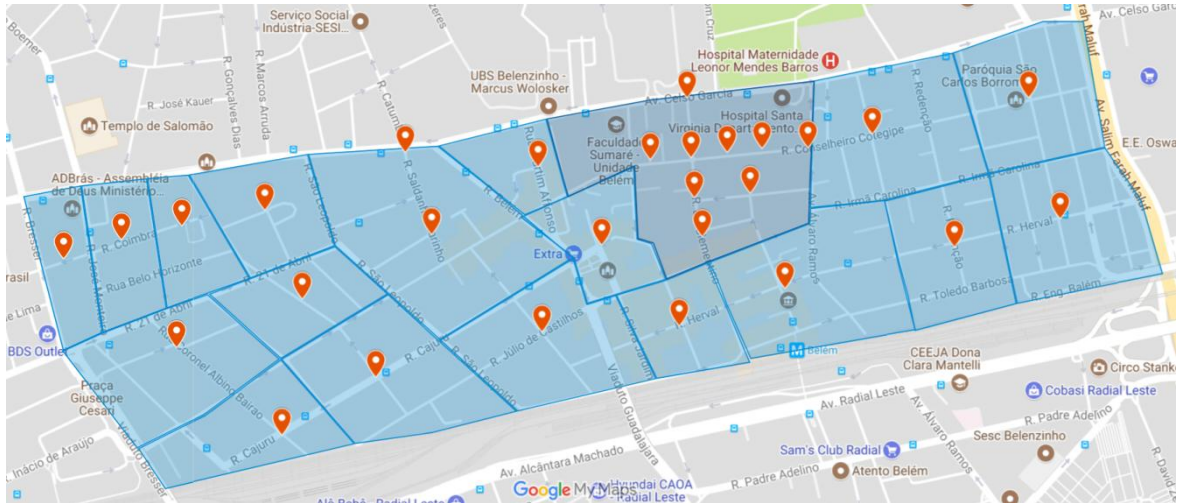
Cenário 4 - Contêineres e Sacolas Plásticas (2 Frações)			
CAPEX - Situação 1	Início de Plano	Final de Plano	
	Recicláveis	Recicláveis	
Quantidade de contentores	113	113	
Tipo	Traseiro	Traseiro	
Capacidade	1 m ³	0,66 m ³ (111) e 1m ³ (2)	
Custo	Contentores	R\$ 226.000,00	R\$ 141.581,58
	Implantação	R\$ 56.500,00	R\$ 56.500,00
	Caminhão de Coleta	R\$ 315.000,00	R\$ 315.000,00
	Caminhão Lava	R\$ 748.902,00	R\$ 748.902,00
Subtotal	R\$ 1.346.402,00	R\$ 1.261.983,58	
Custo por ano	R\$ 130.419,28		
Total (horizonte 20 anos)	R\$ 2.608.385,58		

Fonte: Autoria própria

Situação 2) Quantidade mínima de contentores e distância máxima de 500 metros de percurso do município de sua residência até o ponto de coleta.

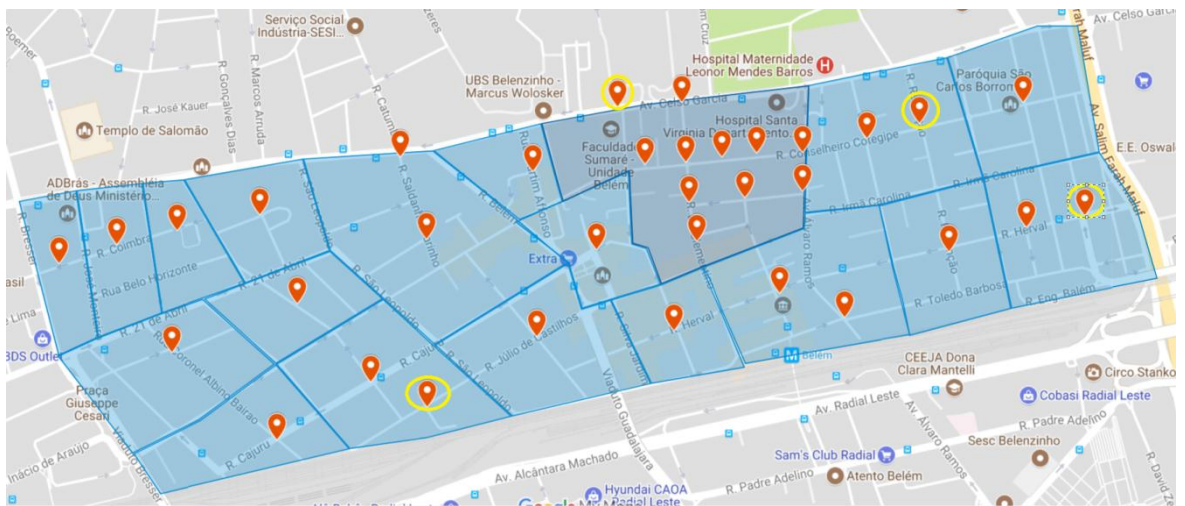
Para o início de plano foram contabilizados no mínimo 30 contêineres para a fração reciclável, sendo adicionado 4 pontos (destacado em amarelo) para o final de plano, conforme **Mapas 6.8** e **6.9**. A **Tabela 6.7** sintetiza o CAPEX para a Situação 2 do Cenário 4.

Mapa 6.8: Distribuição dos pontos para a Situação 2 (Cenário 4) - Início de plano



Fonte: Adaptado do Google Maps, 2017

Mapa 6.9: Distribuição dos pontos para a Situação 2 (Cenário 4) - Final de plano



Fonte: Adaptado do Google Maps, 2017

Tabela 6.7– CAPEX – Cenário 4 (Situação 2)

Cenário 4 - Contêineres e Sacolas Plásticas (2 Frações)			
CAPEX - Situação 2	Início de Plano	Final de Plano	
	Recicláveis	Recicláveis	
Quantidade de contentores	30	34	
Tipo	Lateral	Lateral	
Capacidade (quantidade)	2,4m ³ (15) e 3,2m ³ (15)	2,4m ³ (19) e 3,2m ³ (15)	
Custo	Contentores	R\$ 149.025,00	R\$ 149.025,00
	Implantação	R\$ 15.000,00	R\$ 17.000,00
	Caminhão de Coleta	R\$ 660.200,00	R\$ 660.200,00
	Caminhão Lava	R\$ 748.902,00	R\$ 748.902,00
Subtotal	R\$ 1.573.127,00	R\$ 1.575.127,00	
Custo anual	R\$	157.412,70	
Total	R\$	3.148.254,00	

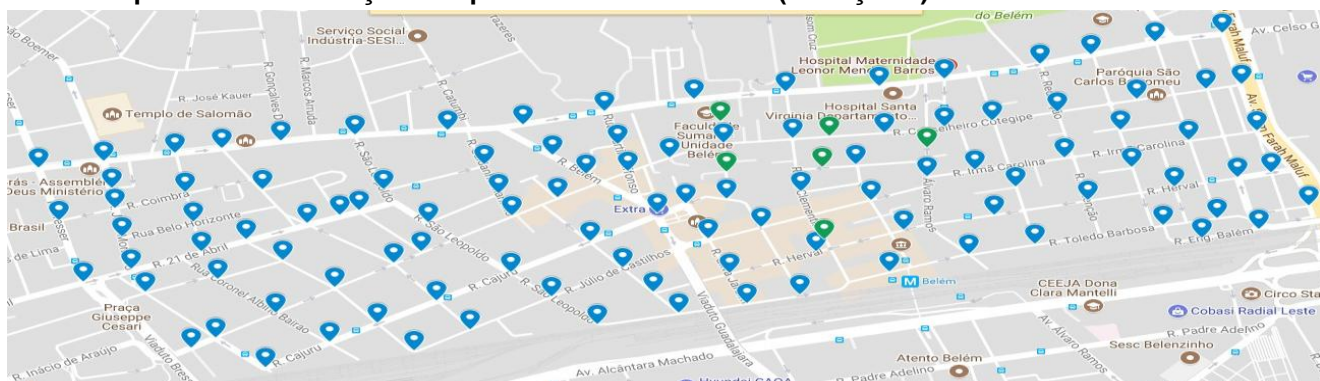
- Cenário 5:

Situação 1) Atendendo à distância máxima de 100 metros de percurso do município

de sua residência até o contentor.

O **Mapa 6.10** mostra a distribuição dos pontos dos contentores, os pontos em azul indicam a distribuição dos contentores respeitando a distância máxima de 100 metros e os pontos em verde indicam pontos adicionais que foram necessários para atender à geração de resíduos, totalizando em 113 pontos, sendo 6 deles pontos adicionais. A **Tabela 6.8** apresenta o CAPEX estimado para a Situação 1 do Cenário 5.

Mapa 6.10 – Distribuição dos pontos dos contêineres (Situação 1). Início e Final de Plano



Fonte Adaptado do Google Maps, 2017

Tabela 6.8– CAPEX – Cenário 5 (Situação 1)

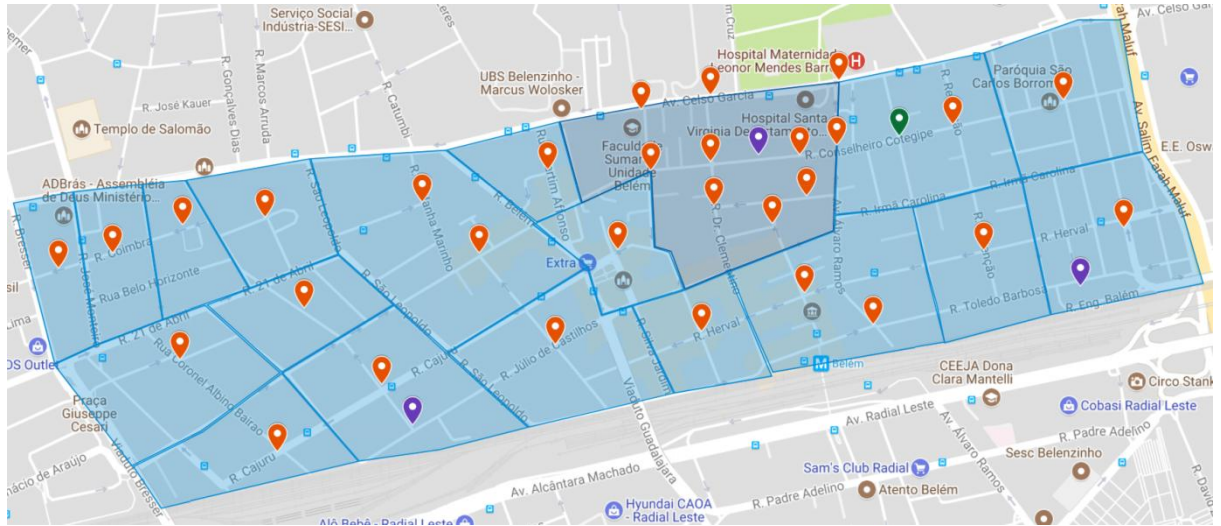
Cenário 5 - Contêineres (3 Frações)						
CAPEX - Situação 1	Início de Plano			Final de Plano		
	Recicláveis	Orgânicos	Rejeitos	Recicláveis	Orgânicos	Rejeitos
Quantidade de contentores	113	113	113	113	113	113
Tipo	Traseiro	Traseiro	Traseiro	Traseiro	Traseiro	Traseiro
Capacidade (quantidade)	0,66m ³ (94) e 1m ³ (19)	0,66 m ³ (9) e 1m ³ (104)	0,66 m ³ (89) e 1m ³ (24)	0,66 m ³ (111) e 1m ³ (2)	0,66 m ³ (2) e 1m ³ (111)	0,66 m ³ (113)
Custo	Contentores	R\$ 154.510,53	R\$ 219.155,26	R\$ 158.313,16	R\$ 141.581,58	R\$ 224.478,95
	Implantação	R\$ 56.500,00	R\$ 56.500,00	R\$ 56.500,00	R\$ 56.500,00	R\$ 56.500,00
	Caminhão de Coleta	R\$ 315.000,00	R\$ 315.000,00	R\$ 399.400,00	R\$ 315.000,00	R\$ 399.400,00
	Caminhão Lava	R\$ 748.902,00	R\$ 748.902,00	R\$ 748.902,00	R\$ 748.902,00	R\$ 748.902,00
Subtotal	R\$ 1.274.912,53	R\$ 1.339.557,26	R\$ 1.363.115,16	R\$ 1.261.983,58	R\$ 1.344.880,95	R\$ 1.344.862,53
Custo por ano	R\$					396.465,60
Total (horizonte 20 anos)	R\$					7.929.312,00

Fonte: Autoria própria

Situação 2) Quantidade mínima de contentores e distância máxima de 500 metros de percurso do município de sua residência até o ponto de coleta.

O **Mapa 6.11** mostra a distribuição dos pontos da disposição dos contêineres, os pontos em laranja indicam que há contêineres para as três frações, o ponto em verde para a fração orgânica e rejeito e os pontos em roxo apenas para a fração orgânica.

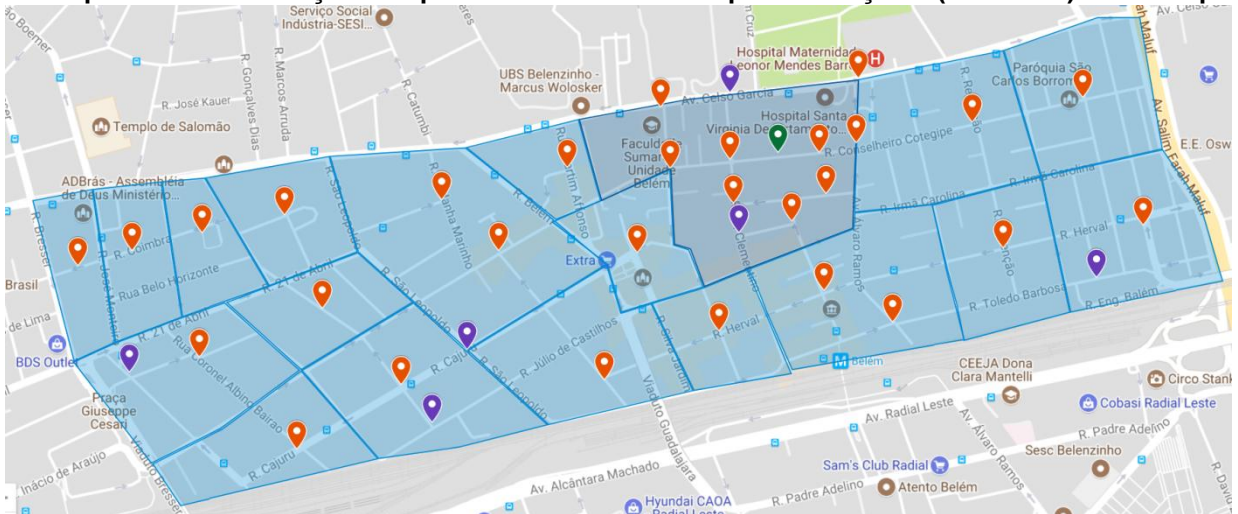
Mapa 6.11 – Distribuição dos pontos dos contêineres para Situação 2 (Cenário 5). Início de plano



Fonte: Adaptado do Google Maps, 2017

Já para o final de plano o número de contêineres para os rejeitos irá diminuir, assim a distribuição de pontos será apresentada no **Mapa 6.12**. Os pontos em laranja apresentam contêineres para as três frações, o ponto em verde para as frações recicláveis e orgânicas e os pontos em roxo apenas para a fração orgânica. A Tabela 6.9 apresenta o CAPEX da Situação 2 do Cenário 5.

Mapa 6.12 – Distribuição dos pontos dos contêineres para Situação 2 (Cenário 5). Final de plano



Fonte: Adaptado do Google Maps, 2017

Tabela 6.9– CAPEX – Cenário 5 (Situação 2)

Cenário 5 - Contêineres (3 Frações)						
CAPEX - Situação 2	Início de Plano			Final de Plano		
	Recicláveis	Orgânicos	Rejeitos	Recicláveis	Orgânicos	Rejeitos
Quantidade de contentores	30	34	31	28	37	27
Tipo	Lateral	Lateral	Lateral	Lateral	Lateral	Lateral
Capacidade (quantidade)	2,4m³ (15) e 3,2m³(15)	2,4m³ (19) e 3,2m³(15)	2,4m³ (17) e 3,2m³(14)	2,4m³ (16) e 3,2m³(12)	2,4m³ (22) e 3,2m³(15)	2,4m³ (18) e 3,2m³(9)
Custo	Contentores	R\$ 149.025,00	R\$ 168.345,00	R\$ 153.580,00	R\$ 138.540,00	R\$ 182.835,00
	Implantação	R\$ 15.000,00	R\$ 17.000,00	R\$ 15.500,00	R\$ 14.000,00	R\$ 18.500,00
	Caminhão de Coleta	R\$ 660.200,00	R\$ 660.200,00	R\$ 760.200,00	R\$ 660.200,00	R\$ 660.200,00
	Caminhão Lava	R\$ 748.902,00	R\$ 748.902,00	R\$ 748.902,00	R\$ 748.902,00	R\$ 748.902,00
Subtotal	R\$ 1.573.127,00	R\$ 1.594.447,00	R\$ 1.678.182,00	R\$ 1.561.642,00	R\$ 1.610.437,00	R\$ 1.655.487,00
Custo anual						R\$ 483.666,10
Total						R\$ 9.673.322,00

Fonte: Autoria própria

Assim, as pontuações do CAPEX para os diversos cenários serão distribuídas como

nas tabelas a seguir (**Tabelas 6.10 a 6.12**).

Tabelas 6.10, 6.11 e 6.12: Resumo, Intervalo e Pontuação do CAPEX

CAPEX - Total	Situação 1	Situação 2	Intervalo	Pontuação	Pontuação
Cenário 0	-	-	< R\$ 1.000.000,00	4	Cenário 0 4
Cenário 1	R\$ 35.234.140,58	R\$ 17.628.541,03	Entre R\$ 1.000.000,00 e \$ 5.000.000,00	3	Cenário 1 1
Cenário 2	R\$ 6.831.169,58	R\$ 6.719.013,00	Entre R\$ 5.000.000,00 e \$ 10.000.000,00	2	Cenário 2 2
Cenário 3	R\$ 9.280.536,76	R\$ 9.280.536,76	> R\$ 10.000.000,00	1	Cenário 3 2
Cenário 4	R\$ 2.608.385,58	R\$ 3.148.254,00			Cenário 4 3
Cenário 5	R\$ 7.929.312,00	R\$ 9.673.322,00			Cenário 5 2

Fonte: Autoria própria

Mesmo mudando a quantidade de pontos, a pontuação do CAPEX não varia de acordo com as Situações 1 e 2, nos Cenários 1, 2, 4 e 5. No Cenário 1 é evidente que a quantidade de dispositivos subterrâneos influencia no custo final, já nos cenários que utilizam contêineres, os custos de investimento da Situação 2 são parecidos ou até maiores que os da Situação 1. Isso se deve ao fato do custo do caminhão de coleta mecanizada de carga lateral ser bem maior que o custo de coleta mecanizada de carga traseira, aproximadamente R\$ 300.000,00 de diferença, uma vez que o caminhão de carga lateral (que atende maiores capacidades) é utilizado com mais frequência na Situação 2.

□ OPEX (1 a 3)

Considerações:

- Não foram considerados os custos mensais com depreciação, manutenção, reposição, impostos e seguros dos dispositivos de acondicionamento externo e coleta;
- Para a coleta convencional porta-a-porta, serão considerados 5 funcionários (1 motorista e 4 operários (Contemar, 2017)), além da distância total de percurso do caminhão de 45,21 km;
- Para a coleta mecanizada, serão considerados 3 funcionários (1 motorista e 2 operários (Contemar, 2017)), e distância percorrida para a Situação 1 e 2 (estimadas com ajuda do programa Google Maps), como:
 - 113 pontos: aproximadamente 25 km;
 - Entre 25 a 35 pontos: aproximadamente 14 km;
 - Acima de 35 pontos: aproximadamente 16 km;
 - Distância entre a área de estudo e a estação de transbordo mais próxima (ida e volta): 14 km;
- Combustível: R\$3,394/L diesel, segundo CSA (2017);
- Velocidade média de coleta: 10 km/h, tomando por base Junior e Filho (2010), que dizem que a coleta opera com velocidades médias de 7 a 12 km/h;
- O caminhão de coleta consome 7,63 L/h, valor estimado de consumo de combustível para caminhões de coleta movidos a diesel, segundo RCGI News (2016);
- Salário de motorista de caminhão de coleta: R\$1.569,37 e de coletor de resíduos: R\$1.045,96, segundo dados de Piso Salarial (2017);
- Para cálculo do custo de mão de obra foi considerado que para os trabalhadores que fazem a coleta de recicláveis e rejeitos, cujas coletas não são diárias, o salário pago é proporcional ao número de dias ao mês que se faz a coleta. Por exemplo, para o Cenário 1, na qual há coleta de recicláveis uma vez por semana, 1 motorista e 2 coletores ganham 4/30 do salário (são 4 coletas ao mês);
- Não foram considerados custos com encargos sociais (mão de obra), adicional de insalubridade, horas extras e adicional noturno;

- O custo de lavagem dos contentores será proporcional à capacidade do contentor vezes a tarifa de água (R\$ 18,84/m³ (SABESP, 2017)), lembrando que a limpeza dos contentores ocorre a cada 15 dias, ou seja, 2 vezes por mês;
- Horizonte de projeto de 20 anos.

As **Tabelas 6.13 a 6.18** apresentam o OPEX mensal para cada um dos cenários, inclusive o Cenário Atual.

- Cenário 0 (Atual):

Tabela 6.13: OPEX mensal - Cenário 0

OPEX			
Cenário 0			
Fração		Reciclável	Não reciclável
coleta por semana		1	7
Viagem (s)		1	1
Distância Percurso (km)		45,21	45,21
Distância mensal (km)		194,84	1363,88
Funcionários	Motorista	1	1
Porta-á-porta	Operário	4	4
Custo (Mensal)	Combustível	R\$ 504,56	R\$ 3.531,93
	Mão de obra	R\$ 209,25	R\$ 1.464,75
		R\$ 557,85	R\$ 3.904,92
Subtotal		R\$ 1.271,66	R\$ 8.901,60
Total		R\$ 10.173,25	

Fonte: Autoria própria

- Cenário 1:

Tabela 6.14: OPEX mensal - Cenário 1

OPEX		Situação 1				Situação 2			
Cenário 1		Início de Plano		Final de Plano		Início de Plano		Final de Plano	
Fração		Reciclável	Não reciclável	Reciclável	Não reciclável	Reciclável	Não reciclável	Reciclável	Não reciclável
coleta por semana		1	3	2	3	1	4	3	4
Viagem (s)		4	3	5	3	4	2	4	2
Distância Percurso (km)		25	25	25	25	14	16	14	16
Distância mensal (km)		156	426	340	426	112	368	336	368
Funcionários	Motorista	1	1	1	1	1	1	1	1
	Operário	2	2	2	2	2	2	2	2
Custo (Mensal)	Combustível	R\$ 403,98	R\$ 1.103,18	R\$ 880,47	R\$ 1.103,18	R\$ 290,04	R\$ 952,98	R\$ 870,11	R\$ 952,98
	Mão de obra	R\$ 209,25	R\$ 627,75	R\$ 418,50	R\$ 627,75	R\$ 209,25	R\$ 837,00	R\$ 627,75	R\$ 837,00
		R\$ 278,92	R\$ 836,77	R\$ 557,85	R\$ 836,77	R\$ 278,92	R\$ 1.115,69	R\$ 836,77	R\$ 1.115,69
	Lavagem dos contentores	R\$ 4.257,84	R\$ 13.625,09	R\$ 4.257,84	R\$ 13.625,09	R\$ 2.682,82	R\$ 4.642,18	R\$ 2.471,81	R\$ 4.461,31
Subtotal		R\$ 5.149,99	R\$ 16.192,78	R\$ 6.114,66	R\$ 16.192,78	R\$ 3.461,03	R\$ 7.547,84	R\$ 4.806,44	R\$ 7.366,98
Total (Mensal)		R\$ 21.342,78		R\$ 22.307,44		R\$ 11.008,87		R\$ 12.173,42	

Fonte: Autoria própria

- Cenário 2:

Tabela 6.15: OPEX mensal - Cenário 2

OPEX		Situação 1				Situação 2			
Cenário 2		Início de Plano		Final de Plano		Início de Plano		Final de Plano	
Fração		Reciclável	Não reciclável	Reciclável	Não reciclável	Reciclável	Não reciclável	Reciclável	Não reciclável
Coleta por semana		1	3	3	3	1	4	2	4
Viagem (s)		4	3	4	3	4	2	5	2
Distância Percurso (km)		25	25	25	25	14	16	14	16
Distância mensal (km)		156	426	468	426	112	368	252	368
Funcionários	Motorista	1	1	1	1	1	1	1	1
	Operário	2	2	2	2	2	2	2	2
Custo (Mensal)	Combustível	R\$ 403,98	R\$ 1.103,18	R\$ 1.211,94	R\$ 1.103,18	R\$ 290,04	R\$ 952,98	R\$ 652,58	R\$ 952,98
	Mão de obra	R\$ 209,25	R\$ 627,75	R\$ 627,75	R\$ 627,75	R\$ 209,25	R\$ 837,00	R\$ 418,50	R\$ 837,00
		R\$ 278,92	R\$ 836,77	R\$ 836,77	R\$ 836,77	R\$ 278,92	R\$ 1.115,69	R\$ 557,85	R\$ 1.115,69
	Lavagem dos contentores	R\$ 4.257,84	R\$ 10.218,82	R\$ 2.798,12	R\$ 10.218,82	R\$ 3.165,12	R\$ 5.727,36	R\$ 3.737,86	R\$ 5.456,06
Subtotal		R\$ 5.149,99	R\$ 12.786,51	R\$ 5.474,58	R\$ 12.786,51	R\$ 3.943,33	R\$ 8.633,03	R\$ 5.366,78	R\$ 8.361,73
Total (Mensal)		R\$ 17.936,50		R\$ 18.261,09		R\$ 12.576,36		R\$ 13.728,52	

Fonte: Autoria própria

- Cenário 3

Tabela 6.16: OPEX mensal - Cenário 3

OPEX							
Cenário 3	Início de Plano			Final de Plano			
	Reciclável	Orgânico	Rejeito	Reciclável	Orgânico	Rejeito	
coleta por semana	1	4	3	2	4	2	
Viagem (s)	4	5	2	5	5	2	
Distância Percurso (km)	45,21	45,21	45,21	45,21	45,21	45,21	
Distância mensal (km)	236,84	1003,36	626,52	501,68	1003,36	417,68	
Funcionários	Motorista	1	1	1	1	1	
	Operário	4	4	4	4	4	
Custo (Mensal)	Combustível	R\$ 613,33	R\$ 2.598,32	R\$ 1.622,45	R\$ 1.299,16	R\$ 2.598,32	R\$ 1.081,63
	Mão de obra	R\$ 209,25	R\$ 837,00	R\$ 627,75	R\$ 418,50	R\$ 837,00	R\$ 418,50
		R\$ 557,85	R\$ 2.231,38	R\$ 1.673,54	R\$ 1.115,69	R\$ 2.231,38	R\$ 1.115,69
Subtotal		R\$ 1.380,42	R\$ 5.666,70	R\$ 3.923,73	R\$ 2.833,35	R\$ 5.666,70	R\$ 2.615,82
Total		R\$ 10.970,86			R\$ 11.115,88		

Fonte: Autoria própria

- Cenário 4:

Tabela 6.17: OPEX mensal - Cenário 4

OPEX		Situação 1				Situação 2			
Cenário 4		Início de Plano		Final de Plano		Início de Plano		Final de Plano	
Fração		Reciclável	Não reciclável	Reciclável	Não reciclável	Reciclável	Não reciclável	Reciclável	Não reciclável
Coleta por semana		1	3	3	3	1	3	2	3
Viagem (s)		4	4	4	4	4	4	5	4
Distância Percurso (km)		25	45,21	25	45,21	14	45,21	14	45,21
Distância mensal (km)		156	710,52	468	710,52	112	710,52	252	710,52
Funcionários	Motorista	1	1	1	1	1	1	1	1
	Operário	2	4	2	4	2	4	2	4
Custo (Mensal)	Combustível	R\$ 403,98	R\$ 1.839,98	R\$ 1.211,94	R\$ 1.839,98	R\$ 290,04	R\$ 1.839,98	R\$ 652,58	R\$ 1.839,98
	Mão de obra	R\$ 209,25	R\$ 627,75	R\$ 627,75	R\$ 627,75	R\$ 209,25	R\$ 627,75	R\$ 418,50	R\$ 627,75
		R\$ 278,92	R\$ 1.673,54	R\$ 836,77	R\$ 1.673,54	R\$ 278,92	R\$ 1.673,54	R\$ 557,85	R\$ 1.673,54
	Lavagem dos contentores	R\$ 4.257,84	-	R\$ 2.835,80	-	R\$ 3.165,12	-	R\$ 3.526,85	-
Subtotal		R\$ 5.149,99	R\$ 4.141,26	R\$ 5.512,26	R\$ 4.141,26	R\$ 3.943,33	R\$ 4.141,26	R\$ 5.155,78	R\$ 4.141,26
Total (Mensal)		R\$ 9.291,26		R\$ 9.653,52		R\$ 8.084,59		R\$ 9.297,04	

Fonte: Autoria própria

- Cenário 5

Tabela 6.18: OPEX mensal - Cenário 5

OPEX		Situação 1						Situação 2					
Cenário 5		Início de Plano			Final de Plano			Início de Plano			Final de Plano		
Fração		Reciclável	Orgânico	Rejeito	Reciclável	Orgânico	Rejeito	Reciclável	Orgânico	Rejeito	Reciclável	Orgânico	Rejeito
Coleta por semana		1	4	4	3	4	4	1	4	4	3	4	4
Viagem (s)		4	5	1	4	5	1	4	5	1	4	5	1
Distância Percurso (km)		25	25	25	25	25	25	14	14	14	14	16	14
Distância mensal (km)		156	680	456	468	680	456	112	504	280	336	536	280
Funcionários	Motorista	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Operário	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Custo (Mensal)	Combustível	R\$ 403,98	R\$ 1.760,94	R\$ 1.180,87	R\$ 1.211,94	R\$ 1.760,94	R\$ 1.180,87	R\$ 290,04	R\$ 1.305,17	R\$ 725,09	R\$ 870,11	R\$ 1.388,04	R\$ 725,09
	Mão de obra	R\$ 209,25	R\$ 837,00	R\$ 837,00	R\$ 627,75	R\$ 837,00	R\$ 837,00	R\$ 209,25	R\$ 837,00	R\$ 837,00	R\$ 627,75	R\$ 837,00	R\$ 837,00
		R\$ 278,92	R\$ 1.115,69	R\$ 1.115,69	R\$ 836,77	R\$ 1.115,69	R\$ 1.115,69	R\$ 278,92	R\$ 1.115,69	R\$ 1.115,69	R\$ 836,77	R\$ 1.115,69	R\$ 1.115,69
	Lavagem dos contentores	R\$ 3.053,59	R\$ 4.232,22	R\$ 3.117,64	R\$ 2.835,80	R\$ 4.232,22	R\$ 2.810,17	R\$ 3.165,12	R\$ 3.526,85	R\$ 3.225,41	R\$ 2.893,82	R\$ 3.798,14	R\$ 2.712,96
Subtotal		R\$ 3.945,74	R\$ 7.945,85	R\$ 6.251,20	R\$ 5.512,26	R\$ 7.945,85	R\$ 5.943,73	R\$ 3.943,33	R\$ 6.784,71	R\$ 5.903,19	R\$ 5.228,45	R\$ 7.138,87	R\$ 5.390,74
Total (Mensal)		R\$		18.142,79	R\$		19.401,83	R\$		16.631,23	R\$		17.758,06

Fonte: Autoria própria

Assim, a comparação entre todos os cenários é apresentada na **Tabela 6.19**, indicando os custos mensais no início e final de plano, assim como das duas situações estudadas (S1 e S2, para os cenários 1, 2, 4 e 5).

Tabela 6.19: Resumo do OPEX mensal para os 6 cenários

OPEX			Cenário 0		Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3		Cenário 4		Cenário 5	
			Quantidade de coleta por semana	Viagens	Quantidade de coleta por semana	Viagens	Quantidade de coleta por semana	Viagens	Quantidade de coleta por semana	Viagens	Quantidade de coleta por semana	Viagens	Quantidade de coleta por semana	Viagens
Situação 1	Início de plano	Recicláveis	1X	1	1X	4	1X	4	1X	4	1X	4	1X	4
		Não recicláveis	Diário	1	3X	3	3X	3	4X	5	3X	4	4X	5
		Orgânicos							3X	2			4X	1
		Rejeitos												
Custo mensal			R\$ 10.173,25		R\$ 21.342,00		R\$ 17.936,50		R\$ 10.970,86		R\$ 9.291,26		R\$ 18.142,79	
Fim de plano	Recicláveis	1X	1	2X	5	3X	4	2X	5	3X	4	3X	4	
	Não recicláveis	Diário	1	3X	3	3X	3	4X	5	3X	4	4X	5	
		Orgânicos						2X	2			4X	1	
		Rejeitos												
Custo mensal			R\$ 10.173,25		R\$ 22.307,44		R\$ 18.261,09		R\$ 11.115,88		R\$ 9.653,52		R\$ 19.401,83	
Situação 2	Início de plano	Recicláveis	1X	1	1X	4	1X	4	1X	4	1X	4	1X	4
		Não recicláveis	Diário	1	4X	2	4X	2	4X	5	3X	4	4X	5
		Orgânicos							3X	2			4X	1
		Rejeitos												
Custo mensal			R\$ 10.173,25		R\$ 11.008,87		R\$ 12.756,36		R\$ 10.970,86		R\$ 8.084,59		R\$ 16.631,23	
Fim de plano	Recicláveis	1X	1	3X	4	2X	5	2X	5	2X	5	3X	4	
	Não recicláveis	Diário	1	4X	2	4X	2	4X	5	3X	4	4X	5	
		Orgânicos							2X	2			4X	1
		Rejeitos												
Custo mensal			R\$ 10.173,25		R\$ 12.173,00		R\$ 13.728,52		R\$ 11.115,88		R\$ 9.297,04		R\$ 17.758,06	

Fonte: Autoria própria

As **Tabelas 6.20 e 6.21** indicam como foram atribuídas as pontuações para cada cenário. Diferentemente do CAPEX, os cenários 1, 2, 4 e 5 apresentam custos operacionais mensais menores na Situação 2, que utilizam quantidades menores de dispositivos, de tal forma que no cenário 1 (contentores subterrâneos), a pontuação é diferente nas duas situações.

Tabelas 6.20 e 6.21: Pontuação OPEX

Intervalo		Pontuação	Pontuação	
			Cenários	Situação 1 Situação 2
< R\$ 10.000		3	Cenário 0	2 2
Entre R\$ 10.000,00 e \$ 20.000,00		2	Cenário 1	1 2
> R\$ 20.000,00		1	Cenário 2	2 2
			Cenário 3	2 2
			Cenário 4	3 3
			Cenário 5	2 2

Fonte: Autoria própria

- Facilidade na Separação (1 a 3)

Para mensurar este indicador foram considerados fatores como: a facilidade de separação dos resíduos que cada dispositivo proporciona ao usuário e se o cenário promove a separação dos resíduos em quantas frações (orgânico, reciclável e rejeitos).

Assim, o cenário 0 recebe pontuação 1, pois não incentiva a população a separar de

fato os resíduos. Os outros cenários dispõem de equipamentos que promovem a separação dos resíduos de forma facilitada.

Os cenários 1, 2 e 4 receberam nota 2, pois separam os resíduos em duas frações (orgânica e recicláveis). Já os outros cenários receberam maior pontuação, pois separam os resíduos em três frações.

A **Tabela 6.22** apresenta a pontuação dos diferentes cenários no quesito Facilidade na Segregação.

Tabela 6.22 – Atribuição de notas

Facilidade na Segregação	
Cenário	Pontuação
0	1
1	2
2	2
3	3
4	2
5	3

Fonte: Autoria própria

□ Emissão de poluentes no transporte (1 a 3)

A pontuação de emissão de poluentes no transporte será proporcional à distância mensal percorrida pelo caminhão de coleta, levando em conta o tipo de coleta (porta a porta ou mecanizada), a quantidade de coleta por mês e o número de viagens necessários (incluindo a distância da área de estudo até a central de transbordo mais próximo). As **Tabelas 6.23 e 6.24** mostram intervalo de notas e a pontuação de cada cenário, respectivamente.

Tabelas 6.23 e 6.24: Pontuação dos cenários

		Emissão de Poluentes no transporte				
		Média mensal (início e final de plano)				
Intervalo	Nota	Cenário	Situação 1 (km)	Nota	Situação 2 (km)	Nota
<300 km	3	0	779,4	1	779,4	1
Entre 300 a 600 km	2	1	337,0	2	296,0	3
> 600 km	1	2	369,0	2	275,0	3
		3	631,6	1	631,6	1
		4	511,3	2	446,3	2
		5	482,7	2	341,3	2

Fonte: Autoria própria

□ Infraestrutura (1 a 3)

A mensuração da importância deste indicador considerou a necessidade de modificação da infraestrutura local para a instalação dos dispositivos, como por exemplo, o recuo de calçadas e obras subterrâneas. Assim, cenários que necessitam de um estudo mais detalhado e obras mais complexas, como é o caso das lixeiras subterrâneas, receberam a menor pontuação, e os cenários que utilizam apenas sacolas plásticas, onde não há necessidade de modificação da infraestrutura, receberam a maior pontuação. Os cenários que utilizam contêineres, devido à possível necessidade de

adaptação das calçadas, receberam pontuação intermediária (**Tabela 6.25**).

Tabela 6.25: Pontuação do indicador de infraestrutura

Infraestrutura	
Cenário	Pontuação
0	3
1	1
2	2
3	3
4	2
5	2

Fonte: Autoria própria

□ Dimensão espacial (1 a 3)

Este indicador corresponde ao espaço que o dispositivo ocupa, ou seja, se sua alocação pode vir a atrapalhar a mobilidade civil. Os cenários que utilizam contêineres receberam a pior nota, devido ao grande espaço requerido; o cenário 1, das lixeiras subterrâneas, recebeu nota intermediária, já que não ocupam tanto espaço como os contêineres. O cenário 3, que divide os RSD em três frações e utilizam sacolas plásticas, recebeu a maior nota, e o cenário 0 (atual), mesmo utilizando sacolas plásticas, não promove a separação adequada dos resíduos, resultando muitas vezes em acúmulos de RSD nas calçadas, atrapalhando a mobilidade civil, recebendo assim, nota intermediária. A pontuação para este indicador é resumida na **Tabela 6.26**.

Tabela 6.26: Pontuação do indicador dimensão espacial

Dimensão Espacial	
Cenário	Pontuação
0	2
1	2
2	1
3	3
4	1
5	1

Fonte: Autoria própria

□ Eficiência na coleta (1 a 3)

A eficiência na coleta corresponde ao tempo requerido para a atividade. Assim, cenários com dispositivos que necessitem de menor tempo para coletar os resíduos na área de estudo terão classificação melhor.

Como a coleta porta-a-porta demanda maior tempo em relação à coleta localizada, o cenário terá maior pontuação se a coleta for realizada em locais estratégicos. Assim, os cenários 1,2 e 5 que possuem apenas coleta em locais estratégicos receberam maior nota, o cenário 4 que possui coleta do tipo porta-a-porta e mecanizada recebeu nota intermediária, e os cenários 1 e 3 (apenas coleta porta a porta) receberam a menor nota. A **Tabela 6.27** resume a pontuação dos cenários para este indicador.

Tabela 6.27: Pontuação do indicador eficiência na coleta

Eficiência na Coleta	
----------------------	--

Cenário	Pontuação
0	1
1	3
2	3
3	1
4	2
5	3

Fonte: Autoria própria

☐ Segurança do trabalho (1 a 3)

Maior segurança será assegurada se a coleta for realizada com o caminhão de coleta mecanizada, pois diminui o risco à saúde e aumenta a segurança dos trabalhadores. Assim, a pontuação é menor em cenários que se utilizam da coleta convencional (porta a porta), tal como apresentado na **Tabela 6.28**.

Tabela 6.28: Pontuação do indicador segurança no trabalho

Segurança no Trabalho	
Cenário	Pontuação
0	1
1	3
2	3
3	1
4	1
5	3

Fonte: Autoria própria

☐ Vandalismo (1 a 3)

Como os dispositivos de acondicionamento estão suscetíveis ao vandalismo, cenários 0 e 3 possuem maior pontuação, pois não se utilizam desses dispositivos.

O cenário 1 possui a pior pontuação, já que o impacto do vandalismo é maior em lixeiras subterrâneas. Isso porque a danificação deste sistema impossibilita o recolhimento dos resíduos, além da possibilidade de se tornar um local de proliferação de vetores. Pode-se citar, também, o fato do custo maior de reposição ser maior em relação aos contêineres.

A **Tabela 6.29** apresenta a pontuação para os diferentes cenários quanto a este indicador.

Tabela 6.29: Pontuação do indicador vandalismo

Vandalismo	
Cenário	Pontuação
0	3
1	1
2	2
3	3
4	2
5	2

Fonte: Autoria própria

□ Geração de empregos (1 a 3)

Como foi considerado que todos os cenários irão ter a mesma porcentagem de resíduos reciclados no final de horizonte no projeto (exceto o cenário atual), o número de empregos gerados na etapa de triagem será a mesma, a diferença na pontuação será dada pelo tipo de coleta (porta-a porta, que necessita de mais funcionários, e mecanizado ou adaptado com “Munck”) e também pela geração de empregos gerados na usina de compostagem (**Tabelas 6.30 e 6.31**).

Tabela 6.30 e 6.31: Atribuição de notas

Atribuição de notas (Somatória dos pontos)		Geração de Empregos				
		Cenário	Coleta	Triagem	Compostagem	Notas
Tipo	1 ponto	0	Porta-à-porta	Não	Não	1
Coleta	Porta-à-porta	1	Mecanizada	Sim	Não	1
Triagem	Sim	2	Mecanizada	Sim	Não	1
Compostagem	Sim	3	Porta-à-porta	Sim	Sim	3
		4	Porta-à-porta e Mecanizada	Sim	Não	2
		5	Mecanizada	Sim	Sim	2

Fonte: Autoria própria

As pontuações dos diferentes cenários estudados são apresentadas nas **Tabela 6.32** (para a Situação 1) e **Tabela 6.33** (Situação 2), sintetizada na Matriz de Decisão dos Cenários. A pontuação final é a ponderação dos pesos (obtidos dos questionários) vezes a pontuação dos indicadores, e as partes realçados em amarelo na **Tabela 6.33** indicam a diferença de pontuação entre as Situações 1 e 2.

Tabela 6.32: Matriz de Decisão dos Cenários – Situação 1

MATRIZ DE DECISÃO - SITUAÇÃO 1								
ASPECTO	INDICADORES	PESO	CENÁRIO 0	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4	CENÁRIO 5
ECONÔMICO	CAPEX	11,13%	4	1	2	2	3	2
	OPEX	11,47%	2	1	2	2	3	2
AMBIENTAL	Facilidade na Segregação	10,72%	1	2	2	3	2	3
	Emissão de poluentes no transporte	8,88%	1	2	2	1	2	2
TÉCNICO	Infraestrutura	10,39%	3	1	2	3	2	2
	Dimensão espacial	9,67%	2	2	1	3	1	1
	Eficiência na coleta	10,12%	1	3	3	1	2	3
SOCIAL	Segurança no trabalho	9,79%	1	3	3	1	1	3
	Vandalismo	8,73%	3	1	2	3	2	2
	Geração de empregos	9,10%	1	1	1	3	2	2
PONTUAÇÃO FINAL			1,93	1,69	2,01	2,20	2,03	2,21

Fonte: Autoria própria

Tabela 6.33: Matriz de Decisão dos Cenários – Situação 2

MATRIZ DE DECISÃO - SITUAÇÃO 2								
ASPECTO	INDICADORES	PESO	CENÁRIO 0	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4	CENÁRIO 5
ECONÔMICO	CAPEX	11,13%	4	1	2	2	3	2
	OPEX	11,47%	2	2	2	2	3	2
AMBIENTAL	Facilidade na Segregação	10,72%	1	2	2	3	2	3
	Emissão de poluentes no transporte	8,88%	1	3	3	1	2	2
TÉCNICO	Infraestrutura	10,39%	3	1	2	3	2	2
	Dimensão espacial	9,67%	2	2	1	3	1	1
	Eficiência na coleta	10,12%	1	3	3	1	2	3
SOCIAL	Segurança no trabalho	9,79%	1	3	3	1	1	3
	Vandalismo	8,73%	3	1	2	3	2	2
	Geração de empregos	9,10%	1	1	1	3	2	2
PONTUAÇÃO FINAL			1,93	1,89	2,10	2,20	2,03	2,21

Fonte: Autoria própria

Por fim, as **Tabelas 6.34 e 6.35**, mostram a classificação dos cenários referentes às Situações 1 e 2, respectivamente. Pode-se observar que na Situação 2 a classificação difere apenas no terceiro e quarto colocado, referentes aos cenários 2 e 4, em relação à primeira situação.

Tabela 6.34/35: Classificação dos cenários, referentes às duas situações

Situação 1 - Distância máxima de 100 metros de percurso entre a residência e o dispositivo (caso necessário)				Situação 2 - Quantidade mínima de pontos e distância máxima de 500 metros			
CLASSIFICAÇÃO	CENÁRIO	Tipo	Nota	CLASSIFICAÇÃO	CENÁRIO	Tipo	Nota
1°	5	Contêineres/ 3 Frações	2,21	1°	5	Contêineres/ 3 Frações	2,21
2°	3	Sacolas plásticas/ 3Frações	2,20	2°	3	Sacolas plásticas/ 3Frações	2,20
3°	4	Contêineres e Sacolas plásticas/ 2 frações	2,03	3°	2	Contêineres/ 2 frações	2,10
4°	2	Contêineres/ 2 frações	2,01	4°	4	Contêineres e Sacolas plásticas/ 2 frações	2,03
5°	0	Atual	1,93	5°	0	Atual	1,93
6°	1	Contentores subterrâneos/ 2 frações	1,69	6°	1	Contentores subterrâneos/ 2 frações	1,89

Fonte: Autoria própria

6.2 Resultados Obtidos

A partir das matrizes de decisão foi possível determinar qual sistema de acondicionamento e coleta seria o mais apropriado para ser implantado nessa área de estudo. Mesmo estudando duas situações diferentes, a distância máxima percorrida e a quantidade mínima de contentores, ambas as situações apresentaram resultados similares.

O cenário 5 foi o que apresentou a melhor pontuação final. Isso se deve ao fato de ser coleta localizada, do tipo mecanizada e que divide os RSD em três frações, promovendo uma melhor separação dos resíduos e maior segurança dos trabalhadores, além de apresentar maior eficiência na coleta. O ponto negativo desse cenário é o grande espaço requerido para a instalação dos contêineres, sendo mais apropriada a utilização do cenário 5 na Situação 2, mesmo o CAPEX se apresentando maior que o da Situação 1. No entanto, vale ressaltar que o OPEX do cenário 5 na Situação 2 é menor que o da Situação 1; a nota atribuída só não foi diferente devido ao intervalo adotado.

O cenário 3, que utilizam as sacolas plásticas e divide os RSD em três frações, ficou na segunda colocação, apresentando nota final bem próxima à do cenário 5. Isso se deve ao fato de não requerer modificações na infraestrutura local e nem grandes espaços, além de promover melhor segregação dos resíduos e maior geração de empregos.

O pior cenário apresentado foi o das lixeiras subterrâneas, provando novamente ser um dispositivo pouco eficaz no quadro brasileiro; isso se deve principalmente aos altos custos de OPEX e CAPEX, que obteve os maiores pesos nos questionários, e assim, influenciando significativamente na classificação final.

7. CONCLUSÃO

O presente trabalho buscou analisar de forma mais aprofundada e crítica o cenário do acondicionamento e coleta de resíduos domiciliares no município de São Paulo. A estratégia utilizada foi a proposição de diferentes cenários, confrontando-os com o cenário atual para ambas as etapas do gerenciamento de RSU e a busca da escolha do melhor cenário, considerando aspectos ambientais, técnicos, sociais e econômicos. É válido destacar que foram feitas diversas simplificações e adotadas hipóteses que, para a realidade brasileira atual, são um tanto quanto difíceis de se concretizarem. Porém, este

estudo pode servir de base para análises mais minuciosas, considerando diferentes hipóteses. Uma análise interessante que poderia ser feita é o dimensionamento dos dispositivos de acondicionamento considerando diferentes porcentagens de adesão da população à coleta seletiva.

Uma crítica a ser colocada foi a consideração da distância máxima de 100 metros que o munícipe está disposto a andar para dispor seus resíduos, no caso brasileiro. Devido a isso, foi considerado uma segunda situação, tendo como base estudos conduzidos na Europa, os quais afirmaram que as pessoas estão dispostas a caminhar até no máximo cinco minutos para dispor seus resíduos (Torres et. al., 2003, apud Peixoto, Campos, D'Agosto, s.a.). Peixoto, Campos e D'Agosto, s.a., chegaram a valores entre 300 e 500 metros de distância entre a residência do munícipe até o ponto de entrega de resíduos mais próximo.

No presente estudo, o Cenário 5 foi o que apresentou a melhor pontuação final (cenário composto por contêineres separando o RSD em três frações – orgânica, reciclável e rejeito, sendo a coleta localizada e mecanizada), seguido do Cenário 3 (cenário que emprega sacolas separando o RSD em três frações, sendo a coleta porta-a-porta), enquanto que o pior cenário apresentado foi o das lixeiras subterrâneas (cenário empregando lixeiras subterrâneas de duas frações – reciclável e não reciclável, com coleta localizada e mecanizada).

Mesmo estudando duas situações diferentes, a distância máxima percorrida e a quantidade mínima de contentores, ambas as situações apresentaram resultados similares.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2014**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf>>. Acesso em 20 nov.2017.

ABRELPE. **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2015**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>>. Acesso em 20 nov.2017.

ALIANÇAS PÚBLICO PRIVADAS. **Estudo De Viabilidade Técnica e Econômica para Implantação da Logística Reversa por Cadeia Produtiva: Componente: Produtos e embalagens pós-consumo**. 141p. 2012.

BRAGA, A. F.; RIBEIRO, H.; GUNTHER, W. M. R. **Preliminary Evaluation of the Program Goals for Recycled Solid Waste in the São Paulo Municipality, Brazil**. 16th International Waste Management and Landfill Symposium. Sardinia, Itália. 2017.

BRASIL. LEI Nº 12.305, DE 12 DE AGOSTO DE 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em 5 Junho 2017.

CENTRAL DE SISTEMAS ANP. CSA. **Síntese dos Preços Praticados - Diesel S10**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Por_Estado_Index.asp>. Acesso em 20 Novembro 2017.

CODEPAS. **Novo caminhão para coleta seletiva**, 2017. Disponível em: <http://www.codepas.com.br/site/cpt_noticias/codepas-novo-caminhao-para-coleta-seletiva/> Acesso em 24 nov.2017.

COLOMBARI, J. C. MORETTI, E. C. **A Política Nacional de Resíduos Sólidos e a sua Concretização em Paulínia – SP**. Revista Formação, n. 21, vol. 2, p. 49 – 70. 2014.

CONTEMAR AMBIENTAL. **Contentor Soterrado de Carga Traseira**. Disponível em <<http://www.contemar.com.br/produto/contentor-soterrado-traseiro>>. Acesso em 17 Junho 2017.

DAMAEQ. **PANDA - 15M³ - 19M³ - 21M³ COLETOR COMPACTADOR**. Disponível em <<http://www.damaeq.com.br/produtos/coletores/caminhao-lixo-damaeq/>>. Acesso em 18 de Novembro 2017.

ESTADÃO. **A História do Belém**. São Paulo, Brasil, nov. 2015. Disponível em: <<http://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,a-historia-do-belem,1794023>> . Acesso em 18 nov. 2017.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. SEADE. **Perfil dos Municípios Paulistas**. Disponível em: <<http://www.perfil.seade.gov.br/?>>. Acesso em 19 de Novembro 2017.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. IPT. **RSU Energia “Um Programa IPT de Apoio às Prefeituras nas Decisões Relativas a Resíduos Sólidos Urbanos” Fase 2 – Montagem e Desenvolvimento**. Relatório técnico. São Paulo, 2017.

JUNIOR, A. P.; FILHO, P. C. O. **Análise de Rotas de Coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares com Uso de Geoprocessamento**. Revista Ciências Agrárias Ambientais, v. 8, n. 2, p. 131 - 144, abr./jun. 2010. Curitiba, 2010.

KAWATOKO, L. E. S. **Ferramentas de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos para os Planos Municipais de Saneamento Básico, aplicadas ao estudo de caso de Campinas-SP**. 2015. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

LIMA, K. **Qual diferença entre CAPEX e OPEX?** Planning IT Technology, 2013. Disponível em: <<https://planningit.wordpress.com/2013/11/06/qual-diferenca-entre-capex-e-opex/>>. Acesso em 28 de Agosto 2017.

LIMA, R. M. S. R. **Implantação de um programa de coleta seletiva porta a porta com inclusão de catadores: estudo de caso em Londrina – PR**. 2006. 175p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

LOGÍSTICA AMBIENTAL DE SÃO PAULO – LOGA. **Coleta Mecanizada: Modelos utilizados no Agrupamento Noroeste de São Paulo**. Disponível em: <http://www.ablp.org.br/public_html/tecnologia/userfiles/file/Apresentacao-Loga.pdf>. Acesso em 11 de Novembro de 2017.

PALFINGER. **C70G COMUNAL**. Disponível em: <<https://www.palfinger.com/pt-BR/bra/produtos/guindastes-florestais-e-sucateiros/C70G77+Comunal>>. Acesso em: 22 de Setembro 2017.

PISO SALARIAL. **Tabela Salarial - Piso Salarial e Salário Médio das Profissões 2017**. Disponível em: <<http://www.pisosalarial.com.br/salarios/tabela-salarial/>>. Acesso em 20 de Novembro 2017.

PORTAL DA CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto prorroga fim dos lixões para 2024 e prevê apoio técnico e financeiro da União**. São Paulo, Brasil, 2016. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/MEIO-AMBIENTE/503947-PROJETO-PRORROGA-FIM-DOS-LIXOES-PARA-2024-E-PREVE-APOIO-TECNICO-E-FINANCEIRO-DA-UNIAO.html>>. Acesso em: 17 out. 2017.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **ECOPONTO - Estação de Entrega Voluntária de Inservíveis**. 2013. Disponível em: <<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/regionais/amliurb/ecopontos/index.php?p=4626>>. Acesso em: 22 de Setembro 2017.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da cidade de São Paulo**. 2014. Disponível em: <<http://polis.org.br/wp-content/uploads/PGIRS-2014.pdf>>. Acesso em: 30 de Setembro 2017.

RESEARCH CENTER FOR GAS INNOVATION NEWS. RCGI NEWS. **Membros do RCGI visitam a LOGA para conhecer caminhão de lixo a GNV**. Disponível em: <<http://rcgi.poli.usp.br/news/?p=242>>. Acesso em 20 de Novembro 2017.

ROVIRIEGO, L. F. V. **Proposta de uma metodologia para a avaliação de sistemas de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares**. 2005. 132 p. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos.

SABESP. **Agência Virtual - Tarifas**. Disponível em: <<https://www9.sabesp.com.br/agenciavirtual/pages/tarifas/tarifas.iface>>. Acesso em 10 de Janeiro de 2018.

SÃO PAULO IN FOCO. **Mais Um Bairro Centenário em SP: A História do Belenzinho**. São Paulo, Brasil, maio de 2016. Disponível em: <<http://www.saopauloinfoco.com.br/provisorio-historia-do-belenzinho/>>. Acesso em 18 de nov. 2017.

TIERNO, R. **Diagnóstico e Sistematização de Estratégias para a Gestão dos Resíduos Domiciliares Aplicáveis a Políticas de Planejamento Urbano**. 2017. 187 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo.

WALTER, P. **Despesas de Manutenção, Investimento, CAPEX, OPEX e outras confusões**. LinkedIn, 2016. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/despesas-de-manuten%C3%A7%C3%A3o-investimento-capex-opex-e-outras-paulo-walter>>. Acesso em 28 de Agosto 2017.

Anexo

Anexo A – Questionário de ponderação de indicadores para acondicionamento e coleta de RSU

Resíduos Sólidos Urbanos – ponderação de critérios

(Este questionário tem apenas uma página e pode ser respondido em, no máximo, 5 minutos)

O presente formulário faz parte do Trabalho Final de Graduação de três alunos do curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, cujo tema é a Segregação dos RSU nas fases de Armazenamento Externo e Coleta, dentro do gerenciamento de RSU. O objetivo do trabalho é analisar a influência dos dispositivos de armazenamento externo e coleta para o aumento da segregação dos resíduos.

O trabalho irá analisar diversos cenários, cada qual usando dispositivos de armazenamento externo e formas de coleta dos RSU diferentes. Será feita uma matriz de decisão, utilizando os critérios abaixo descritos, para ponderar e classificar tais cenários. Para tanto, é preciso definir os pesos de cada um dos critérios e, para isso, pedimos a ajuda de pessoas que atuam no ramo de RSU.

As informações coletadas neste formulário têm apenas fins acadêmicos. Não divulgaremos seu nome.

Agradecemos muito a sua colaboração!

***Obrigatório**

1. Nome*

2. Área de atuação*

3. Qual o parâmetro que mais afeta na escolha dos dispositivos de Segregação dos RSU nas fases de Armazenamento Externo e Coleta? Coloque os parâmetros em ordem de importância (pode haver dois ou mais parâmetros na mesma colocação. Por exemplo: "Eficiência na coleta" e "Segurança do trabalho" com o mesmo peso)*

Marque todas que se aplicam

	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º
Econômico - OPEX (custo de operação do sistema)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Econômico - CAPEX (custo de capital, investimentos)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ambiental - Eficiência na segregação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ambiental - Emissão de poluentes no transporte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Técnico - Infraestrutura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Técnico - Dimensão espacial do dispositivo de armazenamento externo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Técnico - Eficiência na coleta (mão de obra requerida, tempo de coleta)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Social - Vandalismo (facilidade do equipamento ser alvo de vandalismo, como roubo)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Segurança do trabalho (risco de acidentes e de contaminação)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Social - Geração de empregos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>