



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DURVAL MALUF FILHO

ANÁLISE DAS PERSPECTIVAS PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE
RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA POR GASEIFICAÇÃO: URE - HELIÓPOLIS

São Paulo

2020

DURVAL MALUF FILHO

ANÁLISE DAS PERSPECTIVAS PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE
RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA: URE - HELIÓPOLIS

Monografia apresentada ao Programa de Educação
Continuada da Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do título de Especialista em
Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência
Energética.

Área de Concentração: Energia

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Suani Teixeira Coelho

Coordenador: Prof.^o Dr. José Roberto Simões Moreira

São Paulo

2020

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catalogação da Publicação
Universidade de São Paulo



AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente à minha esposa Patrycia, meus filhos Tarek, Aref e Laura, e a todos os meus familiares, pela compreensão e apoio em meses de estudo e dedicação exclusiva, o que nos privou da companhia e de momentos importantes de nossas vidas.

Agradeço à Coordenação deste trabalho, Prof.^a Dr^a. Suanie Teixeira Coelho, que aceitou coordenar este trabalho, e à qual dedico esta humilde colaboração, que objetivou estudo e divulgação dos problemas e das melhores práticas da área de recuperação energética de resíduos, objeto de dedicação ao longo de sua extensa vida profissional.

Agradeço a todos que de alguma forma colaboraram com a produção deste trabalho, em especial, aos Engs. Luciano Reis Iniesta e Felipe Rinaldi Barbosa, da Carbogas, que, além de fornecerem informações valiosas para este trabalho, fruto da experiência de anos de dedicação, abriram as portas da empresa, demonstrando elevado profissionalismo, conhecimento e cordialidade.

RESUMO

O crescimento populacional global acelerado e consequente aumento das taxas de ocupação territorial humana em metrópoles e centros urbanos, aliados às tendências de consumo verificadas em todo o mundo, está acarretando graves problemas às populações, relacionados ao meio ambiente e à sustentação energética desta atividade humana. A quantidade de resíduos sólidos gerados extrapola a capacidade do meio ambiente em absorver os impactos destas atividades, fornecendo como resposta a escassez de seus recursos e uma série de desastres naturais, demonstrando de forma cruel e, em certos casos, permanente.

Objetiva, pois, o presente trabalho, avaliar as perspectivas para implantação de uma Unidade de Recuperação de Energia – URE – Heliópolis, através da seleção da tecnologia mais adequada ao estudo de caso. O trabalho procura contribuir com informações técnicas, econômicas, ambientais e sociais, no âmbito dos poderes (federal, estadual e municipal) executivo e legislativo, bem como da sociedade civil - empresas da área energética e ambiental, organizações não governamentais, investidores, indústria e comércio relacionados, comunidade acadêmica, profissionais das áreas envolvidas e população em geral.

O estudo de caso de Heliópolis pretende colaborar com todos os municípios e localidades com cenário similar, expondo os problemas enfrentados pela população local, desde a coleta até a destinação final destes resíduos. Serão analisadas as tecnologias mais adequadas, disponíveis comercialmente, bem como as aplicações mais usuais no Mundo e no Brasil, em países desenvolvidos e em desenvolvimento. Verificou-se que para municípios de pequeno e médio porte, como no caso de Heliópolis, a tecnologia mais indicada seria a de gaseificação, considerando a viabilidade técnica, econômica, ambiental e social, de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Palavras chave: Cogeração, Energia, Gaseificação, Gás de Síntese, Resíduos Sólidos Urbanos, Syngas.

ABSTRACT

The accelerated global population growth and the consequent increase in the rates of human territorial occupation in metropolises and urban areas, combined with the consumption trends verified all over the world, is causing serious problems to the populations, related to the environment and the energy support of this human activity. The amount of solid waste generated goes beyond the capacity of the environment to absorb the impacts of these activities, providing as a response in a cruel and in certain cases permanent way the scarcity of its resources and a series of natural disasters.

Therefore, the objective of the present work is to evaluate the prospects for implementing an Energy Recovery Unit - URE - Heliopolis, through the selection of the most appropriate technology for the case study. The work seeks to contribute with technical, economic, environmental and social information, within the executive and legislative powers (federal, state and municipal), as well as civil society - energy and environmental companies, non-governmental organizations, investors, industry and commerce, academic community, professionals in the areas involved and the population.

The Heliopolis case study intends to collaborate with all municipalities and region with a similar scenario, exposing the problems faced by the local population, from the collection to the end destination of the MSW. The most appropriate technologies available commercially will be analysed, as well as the most common applications in the world and in Brazil, in developed and developing countries. It was found that for small and medium-sized municipalities or regions, as in the case of Heliopolis, the most suitable technology would be gasification, considering the technical, economic, environmental and social feasibility, according to the in course Brazilian National Solid Waste Policy (PNRS).

Keywords: CHP – Combined Heat and Power, Energy, Gasification, Municipal Solid Waste,

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Tratamento de resíduos por tipo de recuperação e descarte, 2016 (participação percentual em toneladas)	20
Figura 2 – Produção Anual de RSU per capita X PIB	21
Figura 3 – Potência Instalada de Geração de Energia Elétrica no Mundo a partir de Resíduos Sólidos Urbanos	22
Figura 4 – Método de Disposição de RSU por Renda <i>per capita</i> e por região	23
Figura 5 – 10 Países com as maiores potências instaladas de geração por RSU	24
Figura 6 – Taxa diária de geração de resíduos em países asiáticos	28
Figura 7 – Gerenciamento de RSU – Países Asiáticos	29
Figura 8 – África Subsaariana	32
Figura 9 – África – Evolução da Matriz Energética na última década	33
Figura 10 – Indicação da vida útil estimada dos locais de destinação final de RSU	40
Figura 11 – Composição gravimétrica do RSU do Município de São Paulo	41
Figura 12 – Composição gravimétrica do RSU do Município de São Paulo	41
Figura 13 – Geração de eletricidade a partir de RSU em municípios menores	45
Figura 14 – Matriz Elétrica do Brasil - Capacidade instalada – ago/2020	48
Figura 15 – Evolução da Matriz Elétrica Brasileira – ago/2020	49
Figura 16 – Balanço de Energia Elétrica nos Submercados Brasileiros	50
Figura 17 – Bioenergia – Rotas de Conversão	60
Figura 18 – Planta de incineração de resíduos	66
Figura 20 – Gaseificadores de Leito Fijo	69
Figura 21 – Gaseificador de Leito Borbulhante	71
Figura 22 – Gaseificador de Leito Circulante	72
Figura 19 – Etapas da Gaseificação	73
Figura 23 – Distribuição da população brasileira por município	79
Figura 24 – Instalações à Gaseificação	80
Figura 25 – Projeto UNIDO/UNEP/GEF – Cuba, Isla de la Juventud	81
Figura 26 – Cuba: Cocodrillo Power Plant, Isla de la Juventud	81
Figura 27 – Cuba: La Melvis Power Plant, Isla de la Juventud	82
Figura 28 – CARBOGAS - Gaseificador de Leito Fluidizado Circulante	85
Figura 29 – CARBOGAS - Gaseificador de Leito Fluidizado Circulante	86

Figura 29 – Tijolo fabricado com 50% de resíduo do processo da gaseificação	87
Figura 30 – Sistema Fechado Tipo Venturi e Lavadores	90
Figura 31 – Sistema Fechado Tipo Venturi e Lavadores	91
Figura 32 – Sistema de gaseificação – Solução WEG – Fluxograma orientativo.....	92
Figura 33 – Heliópolis – São Paulo	94
Figura 34 – Heliópolis – Regiões Contíguas	95
Figura 35 – Heliópolis – São Paulo	96
Figura 36 – Heliópolis – Lixo no Entorno - 2010.....	97
Figura 37 – Rua Ciqueira Bulcão X Rua Comandante Taylor	98
Figura 38 – Praça Barão de Belém	98
Figura 39 – Praça Barão de Belém	99
Figura 40 – Evolução da ocupação de áreas no município de São Paulo	100
Figura 41 – Trajeto possível da área de coleta à Estação de Transbordo Vergueiro	103
Figura 42 – Trajeto possível da Estação de Transbordo Vergueiro até o Aterro CTL	103
Figura 43 – Aterro Sanitário CTL – Ecourbis Ambiental S.A. – Bairro São Matheus – São Paulo/SP	104
Figura 44 – Fluxo mássico – Linha de processamento de RSU.....	114
Figura 45 – Fluxo mássico – Linha de processamento de RSU.....	115
Figura 46 – Fluxo mássico – Linha de processamento de RSU.....	116
Figura 48 – Modelo nº 1: Energia Elétrica Bruta Produzida	121
Figura 49 – Modelo nº 1: Energia Produzida por tonelada de RSU	121
Figura 50 – Modelo nº 1: PCI do CDR.....	122
Figura 51 – Gráfico de Tornado 1, Modelo 1: Análise de Sensibilidade da Energia Elétrica Bruta Gerada.....	123
Figura 52 – Gráfico de Tornado 2, Modelo 1: Análise de Sensibilidade da Taxa de Energia Elétrica Bruta Gerada por massa de RSU	124
Figura 53 – Gráfico de Tornado 3, Modelo 1: Análise de Sensibilidade do PCI do CDR	124
Figura 48 – Modelo nº 2: Energia Elétrica Bruta Produzida	126
Figura 49 – Modelo nº 2: Energia Elétrica Produzida por tonelada de RSU.....	127
Figura 49 – Modelo nº 2: PCI do CDR.....	128

Figura 51 – Gráfico de Tornado 1, Modelo 2: Análise de Sensibilidade da Energia Elétrica Bruta Gerada.....	128
Figura 52 – Gráfico de Tornado 2, Modelo 2: Análise de Sensibilidade da Taxa de Energia Elétrica Bruta Gerada por massa de RSU	129
Figura 53 – Gráfico de Tornado 3, Modelo 2: Análise de Sensibilidade do PCI do CDR	130

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – 10 Países com as maiores potências instaladas de geração por RSU ...	20
Tabela 2 – Gerenciamento de RSU nos países asiáticos selecionados	28
Tabela 3 – África Subsaariana – Matriz Energética – Potência Instalada	34
Tabela 4 – Plantas de geração de eletricidade a partir de biogás em aterros no ACR Ambiente de Contratação Regulado.	46
Tabela 5 – Geração de eletricidade a partir de biogás em aterros na GD	47
Tabela 6 – Empreendimentos de Geração de Energia Elétrica a partir de RSU	54
Tabela 7 – Geração Distribuída – Potência Instalada por Tipo de Fonte	54
Tabela 8 – Geração Distribuída – Instalações de RSU por localidade	55
Tabela 9 – Geração Distribuída – Instalações de RSU por modalidade	55
Tabela 10 – Composição da Tarifa de Energia Elétrica na Distribuição.....	56
Tabela 10 – Potencial energético de algumas plantas de incineração no mundo	66
Tabela 11 – Características dos Gaseificadores	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulado
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CDR	Combustível Derivado de Resíduo
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GD	Geração Distribuída
GEE	Gases do Efeito Estufa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LAC	<i>Latin American Countries</i>
NBR	Norma Brasileira
ONS	Operador Nacional de Sistema
PCI	Poder Calorífico Inferior
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PERS	Plano Estadual de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SIN	Sistema Interligado Nacional
URE	Unidade de Recuperação Energética
WtE	<i>Waste to Energy</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	Atividade Humana X Produção de Resíduos	17
2.2	Desenvolvimento Econômico X Disponibilidade de Energia	19
2.3	Situação Global dos Resíduos Sólidos Urbanos	21
2.3.1	Aproveitamento energético de RSU em países desenvolvidos	24
2.3.2	Aproveitamento energético de RSU em países em desenvolvimento	25
2.4	RSU no Brasil e no Estado de São Paulo	35
2.4.1	Política pública sobre RSU no Estado de São Paulo	36
2.4.2	Composição Gravimétrica do RSU	41
2.4.3	Iniciativas de aproveitamento energético de RSU no Brasil	42
2.5	A Matriz Energética atual no Brasil	48
2.6	GD – Geração Distribuída	51
3	APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RSU – ESTADO DA ARTE	60
3.1	Tratamento Bioquímico	60
3.1.1	Aterro Sanitário	60
3.1.2	Biodigestão	62
3.2	Tratamento Termoquímico	62
3.2.1	Combustão ou Incineração	62
3.2.2	Gaseificação	68
4	GASEIFICAÇÃO de RSU – APLICAÇÃO	78
4.1	No Mundo	80
4.2	No Brasil	82
4.2.1	Planta de gaseificação da CARBOGAS	83
4.2.2	Planta de gaseificação da WEG - ELB	90
5	ESTUDO DE CASO – URE HELIÓPOLIS	92
5.1	Situação problema	95
5.2	Programas de Impacto nos RSU	100
5.3	Coleta e destinação – Cenário Atual	102
5.4	Heliópolis - Potencial energético de RSU	105
5.5	Seleção da tecnologia para o tratamento dos RSU em Heliópolis	106
5.6	Premissas e Restrições para o estudo de caso de Heliópolis	110

5.7	Modelagem do Sistema - Análise de Viabilidade Econômico-financeira	111
5.8	Simulação de Cenários Probabilísticos	117
5.8.1	Modelo de Simulação de Monte Carlo nº1	118
5.8.2	Modelo de Simulação de Monte Carlo nº2	125
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	130
7	Conclusões.....	132
8	Recomendações de trabalhos futuros	133

ANEXO A Prefeitura de São Paulo – Sistema Eletrônico de Informação ao Cidadão (e-SIC). Protocolo 043916.

ANEXO B Prefeitura de São Paulo – Sistema Eletrônico de Informação ao Cidadão (e-SIC). Protocolo 046042.

ANEXO C Prefeitura de São Paulo – Sistema Eletrônico de Informação ao Cidadão (e-SIC). Protocolo 046056.

ANEXO D Cálculo de emissões atmosféricas no processo de coleta e destinação de RSU – Região de Heliópolis

1 INTRODUÇÃO

No mundo moderno a questão da destinação do resíduo gerado pela atividade humana tem se tornado um pesadelo. Isto porque quanto mais se busca o desenvolvimento e melhores condições de vida, maior é a quantidade de energia consumida por um povo, assim como a quantidade de resíduos que produz. Na maioria dos países em desenvolvimento perdura o sofrimento com a quantidade de resíduos gerados diariamente e com seu inadequado gerenciamento.

Os Resíduos Sólidos Urbanos – RSU – resíduos gerados pela atividade humana nas grandes metrópoles e regiões urbanas – constituem um dos maiores problemas de uma população. Por outro lado, podem constituir uma ótima oportunidade para transformação, não somente da matéria descartada “sem valor”, ofensiva à saúde dos seres humanos e do meio ambiente, mas também do comportamento e cultura do povo. O papel dos legisladores, dos governantes, da academia, da indústria e do comércio deve ser da criação de ferramentas para a realização destas transformações.

No Brasil, muito se fez ao longo das últimas décadas no sentido de buscar conhecimento e soluções para a questão dos RSU, porém, na maioria das vezes, de forma paliativa e morosa, considerando os volumes de resíduos gerados diariamente, ainda que em baixa velocidade de crescimento do país. De fato, tal transformação não constitui matéria simples pois envolve diversos setores da sociedade.

Aos legisladores compete criar modernos mecanismos e revisar o arcabouço regulatório de forma a garantir a segurança e a saúde de seu povo e do meio em que vive, garantindo também seu desenvolvimento de forma sustentável. Por outro lado, também compete estabelecer políticas que imponham melhor aproveitamento e eficiência energética dos recursos escassos. O governante se responsabiliza por estabelecer os melhores e mais ágeis mecanismos para a implantação do que for legislado, e a fiscalização para se obter os resultados planejados no uso de tais recursos. A indústria e o comércio devem exercer o papel de agentes da transformação, buscando fornecer as melhores e mais eficientes soluções ao povo. À academia compete discutir exaustivamente as melhores técnicas para se obter a melhor performance na utilização dos recursos, os melhores e mais seguros parâmetros para permear a legislação, os melhores e factíveis objetivos para a

governança, e os padrões compatíveis com a realidade de nosso país. O povo, por sua vez, é o ator e o telespectador, que realiza todos estes papéis. É o principal motivador de toda esta organização; é quem deve buscar constante conhecimento e organização para tornar sua própria existência sustentável, entendendo de forma plena e consciente que suas ações impactam rápida e bruscamente nos recursos disponíveis e que seu crescimento depende de sua maturidade no entendimento destes papéis.

Vislumbra, pois, o presente trabalho, através do tema “Análise das perspectivas para implantação de uma usina de recuperação energética (URE) por gaseificação na região de Heliópolis, no município de São Paulo, estado de São Paulo, trazer à discussão os vários aspectos envolvidos na questão ambiental, energética, social e econômica do gerenciamento de RSU – Resíduos Sólidos Urbanos, tomando como base uma das regiões mais complexas do município, dada sua dimensão geográfica e seus proporcionais volumes de geração de resíduos e iguais proporções de problemas sociais e culturais.

Objetivou ainda comparar as tecnologias disponíveis no mundo e no Brasil, considerando as características e volumes dos resíduos gerados, visando para se determinar as aplicações mais adequadas e viáveis para cada situação.

Para tanto, na Revisão Bibliográfica, serão apresentados os principais aspectos da vida do homem em sociedade, de sua busca por recursos e melhores condições de vida e das consequências de seus atos. Será contextualizada toda a questão dos RSU no mundo, no Brasil e, em particular, na região sob estudo, indicando, com dados atuais, a organização energética do país e as possibilidades já em vigor de exploração de novos cenários para promover a melhor eficiência já comentada, que se transforma em realidade com a aplicação das técnicas propostas e a exploração da legislação brasileira, em especial, a da Geração Distribuída.

Adiante, no Capítulo 3, apresentam-se as melhores e mais viáveis tecnologias disponíveis no mundo e no Brasil para a recuperação energética dos RSU, desde sua coleta até sua destinação final.

O Capítulo 4 é dedicado à exposição de aplicações já em operação ou em fase adiantada de implantação, a fim de serem observadas com maiores detalhes a tecnologia, as dificuldades, vantagens e desvantagens nos empreendimentos.

O Capítulo 5 apresenta o estudo de caso realizado pelo autor, de forma a contornar a questão dos RSU na região de Heliópolis, São Paulo/SP, oferecer solução determinística para a questão, e ainda analisar impactos, vantagens e desvantagens nos cenários atual e proposto em cenário probabilístico.

Os capítulos finais são reservados às conclusões e à propositura de trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Atividade Humana X Produção de Resíduos

A problemática relacionada à geração e ao gerenciamento dos RSU - Resíduos Sólidos Urbanos é sem dúvida um dos mais polêmicos assuntos discutidos em todas as esferas da comunidade mundial, pois provoca impactos na economia, na política, no dia a dia da comunidade, no meio ambiente, na saúde e bem-estar da população e, de forma geral, no desenvolvimento de um povo.

Toda atividade humana implica, de alguma forma, em consumo energético, seja de forma localizada, seja com grande abrangência. A energia, no sentido mais genérico, é o que impulsiona a atividade humana, há mais de 800 mil anos antes de Cristo. O consumo de energia de nossos ancestrais, mormente após a descoberta do fogo, já apontava não somente a escassez e a necessidade de novas fontes de energia, mas também a relação entre o desenvolvimento de comunidades e do próprio ser humano com a energia que ele dispunha (Braga et al, 2002).

Segundo Goldemberg & Lucon, 2012, a energia consumida *per capita* vem aumentando em ritmo exponencial. O homem primitivo, por exemplo, apresentava consumo estimado da ordem de 2,3 kcal/dia, passando o caçador para 6kcal/dia, e assim sucessivamente. Atualmente estima-se um consumo *per capita* da ordem de 10Mcal/dia (considerando toda a energia mundial produzida em função da atividade de uma população da ordem de 7,6 bilhões).

No caminho do desenvolvimento do ser humano sempre esteve a busca de novas fontes e maior quantidade de energia, para suprir suas atividades diárias, tais como alimentação, locomoção, abrigo e aquecimento. Neste caminho, também esteve presente a transformação de matéria e a produção de resíduos.

De forma objetiva, o ser humano buscava determinado material quando conhecia a sua capacidade de transformá-lo e utilizar seus subprodutos, criando cada vez mais opções para transformação e aproveitamento da matéria e de seus subprodutos.

Com a busca do assentamento das comunidades (transição do homem nômade para a criação das comunidades estáveis), logo ficou clara a questão da utilização dos recursos naturais e a transformação da matéria ao limite. Grandes comunidades já percebiam a necessidade de controle dos resíduos produzidos em suas atividades

cotidianas, e sofriam as consequências da falta de planejamento, cultura e tecnologia para lidar com a elevada quantidade de resíduo lançado ao meio ambiente, seja no solo, na água ou no ar.

Após a revolução industrial, com a invenção da máquina à vapor, a situação se agravou ainda mais. A poluição ambiental causada pela atividade humana, combinada com fenômenos naturais, trouxeram sérias consequências às comunidades, principalmente à saúde, não somente do homem, mas do ambiente como um todo, plantas, animais e toda forma de vida. Fenômenos como o *smog* (presença da fumaça produzida pelas máquinas à vapor - queima de carvão - juntamente com a neblina/nevoeiro – fenômeno meteorológico), e a inversão térmica, em certos locais do mundo, no início do século XX, são exemplos de situações em que a atividade humana sem o planejamento adequado para tratamento de resíduos em mesmas proporções podem ter resultados catastróficos à própria humanidade.

Nos dias atuais, tanto o aumento da população mundial, quanto a busca de melhores padrões de vida constituem os principais fatores causadores dos mais críticos problemas da atividade humana nas regiões urbanas: a elevada demanda de energia e a elevada geração de resíduos nestas regiões. A elevada demanda de energia sem o proporcional planejamento para seu abastecimento, desde a geração até seus principais pontos de consumo, pode retardar o crescimento econômico de um país, até mesmo inviabilizando-o, condenando sua população ao subdesenvolvimento, com a produção de recursos elementares à sua sub existência. Já a produção elevada de resíduos sem a adequada coleta, tratamento e disposição final, conduz a população a série de problemas, desde a demanda excessiva de espaço para acomodação dos elevados volumes diários, a exposição às doenças decorrentes da exposição à decomposição natural do resíduo urbano, e à problemática social decorrente do abandono da população em meio ao cenário ora exposto, ambas estas vertentes melhor discutidas a seguir.

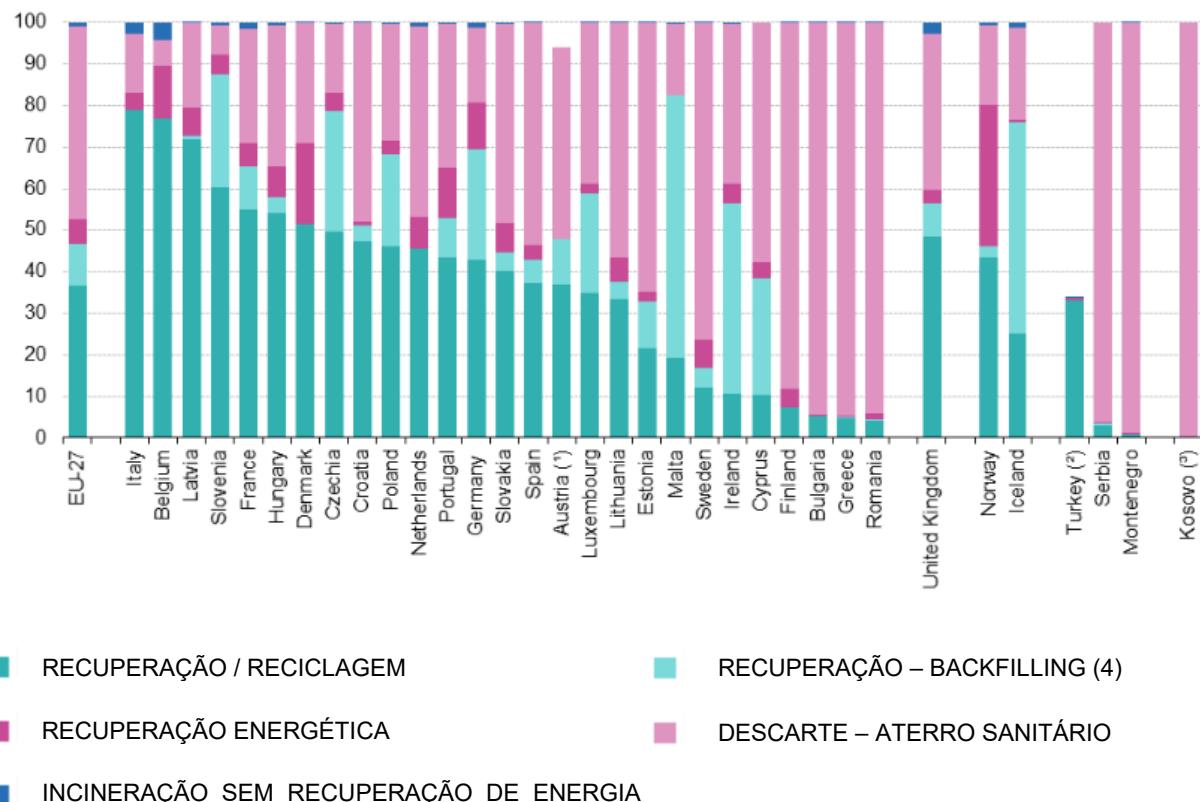
2.2 Desenvolvimento Econômico X Disponibilidade de Energia

A história da humanidade, por si, comprova a forte conexão de seu desenvolvimento com a disponibilidade de energia que o viabilize. Muitos estudos relacionam o grau de desenvolvimento de sociedades com o acesso às variadas formas de energia. De acordo com GEA (2012) e IIASA (2012), o acesso às fontes de energia com emprego de modernas tecnologias, a preços justos, constitui fator determinante para o desenvolvimento econômico, para a melhoria das condições de vida e para a criação de oportunidades de crescimento social e cultural, através do aumento da capacidade produtiva das comunidades (COELHO et al, 2020).

É indiscutível a relação entre o desenvolvimento socioeconômico e a oferta e acesso à energia, principalmente à energia elétrica, uma das formas mais usuais e difundidas no mundo, com as mais variadas formas de utilização e aproveitamento pela comunidade em suas residências, comércios, indústrias e nos mais diversos setores de serviços. Um dos índices que mede o desenvolvimento de um povo, e observa íntima ligação com o gerenciamento dos resíduos urbanos e a energia gerada e consumida pelo mesmo é o IDH – Índice de Desenvolvimento Humano (ou *HDI – Human Development Index*). Por definição pela *UNEP – United Nations Environment Programme*, o IDH mede o grau de sucesso em três dimensões básicas do desenvolvimento humano: a saúde e a longevidade da população, o conhecimento e o padrão de vida.

Analizando as informações trazidas a termo pela figura e tabela a seguir, pode-se inferir que os países europeus que mais reutilizam, reciclam e recuperam energia dos RSU, antes da sua disposição final em aterros sanitários, são os países com os melhores IDH (*Very High Human Development*), a saber: Noruega, Dinamarca, Bélgica, Alemanha, Portugal, Holanda, Suécia, França, Letônia e Reino Unido.

Figura 1 – Tratamento de resíduos por tipo de recuperação e descarte, 2016
(participação percentual em toneladas)



- (1) Nenhum dado disponível para recuperação energética e incineração sem recuperação energética.
 (2) Nenhum dado disponível para incineração sem recuperação energética.
 (3) Designação sem prejuízo das posições do status, e de acordo com UNSCR 1244/1999 e com a opinião do ICJ na Declaração da Independência de Kosovo.
 (4) Definição segundo a Comissão de Decisão da Eurostat: material residual disposto em cavas por questões de reclamação ou por questões de engenharia, quando for utilizado para substituir outros materiais que não são considerados resíduos.

FONTE: EUROSTAT, 2016, adaptado pelo autor.

Tabela 1 – 10 Países com as maiores potências instaladas de geração por RSU

ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO DE SER HUMANO ELEVADO – 2018		
Classificação Mundial	País	HDI
1	Noruega	0,953
4	Alemanha	0,939
8	Suécia	0,937
10	Holanda	0,933
11	Dinamarca	0,930
15	Reino Unido	0,920
17	Bélgica	0,919
26	França	0,891
39	Letônia	0,854
40	Portugal	0,850

FONTE: UNITED NATIONS, 2018, adaptado pelo autor.

A figura 2, a seguir, estabelece conexão entre o PIB – Produto Interno Bruto (ou *GDP* - *Gross Domestic Product*) com o volume de RSU gerado *per capita* anualmente, de algumas das principais economias mundiais.

Figura 2 – Produção Anual de RSU per capita X PIB

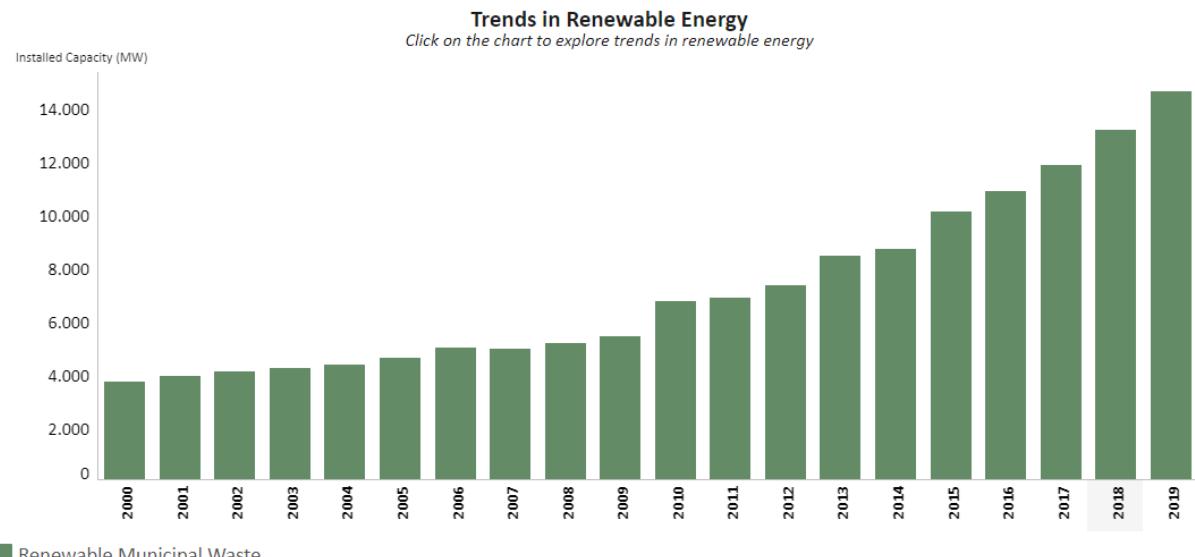


FONTE: KAZA et al, 2018.

2.3 Situação Global dos Resíduos Sólidos Urbanos

O Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos é tema sob discussão em todo o globo terrestre. Não há comunidade urbana que não tenha que lidar com os resíduos sólidos da crescente atividade humana. Como já abordado, quanto maior esta atividade humana urbana, maior a quantidade de resíduos gerados a serem gerenciados de alguma forma. Quanto maior o foco e o grau de maturidade do povo e seus governantes em lidar com o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, maior o grau de aproveitamento energético de tais resíduos. De forma global, pode-se observar na figura a seguir que o aproveitamento energético do RSU, para produção de energia elétrica, vem aumentando em escala exponencial ao longo das últimas décadas.

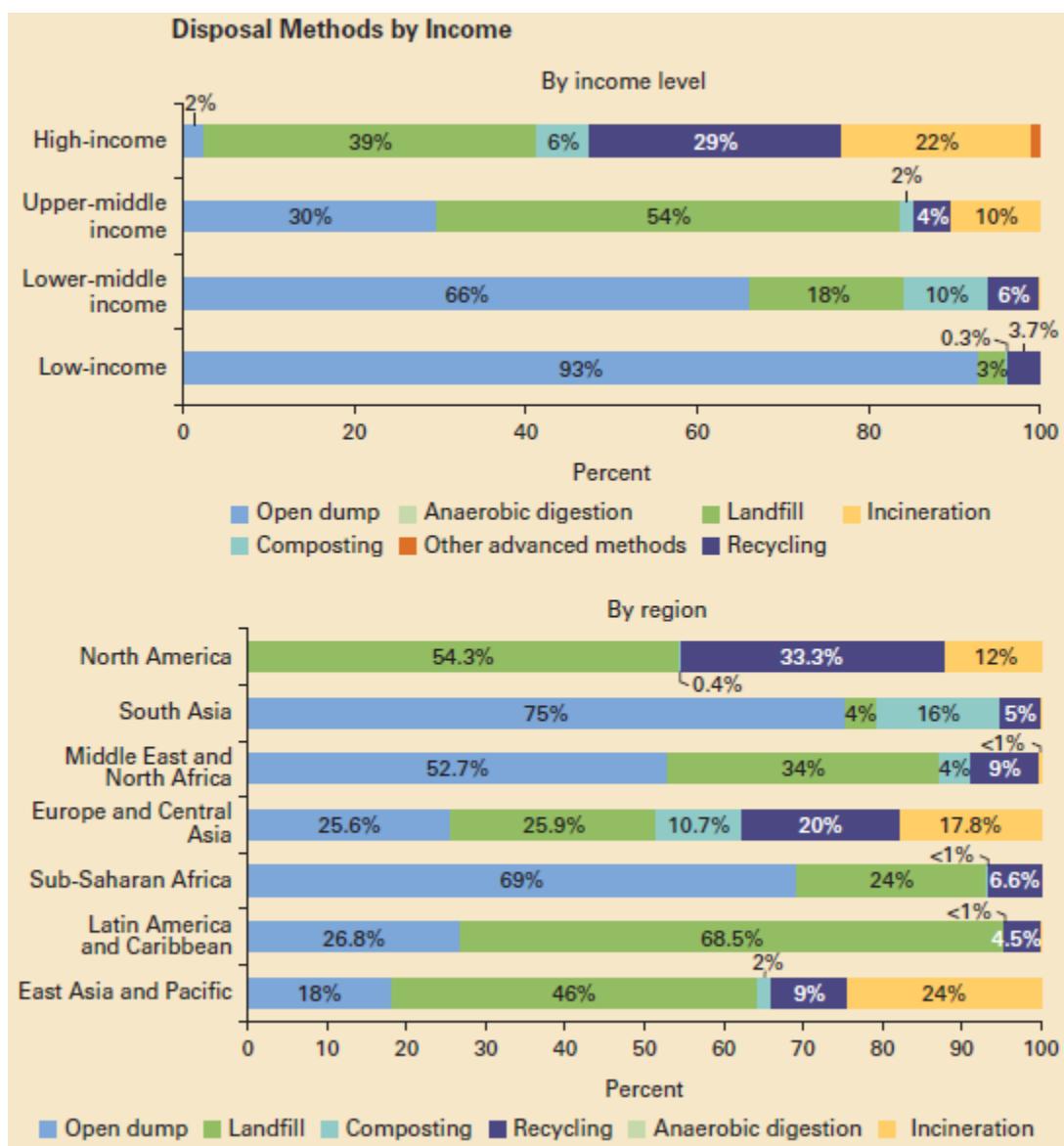
Figura 3 – Potência Instalada de Geração de Energia Elétrica no Mundo a partir de Resíduos Sólidos Urbanos



FONTE: IRENA: disponível em: www.irena.org/Statistics

Esta tendência se justifica não somente pela necessidade de enfrentamento às questões ambientais e sanitárias, mas também pelas oportunidades que a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias vêm proporcionando, detalhadas a seguir neste trabalho. Apesar da nítida tendência supra comentada, percebe-se forte conexão entre a Renda *per capita* e o gerenciamento dos RSU, mormente em relação à tecnologia utilizada. Países com maior renda *per capita* observam melhores condições financeiras para investir no gerenciamento do RSU, utilizando também as melhores tecnologias para tal, demonstrando também maior nível de conscientização no tratamento e destinação dos resíduos produzidos. De forma inversa, os países com os menores níveis de Renda *per capita* utilizam-se massivamente dos aterros à céu aberto (“lixões”) ou de aterros sanitários, neste caso, de forma mais restrita, considerando não disporem de recursos para o estabelecimento de tais instalações dentro dos padrões normativos sanitários mundiais. Observa-se também a utilização dos métodos de disposição final do RSU por região global.

Figura 4 – Método de Disposição de RSU por Renda *per capita* e por região

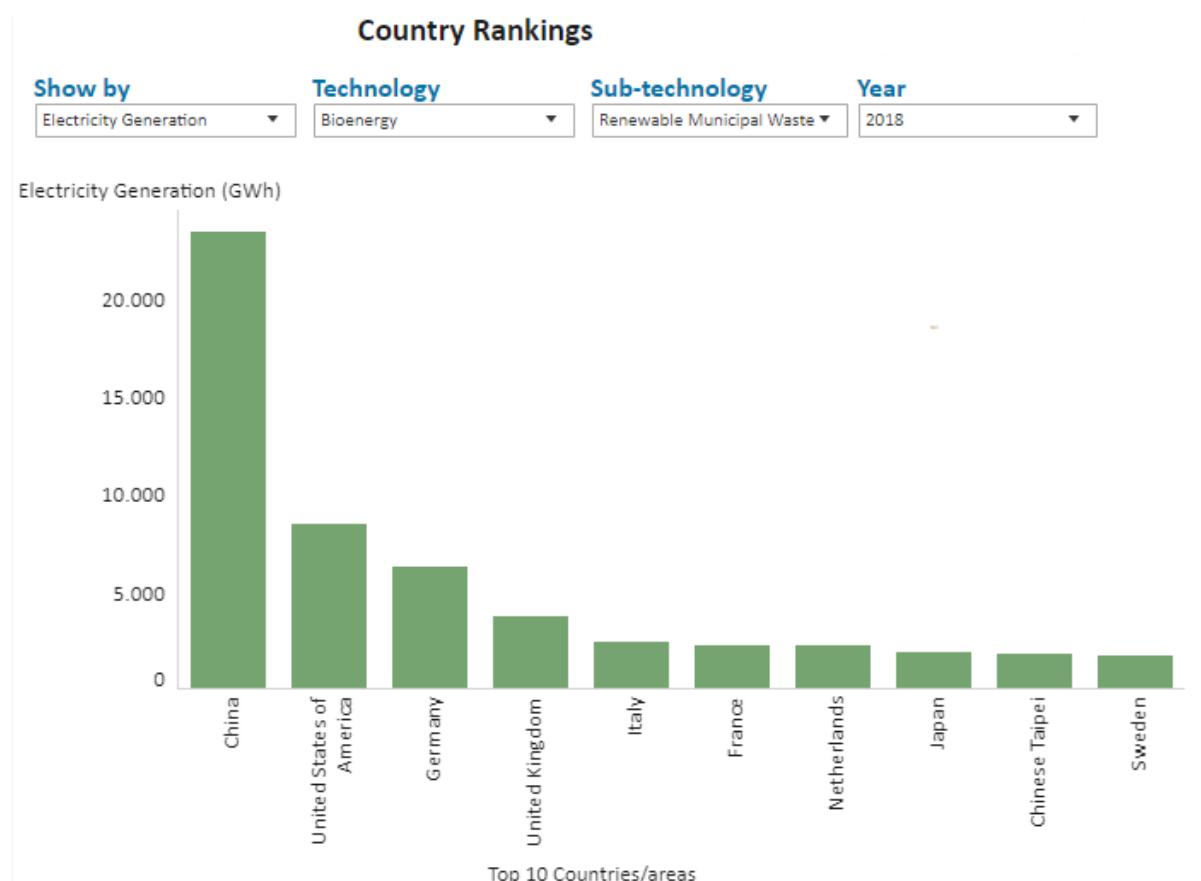


FONTE: KAZA et al, 2018

2.3.1 Aproveitamento energético de RSU em países desenvolvidos

O aproveitamento energético dos RSU nos países desenvolvidos pode ser observado no gráfico abaixo, que reúne os dez países que mais aproveitam o recurso energético dos resíduos sólidos urbanos coletados.

Figura 5 – 10 Países com as maiores potências instaladas de geração por RSU



FONTE: IRENA, 2020. Disponível em: www.irena.org/Statistics

Novamente pode-se observar que todos os 10 países nos quais se encontram as maiores potências instaladas de recuperação energética dos RSU figuram entre as 62 economias com “Extra Alto” Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

A recuperação energética em países desenvolvidos não abrange somente os RSU. Na verdade, o que se observa são grandes investimentos em pesquisa e desenvolvimento de reatores voltados a tecnologias WtE – *Waste to Energy*, significando que há extrema preocupação com a situação geral do planeta ligada às mudanças climáticas e suas consequências em escala global.

Na Suécia, por exemplo, de 100% dos resíduos sólidos gerados no país, apenas 1% é destinado ao aterramento, já sem nenhum valor energético a ser extraído. Os demais 99% são utilizados na reciclagem e no aproveitamento energético. Este desempenho se reflete também na descarbonização bem-sucedida da sua economia que cresceu 75% no período de 1990 a 2016 (TSUYAMA,2019).

No Japão, quase 100% do RSU é destinado à recuperação energética, em Singapura, 94% segue para incineração (COELHO et al, 2020).

2.3.2 Aproveitamento energético de RSU em países em desenvolvimento

Já o cenário do aproveitamento energético dos RSU em países em desenvolvimento não é dos mais promissores. Para melhor análise, convém agrupar tais países de forma regional, ou seja, países latino-americanos, países asiáticos e países africanos.

2.3.2.1 Países Latino-Americanos

Apesar de partilharem mesma região problemas comuns, os Países Latino-Americanos se apresentam atualmente em diferentes estágios de desenvolvimento, enfrentando diferentes problemas e com políticas de enfrentamento às questões ambientais, sanitárias e energéticas também diferentes.

A Argentina, por exemplo, segundo COELHO et al (2020), com um dos maiores PIB dos Países Latino-Americanos, é bem dotada de recursos naturais, particularmente para produção da agricultura e de energia renovável e não-renovável, tornando-a uma das maiores potências mundiais em produção alimentícia. Segundo Censo realizado em 2010, havia 40 milhões de habitantes, sendo mais de 90% distribuídos em áreas urbanas (municípios com mais de 2000 habitantes). Quase 95% destas áreas são atendidas por serviços de coleta de RSU. Em 2012, a Associação de Resíduos Sólidos Urbanos estimou a produção média de 1,022 kg/dia/pessoa. A falta de registros estatísticos dificulta as estimativas mais depuradas sobre o tema, porém, pesquisa realizada pelo Banco Mundial em 2015, apontam para uma produção diária de 40 a 55 kton de RSU/dia. Segundo a mesma pesquisa, há 150 plantas de separação de RSU mecanizadas na Argentina, com capacidade diária de operação de quase 9kton/dia, e que operam abaixo de sua capacidade devido a série de problemas. Mesmo considerando tal capacidade, observa-se o processamento de menos de 20% do total de RSU produzido diariamente. Ainda conforme COELHO et al (2020),

considerando as maiores regiões urbanas do país, estima-se que 80% do RSU coletado seja disposto em aterros sanitários. Há ainda “lixões” a céu aberto clandestinos nas próprias áreas metropolitanas, que são servidas por aterros sanitários oficiais. Devido a agentes endógenos e exógenos, sua economia atravessa período de retração, em processo de desindustrialização, falta de emprego e desenvolvimento econômico abaixo de seu potencial. Sua matriz energética atual é composta de aproximadamente 90% de fontes não renováveis, basicamente gás natural, derivados de petróleo e carvão. A Argentina não dispõe de plantas de recuperação energética de RSU instaladas e em operação.

No Equador a situação é bastante parecida, ou seja, sua matriz energética é composta por fontes não renováveis: aproximadamente 78% da energia consumida advém de combustíveis fósseis. Considerando a taxa de crescimento atual, as reservas atuais de petróleo e a média de produção atual, suas reservas de óleo durariam 9 anos, cenário crítico que requer plano a médio-longo prazo para desenvolvimento de outras fontes de energia. Uma das opções para ampliação de sua matriz energética é WtE, utilizando RSU, resíduos agro-industriais e água de esgoto (COELHO et al, 2020). Com uma população da ordem de 16,4 milhões de habitantes em 2016 (OLADE, 2017), a média de produção diária de RSU nas regiões urbanas é de 0,58 kg/dia/pessoa, podendo chegar a 0,74 kg/dia/pessoa nas regiões de Quito, capital do Equador. De acordo com o Censo Nacional Populacional de 2010, 62,7% das famílias entregam seus resíduos ao serviço de coleta, sendo o restante dos resíduos gerados despejados em terras não ocupadas, incinerados a céu aberto ou ainda recebem outro tipo de destinação. Equador não dispõe de plantas de recuperação energética de RSU instaladas e em operação.

O México, 2^a maior economia dos chamados Países Latino-Americanos (*LAC – Latin American Countries*), 5^o maior país das Américas em extensão territorial, apesar de observar matriz energética renovável diversificada, não apresenta potência instalada

baseada em RSU, registrada até 2019¹. A coleta diária de RSU era de aproximadamente 103 ton em 2014².

2.3.2.2 Países Asiáticos

Segundo COELHO et al (2020), atualmente, a maioria dos países asiáticos tem IDH que os classifica como países em desenvolvimento. As áreas urbanas da Ásia produzem aproximadamente 760 kton/dia de RSU, equivalendo a aproximadamente 2,7milhões de m³ de RSU por dia, estimativas conservadoras (valores reais podem chegar ao dobro destes). Trata-se do continente mais habitado do planeta, com cerca de 4,45 bilhões de habitantes, tornando-o também o continente mais poluidor do planeta. Os países de baixa renda são os que produzem menores quantidades de resíduos e, os de renda mais alta, aqueles que produzem maior quantidade. Os resíduos produzidos pelos países com mais baixa renda observam maior quantidade de resíduos orgânicos. Os resíduos plásticos, papéis e outros resíduos inorgânicos compõe em maior proporção os RSU dos países com maior renda. Embora a composição do RSU mundialmente seja apresentada em peso, com o aumento da riqueza do país, o equivalente em volume de RSU tende a ser mais crítico, considerando as quantidades envolvidas. Podemos observar tais tendências através da Tabela 2:

¹ IRENA Statistics. Disponível em:

<https://public.tableau.com/profile/irena.resource#!/vizhome/IRENAREsourceRenewableEnergyRankings/Rankings> . Acesso em 27 jul. 2020.

² INEGI, 2014. Disponível em:

http://en.www.inegi.org.mx/temas/Resíduos/default.html#Informacion_general .

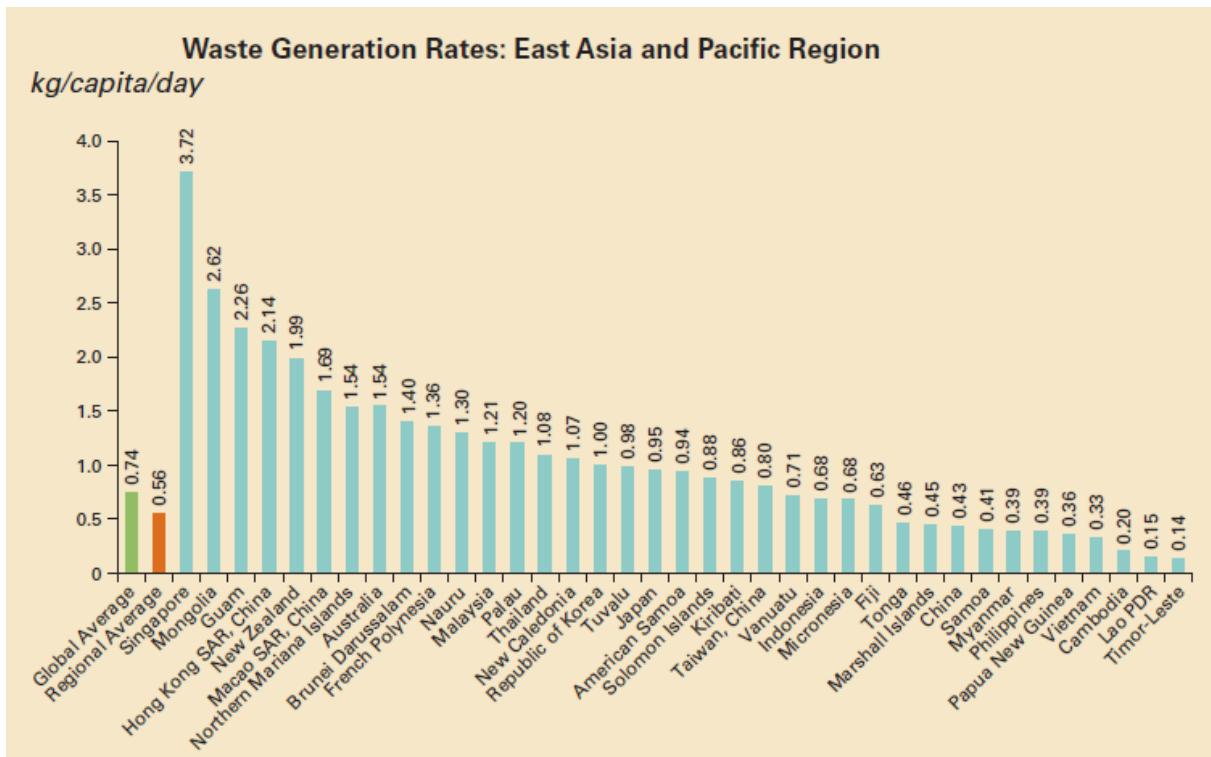
Tabela 2 – Gerenciamento de RSU nos países asiáticos selecionados

Country	Income Level	Solid Waste Disposal Site (%)	Incineration (%)	Composting (%)	Other (%)
Cambodia	Low	100	0	0	0
China	Upper middle	85	15	0	0
India	Lower middle	75	5	10	10
Indonesia	Lower middle	70	2	15	13
Japan	High	3	74	0	17
Malaysia	Upper middle	93	0	1	6
Philippines	Lower middle	85	0	10	5
Republic of Korea	High	35	28	37	0
Singapore	High	6	94	0	0
Thailand	Upper middle	70	5	10	15

FONTE: SEADON. (2017 apud COELHO et al, 2020, p.44)

Segundo dados do Banco Mundial, em pesquisa realizada em 2018, a taxa de geração de RSU diária nos países asiáticos varia de forma acentuada, sendo influenciada por vários fatores tais como clima, cultura, desenvolvimento da economia e fontes de energia, como se nota na Figura 6.

Figura 6 – Taxa diária de geração de resíduos em países asiáticos



FONTE: KAZA et al, 2018.

A taxa de segregação, coleta e de reciclagem, em alguns países asiáticos, pode ser observada na figura seguinte. Como se observa, a destinação final do RSU quase sempre se faz em aterros a céu aberto, e, em certas proporções, em aterros sanitários, na totalidade dos países em estudo. Alguns países asiáticos são dotados de instalações de incineração de RSU. É o caso da Indonésia, com uma Potência Instalada de 18 MW, a Malásia com 21,75 MW, Birmânia, com 0,38 MW, Singapura, com 128,40 MW, e Tailândia, com 317,82 MW. Ainda assim uma quantidade significativa de RSU é destinada diretamente aos aterros, sem tratamento adequado prévio adequado.

Figura 7 – Gerenciamento de RSU – Países Asiáticos

Country	Source Segregation	Collection Rate (Urban)	Technology	Technology Gap			
				Composting	Incineration	Sanitary Landfill	Open Dump
Brunei Darussalam	<50%	90%	15%			□	□
Cambodia	<50%	80%	<50%	▣	□	□	●
Indonesia	<50%	56% - 75%	<50%	▣	▲	□	●
Lao PDR	<50%	40% - 70%	<50%	▣	□	□	●
Malaysia	<50%	>70%	50% -60% (Metal, Paper, Plastic); Others (<50%)		▲	□	□
Myanmar	50%		70% (Plastic, Paper, Metal)		▲	□	□
Philippines	50% - 70%	40% - 90%	20%-33% (Paper) 30%-70% (Aluminum) 20% - 58% (Other Metals) 23% - 42% (Plastic) 28% - 60% (Glass)	▣	□	□	
Singapore	70%	>90%	50% - 60% (Paper, Horticulture) >90% (Fe, CandD, Used Slag) >80% (Scrap Tire) >80% (Wood) >50% (Others) Overall (60%)		▲	□	□
Thailand	<50%	>80%	>90% (Metal) 50% - 60% (Paper, Construction) <50% (Others)	▣	▲	□	□
Viet Nam	<50%	80% - 82%	>90% (Metal) >70% (Plastic, E-waste) 50% (Paper) <50% (Others)	▣		□	

Note: □ >70% (Plastic, E-waste).

FONTE: RRC.AP, 2017.

Os maiores desafios enfrentados pelos países asiáticos são: apenas 10-15% dos locais de despejo são aterros sanitários, sendo que em alguns casos (a maioria dos aterros da Indonésia e do Vietnam não observam as normas técnicas), falta de tecnologia apropriada para aplicação local, assim como falta de sistemas de impermeabilização e de coleta de gases, tornando tais locais extremamente nocivos à saúde, a maioria dos aterros constituem local de poluição ambiental (ar, solo e água). O problema principal que afeta o gerenciamento dos aterros em vários países asiáticos é a falta de conhecimento e de políticas relacionadas à “o que” pode ser destinado aos aterros e “em que quantidade”.

Alguns países asiáticos estão alcançando resultados satisfatórios com a implementação de programas de conscientização da população e outros mecanismos relacionados ao denominado “3R” (Reducir, Reutilizar e Reciclar). É o caso de Singapura, Japão e Coréia. Porém, a maioria dos demais países da região enfrentam sérias questões como, devido à pobreza extrema, RSU constituem forma de sobrevivência em Bangladesh, Índia e Indonésia. Consequentemente a implementação de políticas para regulação e gerenciamento dos RSU constituem um desafio. Na Índia e em Bangladesh o nível de reciclagem de plástico chega a, respectivamente, 47% e 51%, acarretando o falso sentimento na população de que não há necessidade de se reduzir o consumo deste tipo de material. Com a melhoria do padrão de vida e disponibilidade de outras ocupações pelos trabalhadores da cadeia de reciclagem, as taxas de reciclagem podem sofrer redução, acumulando este tipo de material nos aterros. Há ainda a própria crença de que a reciclagem do plástico não compensa, consequentemente ocorrendo acúmulo do mesmo, o que vem sendo observado em países como a Malásia e a Tailândia. Outros fatores que influenciam do “3R” a impraticabilidade da reciclagem dada a falta de separação primária do RSU, a falta de políticas e aplicação da legislação, a falta de plantas adequadas para segregação, questões relacionadas à transposição de fronteiras do RSU, ausência da participação do povo na solução das questões relacionadas ao RSU, entre outras (COELHO et al, 2020).

2.3.2.3 Países Africanos

Há décadas o continente africano ocupa o lugar do mais pobre continente do globo. A média de crescimento da economia entre 1990 e 2000 foi de apenas 2,1%. Após o início do século, vários países africanos iniciaram processo de crescimento real de suas economias. O PIB médio do continente alcançou taxa de crescimento de mais de 5% durante os primeiros anos (2004, 2005 e 2006). Este crescimento foi sustentado pelas exportações, ainda bastante dependentes dos recursos do setor primário, fato que, de certa forma, mantém estagnados os setores secundário e terciário. Ainda assim há grande expectativa de crescimento da economia dos países africanos uma vez que sua dependência de financiamentos internacionais vem se demonstrando menor nos últimos anos, significando oportunidade para incrementar o ambiente de negócios e o desenvolvimento econômico através de investimentos (COELHO et al, 2020).

Apesar do continente africano pouco contribuir com as emissões atmosféricas de GEE, é afetado diretamente pelas mudanças climáticas uma vez que é totalmente dependente dos recursos naturais, afetados por tais alterações. A degradação do solo, desde a década de 1950, com a depleção dos nutrientes devido à erosão, à lavoura, à sobreutilização da terra para os pastos, o aumento da utilização de agrotóxicos, o uso inadequado de tecnologias e equipamentos agrícolas e sistemas ineficientes de irrigação afetam a habilidade dos países de gerenciar a terra de forma adequada e sustentável, agravando a situação de pobreza da população crescente e faminta.

É sabido que o IDH é definido pela composição de indicadores de expectativa de vida e saúde, do conhecimento de um povo e de um decente padrão de vida. Com poucas exceções, todos estes indicadores dos países africanos são, em geral, os piores do globo, produzindo os IDH também mais baixos.

Os dados relativos aos resíduos sólidos no continente africano são escassos e, quando obtidos, estão limitados à África Subsaariana. Estima-se que a África contribuía com 5% do RSU mundial, segundo HOORNWEG (2012,a,b, apud COELHO et al, p.56), e que o total de RSU gerado na África em 2012 tenha sido 125 milhões de ton/ano, dos quais 81 milhões de ton/ano foram da África Subsaariana.

Figura 8 – África Subsaariana



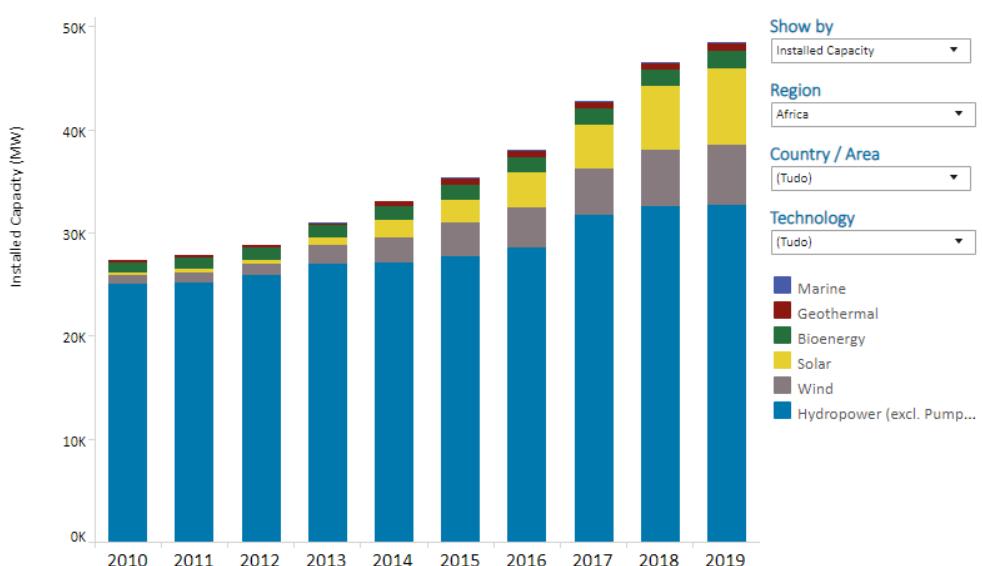
FONTE: <https://landportal.org/news/2020/02/job-opportunity-regional-engagement-coordinator-sub-saharan-africa>

A África Subsaariana é composta por 48 países e é tida como a região que mais cresce economicamente no continente. As informações de geração de RSU de 13 destes países são obtidas em nível nacional. De outros 31 países, são obtidas informações sobre RSU das principais cidades, comumente das capitais, e assim extrapolando-se os dados para o restante do país em proporção à sua população. Para os demais países é realizado o cálculo de RSU relacionando a média do continente africano e utilizada para calcular a geração de RSU proporcionalmente à população destes países.

Em 2016 foi estimada a geração de 174 milhões de ton/ano para esta mesma região (KAZA et al, 2018). A taxa média de geração diária per capita é de 0,65 kg/dia/pessoa, variando de 0,09 a 3,00 kg/dia/pessoa. Apesar da variação destas taxas de acordo com o país e outros fatores como o clima, a cultura, a disponibilidade de recursos e energia, e ainda a falta de dados precisos acerca do gerenciamento de RSU no continente, tais taxas indicaram uma geração de 169.119 ton/dia em 2012, com projeção de 441.840 ton/dia para 2025. Esta projeção é fortemente guiada pela urbanização e elevação da riqueza dos países, indicadores que se apresentam em pleno crescimento, e assim continuarão sem estabilização antes de 2100 (HOORNWEG et al, 2015).

Estima-se que a coleta de RSU na região África Subsaariana seja de aproximadamente 44%. Aproximadamente 69% do RSU é destinado aos aterros a céu aberto, apesar do uso crescente de aterros sanitários e reciclagem, do foco em construção de sites sustentáveis para disposição final e fechamento dos aterros à céu aberto, da educação ambiental ao povo e do crescimento econômico dos países em geral (KAZA et al, 2018). A tabela a seguir ilustra a diversidade da matriz energética dos países da África Subsaariana. Apesar do elevado volume de RSU gerado nesta região, apenas a Etiópia possui planta de recuperação de energia, instalada em Addis Ababa, sua capital. Abaixo, a evolução da matriz energética da África na última década.

Figura 9 – África – Evolução da Matriz Energética na última década



FONTE: IRENA. Disponível em:

<https://public.tableau.com/profile/irena.resource#/!vizhome/IRENARenewableEnergyInsights/Trends>

Tabela 3 – África Subsaariana – Matriz Energética – Potência Instalada

FONTE DE ENERGIA - CAPACIDADE INSTALADA - 2019											
REGIÃO	PAÍS	HIDRO	SOLAR FV	BIO COMBUST. SÓLIDO	BIO COMBUST. LÍQUIDO	BIOGÁS	EÓLICA ONSHORE	RSU	MARINHA	GEOTÉRMICA	SOLAR TÉRMICO
LESTE	Burundi	84,10%	8,90%	7,00%							
	Comores	100,00%									
	Djibouti		100,00%								
	Eritreia		93,80%				6,20%				
	Etiópia	85,80%	0,20%	6,00%			7,30%	0,60%		0,20%	
	Quênia	38,40%	4,30%	3,90%		0,10%	15,40%			37,80%	
	Madagascar	83,10%	16,70%	0,10%			0,10%				
	Malawi	91,30%	5,70%	3,00%							
	Maurícia	24,70%	34,00%	35,50%		1,40%	4,30%				
	Mayotte		100,00%								
	Moçambique	97,00%	2,40%	0,60%							
	Reunião	31,10%	44,70%	19,40%		1,00%	3,90%				
	Ruanda	72,00%	27,40%	0,60%							
	Seychelles		36,80%				63,20%				
	Somália		66,60%				33,40%				
	Sudão	89,90%	0,90%	9,30%							
	Sudão do Sul		100,00%								
CENTRO	Tanzânia	85,90%	3,80%	10,20%	0,00%	0,10%					
	Uganda	84,20%	7,60%	8,10%							
	Zâmbia	94,50%	3,80%	1,70%							
	Zimbabwe	90,50%	1,00%	8,50%							
	Angola	97,70%	0,50%	1,80%							
	Camarões	100,00%									
	República Centro-Africana	98,40%	1,60%								
	Chad		13,60%				86,40%				
	República Democrática do Congo	99,20%	0,70%	0,10%							
OESTE	República do Congo	99,70%	0,30%								
	Guiné Equatorial	100,00%									
	Gabon	99,20%	0,40%			0,40%					
	São Tomé e Príncipe	88,00%	12,00%								
	Benim	14,70%	85,30%								
	Burkina Faso	35,30%	63,80%		0,20%	0,80%					
	Cabo Verde		21,40%				78,60%				
	Costa do Marfim	99,10%	0,90%								
	Gâmbia		64,20%				35,80%				
	Gana	95,60%	3,80%	0,50%		0,00%	0,00%		0,00%		
	Guiné	96,50%	3,50%								
	Guiné-Bissau		100,00%								
	Liberia	97,30%	2,70%								
	Mali	84,10%	5,20%	10,70%							
SUL	Mauritânia		71,80%				28,20%				
	Níger		100,00%								
	Nigéria	98,10%	1,30%	0,50%		0,00%	0,10%				
	Santa Helena										
	Senegal	64,10%	12,00%				23,90%				
	Serra Leoa	61,50%	4,30%	34,20%							
	São Tomé e Príncipe	88,00%	12,00%								
	Togo	95,60%	4,40%								
	Botswana		100,00%								
	Lesoto	99,50%	0,50%								
	Namíbia	71,20%	27,70%	0,10%			1,10%				
	África do Sul	12,10%	41,50%	3,90%		0,40%	34,00%				8,10%
	Suazilândia (ESWATINI)	36,70%	0,60%	62,70%							

FONTE: Elaborado pelo autor com base nos dados disponíveis em: <https://www.irena.org/bioenergy> (acesso em 29 jul 2020)

Como se observa, o Continente Africano tem sua matriz energética baseada em recursos naturais renováveis, basicamente através da geração hidráulica e solar.

Outro fator típico dos países da África é a composição gravimétrica dos RSU, que é influenciada por componentes culturais, pelo desenvolvimento econômico de cada país, pelo clima, pela disponibilidade maior ou menor de recursos energéticos etc. Em países em desenvolvimento, é comum percentual elevado de resíduos orgânicos no RSU. No caso de alguns países da África, tais índices chegam a 85% da composição total do RSU. Nos países da África Subsaariana, a média dos resíduos orgânicos é igual a 57% da composição total do RSU, 9% de papel e papelão, 13% de plásticos, 4 % de vidros, 4% de metais e 13% de outros materiais (COELHO et al, 2020).

Estes valores médios observam grandes variações ao longo do continente, devido aos métodos utilizados para amostragem e organização dos dados não serem padronizados nos diversos estudos sobre o tema, devido à falta de dados para obtenção de uma amostra representativa da situação real em cada país, sem contar que nem todas as amostras cobrem um período de estações completo, não cobrindo as variações devido às variações climáticas do ano.

2.4 RSU no Brasil e no Estado de São Paulo

Dos países da LAC, somente o Brasil conta com potência instalada advinda da recuperação energética de RSU até 2019: 12,53 MW (IRENA,2020).

O gerenciamento de RSU - Resíduos Sólidos Urbanos constitui um dos maiores desafios para todo administrador público.

Em 02 de agosto de 2010 foi sancionada a Lei Federal nº 12.305, que institui a PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos, conjunto de princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes voltadas à gestão integrada e ao gerenciamento adequado dos resíduos sólidos urbanos no Brasil.

Assim como nos países desenvolvidos, o PNRS estabelece diretrizes para o gerenciamento dos resíduos sólidos visando a saúde populacional, a proteção ao meio ambiente, o desenvolvimento da economia nacional e a eficiência energética, através da coleta, do processamento e da disposição final adequada, priorizando a reutilização, a reciclagem e o aproveitamento energético economicamente viável dos RSU, antes da disposição final adequada.

A Lei Federal nº 12.305 tem como objetivo principal subsidiar a gestão de resíduos sólidos e o planejamento em todas as esferas de governo.

Tal legislação impõe à administração municipal o dever de atuar de forma abrangente não somente no âmbito da coleta e destinação, mas também sob a ótica da saúde e segurança pública e do bem-estar da população.

Outro aspecto de suma importância para o melhor gerenciamento dos RSU é que:

“[...] a PNRS impõe que a partir de agosto de 2014 os aterros sanitários não mais poderão receber e dispor resíduos in natura, somente materiais que sejam considerados rejeitos – resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.[...].” (PRS-ESP, 2014).

Por sua vez, a Portaria Interministerial 274/19, de 30 de abril de 2019, legislação federal assinada pelos Ministérios do Meio Ambiente, Minas e Energia e Desenvolvimento Regional, é a base legal sobre recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, instituindo e denominando Usina de Recuperação Energética de Resíduos Sólidos Urbanos – URE, como qualquer unidade dedicada ao tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos com recuperação da energia através da combustão, preferencialmente associada à geração de energia térmica ou elétrica. O tratamento térmico inclui a oxidação térmica e outros processos, tais como a combustão (incineração), pirólise, gaseificação ou processos de plasma, ou ainda a combinação de dois ou mais sistemas. A recuperação energética está condicionada à comprovação de sua viabilidade técnica, ambiental e econômico-financeira e à implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental competente.

2.4.1 Política pública sobre RSU no Estado de São Paulo

Em 2006, antes mesmo da publicação da lei federal acima, foi promulgada a Lei nº 12.300, de 12 de março de 2006, no âmbito do Estado de São Paulo que, à época, instituía a Política Estadual de Resíduos Sólidos, definindo

“[...] princípios e diretrizes, objetivos, instrumentos para a gestão integrada e compartilhada de resíduos sólidos, com vistas à prevenção e ao controle da poluição, à proteção e à recuperação da qualidade do meio ambiente, e à promoção

da saúde pública, assegurando o uso adequado dos recursos ambientais no Estado de São Paulo.[...]" (PERS, 2006)

Já em 2012, após a publicação da Lei Federal nº 12.305, o Estado de São Paulo, sob coordenação da Secretaria do Meio Ambiente, institui o Programa Estadual de Implementação de Projetos de Resíduos Sólidos através do Decreto nº 57.817, de 28 de fevereiro de 2012, para realização de ações necessárias à execução da Política Estadual de Resíduos Sólidos, de que trata a lei federal supra.

Em 2014, a SIMA – Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo (então Secretaria de Energia do Estado) tornou público o Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo, fruto do trabalho de dos órgãos governamentais acerca de todo arcabouço legislativo e regulatório do setor, de discussões com especialistas da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) e da Secretaria de Estado de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA), com participação de outros órgãos estaduais específicos, e ainda com a participação da iniciativa privada e do público em geral, através das Audiências Públicas, sob a coordenação da Coordenadoria de Planejamento Ambiental (CPLA).

O Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo é vigente e tem horizonte de planejamento de 20 anos, prevendo revisões a cada 4 anos.

Em 2019 foi criado pela SIMA – Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo o CIRS - Comitê de Integração de Resíduos Sólidos. Tem como objetivo articular e aplicar, de maneira integrada, a legislação federal com a estadual, além de apoiar a gestão municipal, com medidas de coleta seletiva, reutilização, não geração e destinação final dos resíduos sólidos.

De formação multissetorial, o CIRS é composto por 28 membros, entre titulares e suplentes da pasta, e representantes da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), Empresa Metropolitana de Água e Energia (EMAE), Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), Departamento de Água e Energia Elétrica, além das diversas coordenadorias da SIMA.

O CIRS é composto de Grupos de Trabalho (GT):

- GT-I Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS)
- GT-II Consorciamento e Regionalização
- GT-III Logistica Reversa, Coleta Seletiva e Ação Social
- GT-IV Aterros e Licenciamentos
- GT-V Novas Rotas Tecnológicas
- GT-VI Educação Ambiental e Comunicação

Em especial, o GT-II vem trabalhando de forma ativa com o objetivo de divulgar e facilitar as soluções regionalizadas e o trabalho em consórcio para o gerenciamento dos resíduos sólidos, uma vez que, conforme já comentado, a responsabilidade desta gestão é dos municípios, em virtude das diferenças regionais dos 645 municípios do Estado, tanto de cunho financeiro, quanto às características geográficas e sociais, apresentando-se muito mais viável e racional a formação de algumas dezenas de Consórcios Municipais Regionais para o enfrentamento da questão dos RSU, à atuação individual de cada município.

O GT-II até o presente momento, firmou Protocolos de Intenção com 8 dos 32 consórcios intermunicipais já estabelecidos no Estado de São Paulo relacionados com os temas ambientais, de resíduos ou multi-finalitários (CONDEMAT, CIOESTE, CIENSP, CONSIMARES, CODEVAR, CIVAP, CICOP e CISBRA), com o objetivo de apoiar os consórcios na gestão dos RSU em suas regiões, divulgar as ações de cada consórcio que se demonstraram eficazes, ajudar os demais municípios ainda não consorciados a desenvolverem seus planos de gestão de RSU e se organizarem regionalmente para a formação de novos consórcios intermunicipais. Também atua no sentido de se desenvolver iniciativas, com o auxílio das secretarias estaduais e da CETESB, para serem implantadas pelos municípios em consórcio, para solucionar problemas que os municípios observam dificuldade para resolver, até mesmo aqueles que já se estabeleceram em consórcio. Há ainda a atuação do GT-II no sentido de se facilitar parcerias entre os consórcios e municípios e a iniciativa privada, para soluções específicas de determinadas questões regionais. Como exemplo citam-se iniciativas ligadas ao descarte de pilhas e baterias e eletrodomésticos/eletro-eletrônicos (e-

waste), procurando homogeneizar as ações de gestão destes RSU assim como distribuir conhecimento aos demais municípios do estado (Webinar CIRS, 2020).

O GT-II também atua junto aos municípios não somente na elaboração de Planos Regionais de Resíduos Sólidos, contando com a expertise da própria SIMA, como também na captação de recursos financeiros de financiamentos de projetos e soluções regionais.

De forma igualmente especial, o GT-V trabalha na disseminação de novas rotas tecnológicas de recuperação de energia dos RSU e na integração dos diversos atores que atuam nos setores públicos e privados, desde a coleta até a destinação, passando pelas cooperativas de catação e reciclagem. O grupo trabalha também na comparação das diferentes tecnologias disponíveis a fim de identificar vantagens e desvantagens na aplicação, e na revisão da norma de aproveitamento energético de resíduos sólidos juntos à ABNT.

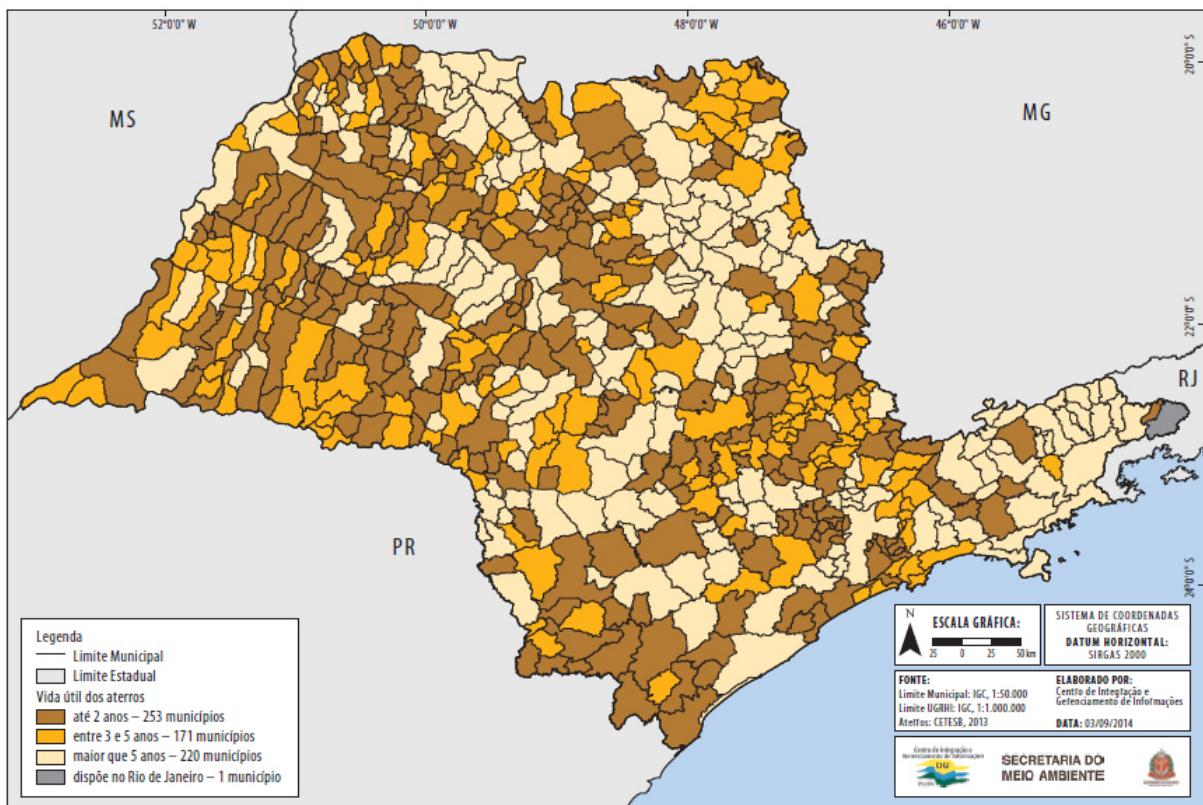
Atualmente está em discussão a revisão do Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo de 2014, com foco em ajustes no plano tendo em vista as experiências e os resultados obtidos após a implementação do mesmo, considerando as novas dinâmicas e tendências sociais surgidas no período, tais como a temática de “lixo no Mar”, “Economia Circular” e “Novas Rotas Tecnológicas para o tratamento de RSU”, além de todas as tipologias de tratamento de resíduos atualmente em curso, com metas a serem estabelecidas plenamente alinhadas com a “Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável” da ONU, a fim de transformar o plano em um documento muito mais estratégico e operacional (Webinar CIRS, 2020).

O Estado de São Paulo atualmente é o maior gerador de resíduos urbanos do Brasil, produzindo mais de 40mil t/dia de RSU, sendo aproximadamente 97,8% desta quantidade destinada a aterros sanitários considerados adequados (CETESB, 2018) [20]. Destaca-se ainda que aproximadamente 54% deste volume seja gerado nos municípios da Região Metropolitana do Município de São Paulo (PRS-ESP, 2014).

Cumpre salientar que apesar da elevada taxa de destinação de RSU à aterros adequados, não somente o PNRS, mas a PERS – Política Estadual de Resíduos Sólidos e o Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo objetivam, entre outras ações, a redução drástica da utilização dos aterros sanitários, investindo recursos e

conhecimento na recuperação energética dos RSU. Mormente devido à vida útil dos aterros que atualmente estão adequados à recepção do RSU. Segundo o inventário apresentado no PRS-ESP (2014), 253 dos 645 municípios do Estado de São Paulo (cerca de 40%) destinam o RSU para aterros com menos de 2 anos de vida útil, conforme ilustra a figura a seguir:

Figura 10 – Indicação da vida útil estimada dos locais de destinação final de RSU



FONTE: PRS-ESP, 2014.

Somente o Município de São Paulo, atualmente, é responsável por mais de 15mil t/dia de RSU incluindo a coleta domiciliar comum, a coleta domiciliar seletiva, a coleta nas varrições e nos denominados “Ecopontos” (pontos de entrega voluntária pela população), segundo a AMLURB – Autoridade Municipal de Limpeza Urbana.

Vários programas de conscientização da população para a redução da produção diária, para a reutilização de certos resíduos, para o descarte consciente e seletivo, evitando ao máximo a destinação a aterros e “lixões” estão atualmente em andamento, perfeitamente alinhados com as diretrizes do PGIRS – Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de São Paulo, que, por sua vez, está alinhado com a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS. Inobstante o esforço da administração

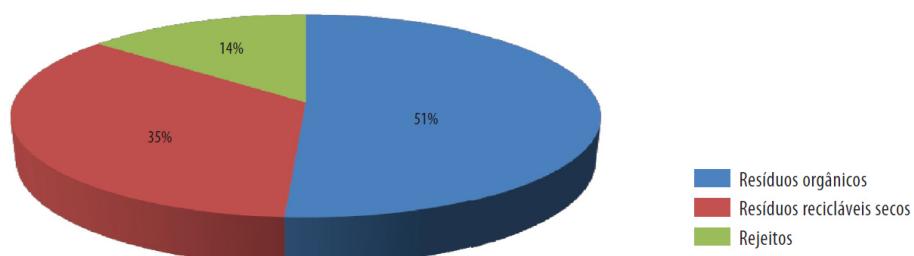
pública paulistana, considerando as dificuldades geográficas e financeiras, ainda se observam regiões com concentrações populacionais elevadas e, proporcionalmente, com ineficientes processos de coleta e destinação dos resíduos sólidos urbanos.

2.4.2 Composição Gravimétrica do RSU

A composição gravimétrica do RSU é um dado essencial para a análise do comportamento de determinada população, podendo se extrair informações importantes acerca de seus costumes, poder aquisitivo, status social e cultura local, orientando o administrador público na tomada de decisões e na elaboração das ações estratégicas relacionadas ao gerenciamento dos RSU. Esta composição pode apresentar elevadas diferenças de país para país, município para município, e até mesmo bairro para bairro.

Segundo o Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo de 2014, a composição gravimétrica média dos RSU do município de São Paulo é conforme a figura abaixo:

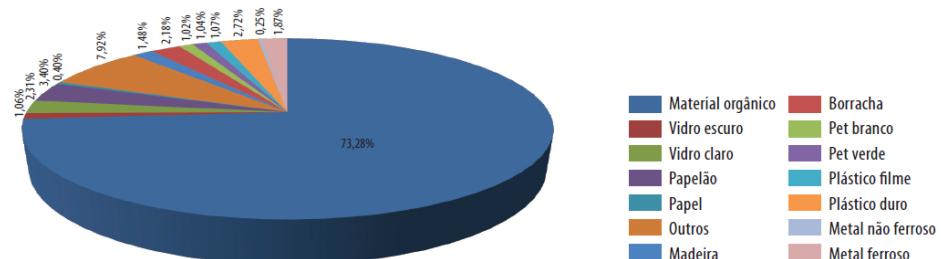
Figura 11 – Composição gravimétrica do RSU do Município de São Paulo



FONTE: PRS-ESP, 2014.

Esta composição é diferente, por exemplo, da composição dos RSU de uma região vizinha, como Piracicaba, Capivari e Jundiaí, conforme se observa na figura a seguir:

Figura 12 – Composição gravimétrica do RSU do Município de São Paulo



FONTE: PRS-ESP, 2014.

2.4.3 Iniciativas de aproveitamento energético de RSU no Brasil

Atualmente, no Brasil, observam-se algumas iniciativas que se utilizam do aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos. A própria PNRS (2010) vem obrigando os estados e municípios a se organizarem neste sentido, conforme abordado anteriormente no presente trabalho.

Em termos de aterros sanitários, uma das principais instalações do país, a denominada Usina Termoverde, com potência instalada de 29,5 MW, situa-se no município de Caiieiras/SP, tendo sido inaugurada em 2016, sendo considerada a maior usina termoelétrica que utiliza biogás de RSU.

Outra instalação de porte, a primeira da região nordeste do país, entrou em operação em março de 2011, na cidade de Salvador. Trata-se da Usina Termoelétrica Termoverde Salvador, instalada no Aterro Sanitário Metropolitano de Salvador, com capacidade instalada de 20 MW também à biogás do aterro (COELHO et al, 2020).

Vários outros empreendimentos foram implantados na última década, utilizando biogás de aterro para geração de energia elétrica com potências representativas, sendo que a maioria deles foram implantados nas próprias instalações ou proximidades dos aterros sanitários dos quais extraem o biogás.

Observa-se, também, alguns empreendimentos que se utilizam do biogás do RSU para produção de biometano, com produção diária de 15.000 m³, o qual é fornecido a consumidores industriais em cilindros, podendo ser distribuído por rede de distribuição de gás natural, já presente em diversos municípios e metrópoles brasileiras. Trata-se da Usina Dois Arcos, da Ecometano, localizada em São Pedro D'Aldeia, no Estado do Rio de Janeiro (COELHO et al, 2020).

Outro empreendimento de vulto é a usina produtora de biometano a partir do RSU do Aterro Sanitário Gramacho, que utiliza o gás para produção de energia para a Refinaria de Petróleo de Duque de Caxias – REDUC – da Estatal Petrobrás. Tendo sido fechado em 2012, estima-se que o aterro continue gerando o gás suficiente para a produção durante 17 anos após a entrara em operação do mesmo ocorrida em 2014, evitando a emissão de aproximadamente 6 milhões de toneladas de CO₂ na atmosfera. Além da geração de energia, o gás é utilizado nos processos internos da refinaria e o excedente queimado em *flare*. Mas a maior usina de geração de

biometano do Brasil foi implantada em 2018, em Fortaleza, capital do estado do Ceará, no aterro de Caucaia, produzindo até 85.000 Nm³ de biometano por dia, vendido à concessionária distribuidora de gás natural do estado - CEGAS (COELHO et al, 2020, p.133).

Atualmente não se observam empreendimentos operacionais utilizando-se do processo termoquímico de aproveitamento energético dos RSU por Incineração. Há, porém, já licenciada desde 2017, a URE – Unidade de Recuperação Energética de Barueri, localizada no município de Barueri/SP, aprovada para implantação, aguardando obtenção de recursos financeiros. Trata-se de empreendimento sob parceria público-privada celebrada entre a Prefeitura Municipal de Barueri, a qual realizará a cessão do terreno, a fiscalização e a regulação da atividade da usina. Ao empreendedor, atualmente a cisão da FOXX com a Haztec , caberá o investimento, a implantação e a operação da planta que operará próximo de 8.000 h/ano, capacitada para o processamento de 825 ton/dia de RSU, e com potência de geração elétrica instalada de 17MW através de turbogeradores em Ciclo Rankine (COELHO et al, 2020, p.134).

Esta usina foi projetada para a operação contínua, sendo apta a absorver as variações de carga e alterações da composição do RSU. A URE Barueri se conectará ao SIN – Sistema Interligado Nacional através da rede de alta tensão da distribuidora local, por subestação instalada nas proximidades, autorizada pela ANEEL para a venda da energia elétrica líquida produzida integralmente no ACL – Ambiente de Contratação Livre, atuando como PIE – Produtor Independente de Energia, com 100% de redução da TUST e TUSD enquanto a potência injetada for menor que 30 MW (ANEEL, 2013), tema que será abordado na seção 2.6.

O processo de licenciamento ambiental, aprovado em 2017 pela CETESB, seguiu as exigências legais e regulatórias municipais, estaduais e federais, em especial as regras acerca das emissões e controle de poluentes, tais como a SMA-079, de 2009, que foi estabelecida baseando-se nos limites de emissões de dioxinas e furanos da União Europeia.

Outro projeto em andamento no Estado de São Paulo é a URE Mauá, do empreendedor LARA Central de Tratamento de Resíduos LTDA., cujo RIMA – Relatório de Impacto Ambiental nº224/19 foi a liberado pela CETESB e cujo

licenciamento ambiental foi concedido pelo CONSEMA em 29/07/20 (GOVERNO DE SÃO PAULO, 2020). Trata-se de unidade de combustão do RSU (incineração), com capacidade de processamento aproximada de 3.000 ton/dia, durante 340 dias ao ano, e potência de geração de energia elétrica instalada de 77 MW. A área prevista para a implantação da URE Mauá, de aproximadamente 72.000 m², é atualmente licenciada perante a CETESB, para a operação do Aterro Sanitário Lara, sendo que as estruturas de apoio do aterro, presentes no local serão demolidas para abrigar as novas instalações projetadas. A URE Mauá receberá os RSU dos municípios de Mauá, Diadema, Ferraz de Vasconcelos, Itanhaém, Juquiá, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, São Bernardo do Campo e São Caetano do Sul (CEPEA, 2019).

Há ainda em estudo o projeto denominado Sistema de Processamento e Aproveitamento de Resíduos e Unidade de Recuperação de Energia São Bernardo do Campo (SPAR-URE-SBC), cujo processo de licenciamento ambiental iniciou em 2010, tendo sido paralisado em 2016, e previa a implantação na antiga área ocupada pelo denominado “Lixão do Alvarenga”, e que antes deveria passar pelo processo de remediação (HOLDING AMBIENTAL, 2010).

Utilizando a tecnologia de aproveitamento energético através da Gaseificação pode-se citar o Projeto Piloto da Carbogas em Mauá. Trata-se de protótipo utilizado para estudos de viabilidade técnica e econômica, tendo sido analisado e aprovado pela CETESB, pelo grupo de pesquisadores da Universidade de São Paulo – USP e pela *Societé Générale of Surveillance* (SGS). Esta experiência foi utilizada para novo projeto com potência instalada de 1 MW, no município de Boa Esperança/MG, em parceria com a prefeitura e sob a supervisão de Furnas Centrais Elétricas (Projeto P&D Furnas/ANEEL), tema que será abordado em detalhe adiante no presente trabalho (COELHO et al, 2020).

Outro projeto piloto que pode ser citado é o Sistema de Recuperação Energética por Gaseificação da empresa Energia Limpa do Brasil – ELB, em desenvolvimento na cidade de Araucária/PR, cujo RSU a ser utilizado será provido pelo Aterro Sanitário do Município de Mafra/PR, tema que também será abordado com maiores detalhes adiante.

Há também o gaseificador de leito fluidizado circulante da empresa Delta H, projeto piloto localizado no município de Linhares/ES, em fase de comissionamento, com capacidade de processamento de 60 a 200 ton/dia de RSU (SOBRATEMA, 2020).

Outro exemplo a ser citado é o Gaseificador de RSU da empresa Sílex Tecnologias ambientais, fabricado de forma modular, com capacidades de processamento de RSU de até 12 ton/dia/módulo (SOBRATEMA, 2020).

A tecnologia de gaseificação de RSU se aplica principalmente aos pequenos e médios municípios, onde a incineração não apresenta viabilidade econômica, conforme se observa na Figura 13.

Figura 13 – Geração de eletricidade a partir de RSU em municípios menores



Geração de eletricidade a partir de RSU
(em municípios menores)

Quantidade de RSU	Potencial de geração de eletricidade
1200 t/d (grandes municípios)	20 MW (incineração)
60 t/d (município de 60 000 pessoas)	1 MW (gaseificação)
5 t/d (município de 5 000 pessoas)	75 kW aprox (gaseificação)

Tabela 21 - Classificação quanto ao porte do município em relação ao número da população residente - Brasil – 2000.

Incineração – > 10 MW
Gaseificação:
Leito fluidizado > 200 kW
Leito fixo < 200 kW

Classificação de acordo com o tamanho da população	Número de municípios	Relação ao Total
Pequeno Pórtio I até 20 000	4 074	73,26%
Pequeno Pórtio II De 20 001 até 50 000	963	17,32%
Médio Pórtio De 50 001 até 100 000	299	5,38%
Grande Pórtio Mais de 100 001	225	4,05%
Total	5.561	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor com base no IBGE, 2000.

Até o momento, nenhuma planta de recuperação energética utilizando gaseificação de RSU encontra-se em operação comercial no Brasil.

A tabela abaixo apresenta os empreendimentos registrados atualmente na ANEEL cuja fonte primária é a biomassa de Resíduos Sólidos Urbanos. Em todos estes casos, trata-se de eletricidade gerada a partir de biogás da fração orgânica dos RSU depositados em aterros.

Tabela 4 – Plantas de geração de eletricidade a partir de biogás em aterros no ACR Ambiente de Contratação Regulado.

Empreendimento	UF	Combustível Final	Entrada em Operação	Município	Potência Outorgada (kW)
Ambient	SP	Biogás - RU	14/03/2011	Ribeirão Preto - SP	1.500
Arrudas	MG	Biogás - RU	16/12/2009	Belo Horizonte - MG	2.400
Asja BH	MG	Biogás - RU	03/01/2013	Belo Horizonte - MG	1.426
Asja Jaboatão	PE	Biogás - RU	26/07/2019	Jaboatão dos Guararapes - PE	17.112
Asja Sabará	MG	Biogás - RU	30/06/2017	Sabará - MG	7.130
Bandeirantes	SP	Biogás - RU	03/11/2014	São Paulo - SP	4.624
Barueri	SP	Biogás - RU	-	Barueri - SP	20.000
Biotérmica Recreio	RS	Biogás - RU	24/06/2015	Minas do Leão - RS	12.744
Centro Tecnológico Usinaverde	RJ	Biogás - RU	06/05/2013	Rio de Janeiro - RJ	440
CTR Juiz de Fora	MG	Biogás - RU	01/08/2013	Juiz de Fora - MG	4.278
Curitiba Energia	PR	Biogás - RU	11/01/2016	Fazenda Rio Grande - PR	8.556
Energ-Biog	SP	Biogás - RU	18/12/2002	Barueri - SP	30
Guatapará	SP	Biogás - RU	29/08/2014	Guatapará - SP	5.704
Itajaí Biogás	SC	Biogás - RU	01/02/2013	Itajaí - SC	1.065
Nova Iguaçu	RJ	Biogás - RU	07/05/2019	Nova Iguaçu - RJ	16.932
Novagerar	RJ	Biogás - RU		Nova Iguaçu - RJ	4.000
Paulínia Energia	SP	Biogás - RU	-	Paulínia - SP	25.668
PCT Barueri Biogás	SP	Biogás - RU		Carapicuíba - SP	2.601
Salvador	BA	Biogás - RU	22/12/2010	Salvador - BA	19.730
São João Biogás	SP	Biogás - RU	27/03/2008	São Paulo - SP	24.640
Tecipar	SP	Biogás - RU	11/06/2016	Santana de Parnaíba - SP	5.704
Termoverde Caieiras	SP	Biogás - RU	15/07/2016	Caieiras - SP	29.547
Tremembé	SP	Biogás - RU	15/05/2018	Tremembé - SP	4.278
POTÊNCIA TOTAL OUTORGADA					220.109

FONTE: ANEEL, 2020, adaptado pelo autor.

Já na GD – Geração Distribuída, a ANEEL registra os seguintes consumidores com produção de energia por biogás de RSU.

Tabela 5 – Geração de eletricidade a partir de biogás em aterros na GD

AGENTE	COD GD	COD MUNICÍPIO	MUNICÍPIO	UF	REGIAO	TIPO	CLASSE	COMBUSTÍVEL	GRUPO	MODALIDADE	Ano	Mês	Dia	QTD GD	UC	REC CREDÍTOS	POT INSTALADA (kW)
LIGHT	GD.RJ.000.037.973	3300407	Baix Maná	RJ	Sudeste	UTE	Comerci	Biogás - RU	A4	Geracao na propria UC	2018	agosto	31	1	1	1.000,00	
LIGHT	GD.RJ.000.088.472	3300407	Baix Maná	RJ	Sudeste	UTE	Comerci	Biogás - RU	A4	Geracao na propria UC	2019	maio	31	1	1	1.000,00	
EMS	GD.MS.000.281.084	5005103	Jarai	MS	Centro Oeste	UTE	Rural	Biogás - RU	A4	Autoconsumo remoto	2020	agosto	5	1	2	110,00	
ELETROPAULO	GD.SP.000.056.983	3550308	São Paulo	SP	Sudeste	UTE	Comerci	Biogás - RU	A4	Autoconsumo remoto	2019	janeiro	18	1	3.261	3.150,00	
CPFL-PAULISTA	GD.SP.000.075.103	3522404	Itariba	SP	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	A4	Geracao na propria UC	2019	abril	10	1	1	96,00	
COPEL-DIS	GD.PR.000.005.555	4117909	Palotina	PR	Sul	UTE	Rural	Biogás - RU	A3a	Geracao na propria UC	2016	maio	19	1	1	87,20	
COPEL-DIS	GD.PR.000.011.424	4104808	Caçável	PR	Sul	UTE	Poder Público	Biogás - RU	A2	Geracao na propria UC	2016	novembro	18	1	1	149,00	
COPEL-DIS	GD.PR.000.022.634	4119202	Pinhalão	PR	Sul	UTE	Rural	Biogás - RU	A4	Geracao na propria UC	2018	janeiro	11	1	1	59,20	
COPEL-DIS	GD.PR.000.039.6912	4115002	Maneira	PR	Sul	UTE	Rural	Biogás - RU	A4	Geracao na propria UC	2018	agosto	21	1	1	210,00	
CERBANORTE	GD.SC.000.113.321	4202800	Brág do Norte	SC	Sul	UTE	Rural	Biogás - RU	B2	Geracao na propria UC	2019	setembro	23	1	1	11,04	
CEM/G-D	GD.MG.000.005.910	3152600	Pouso Alto	MG	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	A4	Autoconsumo remoto	2016	julho	20	1	9	264,00	
CEM/G-D	GD.MG.000.005.911	3170750	Vaijão de Vinas	MG	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	A4	Geracao na propria UC	2016	julho	4	1	1	483,00	
CEM/G-D	GD.MG.000.006.711	3137403	Lagoa Dourada	MG	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	A4	Geracao na propria UC	2016	15	1	1	264,00		
CEM/G-D	GD.MG.000.037.450	3119802	Coromandel	MG	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	B2	Geracao na propria UC	2018	agosto	10	1	1	72,00	
CEM/G-D	GD.MG.000.040.103	3170503	Uniãoáia	MG	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	B2	Geracao na propria UC	2018	setembro	11	1	1	75,00	
CEM/G-D	GD.MG.000.040.218	3170503	Uniãoáia	MG	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	B2	Geracao na propria UC	2018	setembro	11	1	1	75,00	
CEM/G-D	GD.MG.000.057.756	3147907	Passos	MG	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	B2	Geracao na propria UC	2019	fevereiro	8	1	1	48,00	
CEM/G-D	GD.MG.000.119.995	3147105	Paia de Minas	MG	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	B2	Geracao na propria UC	2019	agosto	20	1	1	60,00	
CEM/G-D	GD.MG.000.126.443	3146602	Palíva	MG	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	B2	Autoconsumo remoto	2019	agosto	23	1	2	20,00	
CEM/G-D	GD.MG.000.128.723	3131109	Inimutabá	MG	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	B2	Geracao na propria UC	2019	outubro	18	1	1	75,00	
CEM/G-D	GD.MG.000.128.732	3147105	Paia de Minas	MG	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	B2	Geracao na propria UC	2019	outubro	15	1	1	75,00	
CEM/G-D	GD.MG.000.128.737	3147105	Paia de Minas	MG	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	B2	Geracao na propria UC	2019	outubro	15	1	1	75,00	
CEM/G-D	GD.MG.000.128.745	3147105	Paia de Minas	MG	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	B2	Geracao na propria UC	2019	outubro	8	1	1	75,00	
CEM/G-D	GD.MG.000.128.756	3147105	Paia de Minas	MG	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	B2	Geracao na propria UC	2019	julho	24	1	1	75,00	
CEM/G-D	GD.MG.000.128.845	3147105	Paia de Minas	MG	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	B2	Geracao na propria UC	2019	maio	17	1	1	75,00	
CEM/G-D	GD.MG.000.128.850	3131109	Inimutabá	MG	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	B2	Geracao na propria UC	2019	abril	5	1	1	75,00	
CEM/G-D	GD.MG.000.128.858	3149606	Pequi	MG	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	A4	Autoconsumo remoto	2019	fevereiro	19	1	3	78,00	
CEM/G-D	GD.MG.000.128.934	3165102	São José da Varginha	MG	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	B2	Geracao na propria UC	2019	18	1	1	75,00		
CEM/G-D	GD.MG.000.232.642	3147105	Paia de Minas	MG	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	B2	Geracao na propria UC	2020	março	12	1	1	75,00	
CEM/G-D	GD.MG.000.232.732	3149606	Pequi	MG	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	B2	Geracao na propria UC	2020	abril	13	1	1	75,00	
CEM/G-D	GD.MG.000.232.732	3170503	Paia de Minas	MG	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	B2	Geracao na propria UC	2020	abril	29	1	1	75,00	
CEM/G-D	GD.MG.000.233.513	3100902	Abre Campo	MG	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	B2	Geracao na propria UC	2020	abril	24	1	1	75,00	
CEM/G-D	GD.MG.000.236.516	3165102	São José da Varginha	MG	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	B2	Geracao na propria UC	2020	abril	29	1	1	75,00	
CEM/G-D	GD.MG.000.248.198	3165102	São José da Varginha	MG	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	B2	Geracao na propria UC	2020	abril	29	1	1	75,00	
CEM/G-D	GD.MG.000.249.225	3107406	Bom Despacho	MG	Sudeste	UTE	Rural	Biogás - RU	A4	Geracao na propria UC	2020	março	18	1	1	150,00	
CELEPE	GD.PE.000.001.633	2603454	Camagié	PE	Nordeste	UTE	Comerci	Biogás - RU	B3	Geracao na propria UC	2016	junho	8	1	1	28,38	
CELEPE	GD.PE.000.156.252	2611101	Petrolina	PE	Nordeste	UTE	Industrial	Biogás - RU	A4	Geracao na propria UC	2019	novembro	20	1	1	980,80	
CELEPE	GD.PE.000.156.271	2606804	Igarassu	PE	Nordeste	UTE	Industrial	Biogás - RU	A4	Geracao na propria UC	2019	novembro	28	1	1	1.204,00	
CELEPE	GD.PE.000.170.582	2606804	Igarassu	PE	Nordeste	UTE	Industrial	Biogás - RU	A4	Geracao na propria UC	2019	2	1	1	1.204,00		
Total												43	3.315	12.205,62			

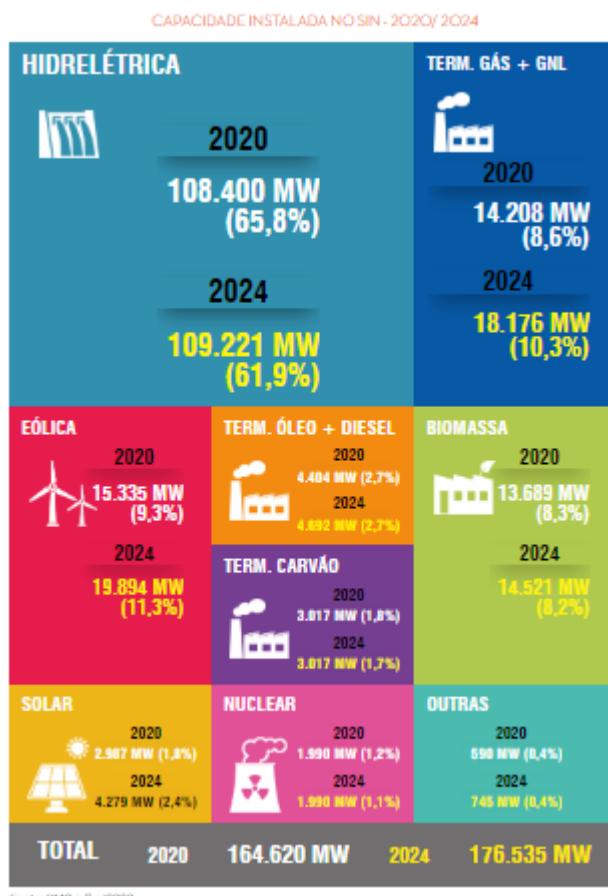
FONTE: ANEEL, 2020.

Somando a potência outorgada negociada no ACR – Ambiente de Contratação Regulado, extraída dos RSU (232.637 kW) à potência instalada nos consumidores, por meio da GD – Geração Distribuída, temos aproximadamente 246 MW de potência instalada no Brasil, advinda de biogás de aterro, representando 0,15% da potência instalada no país.

2.5 A Matriz Energética atual no Brasil

Apesar da quantidade expressiva de plantas de biogás para geração de eletricidade, verifica-se que o potencial total instalado é relativamente reduzido quando comparado com a matriz elétrica brasileira, ilustrada na Figura 14.

Figura 14 – Matriz Elétrica do Brasil - Capacidade instalada – ago/2020.

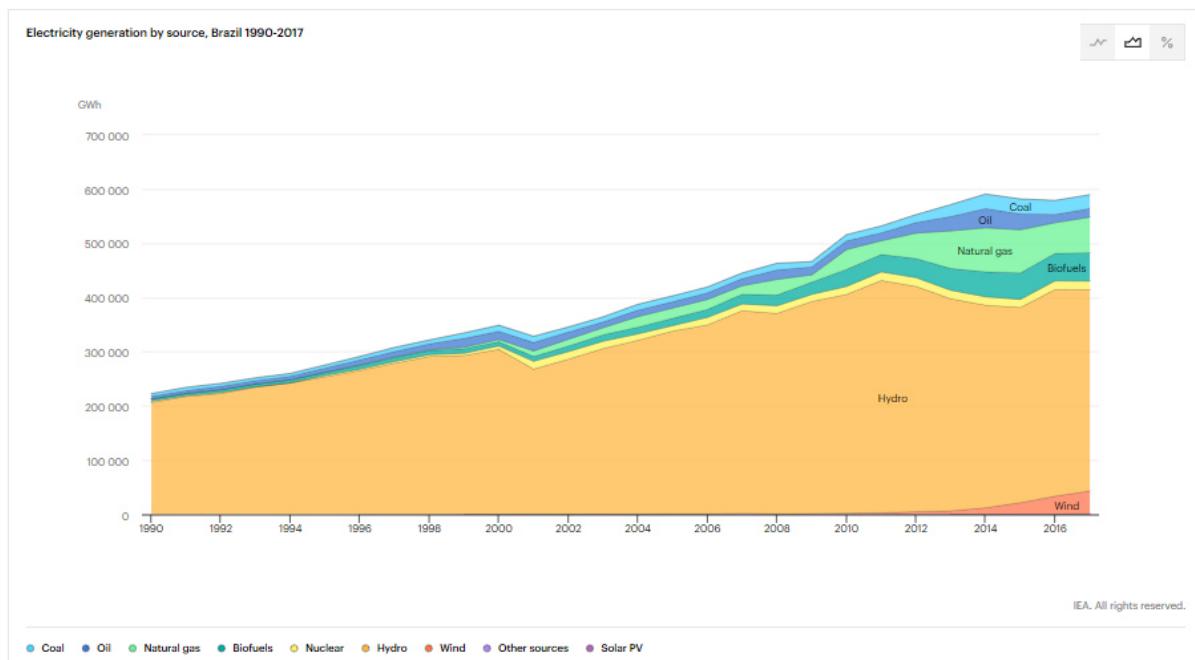


Fonte: ONS, 2020. Disponível em: www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros

A matriz elétrica brasileira é constituída em sua maior parte pela geração hidráulica. Por muitos anos o cenário se manteve assim. Vários fatores atualmente obrigam a renovação deste cenário, tais como o aumento da demanda de energia, a diversificação das fontes de energia para menor dependência dos ciclos hidrológicos

inconstantes, os elevados investimentos e o impacto ambiental para implantação de grandes empreendimentos hidroelétricos, e a localização geográfica das bacias que restam à exploração, etc.

Figura 15 – Evolução da Matriz Elétrica Brasileira – ago/2020

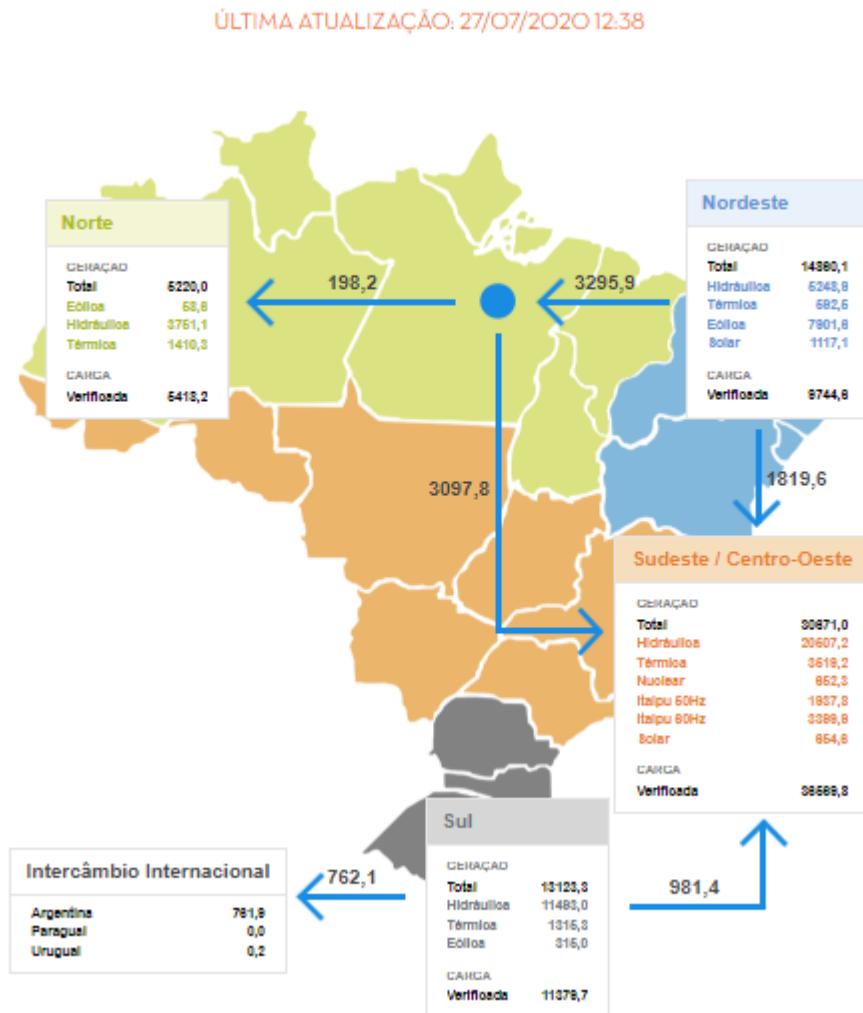


Fonte: IEA, 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/>

Por outro lado, inúmeras são oportunidades para a exploração de fontes de energia limpas e renováveis tais como a energia eólica, solar e advinda de biomassa. Particularmente, a energia extraída da biomassa reúne série de vantagens, não somente o aproveitamento da energia nela contida, mas também a solução para a destinação de resíduos até a melhor condição para disposição final.

Mesmo considerando a diversificação considerável observada nos últimos anos da matriz energética do Brasil, ainda se observa um elevado consumo em regiões tais como a Sudeste e Sul, que classicamente se caracterizam como centros importadores de energia elétrica, ou seja, apesar de sua grande capacidade de geração instalada, sua demanda é maior que a energia gerada nestes submercados, importando parte da energia que é gerada a quilômetros de distância, conforme ilustrado a seguir.

Figura 16 – Balanço de Energia Elétrica nos Submercados Brasileiros



Fonte: ONS (disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros>)

Esta situação é desfavorável sob vários aspectos. Além das perdas elétricas, relacionadas às questões técnicas (efeito Joule), há a questão operacional, considerando a complexidade do SIN – Sistema Interligado Nacional. Todo este cenário eleva os riscos de interrupções de fornecimento e os custos das perdas, operação e manutenção do sistema como um todo.

Visando melhorar este cenário, o Brasil vem promovendo série ações na reestruturação do mercado de energia elétrica desde a década de 90, com a criação de série de instituições e legislação para melhorar a performance do sistema elétrico nacional. Estas ações foram (e ainda são) de grande importância para o crescimento do país, uma vez que, como já abordado, o acesso à energia elétrica está relacionado com o desenvolvimento do país.

De fato, pode-se dizer que grande salto foi dado em prol da modernização, não somente do sistema físico, mas das regras de comercialização da energia elétrica, da criação de instituições para a elaboração de estudos, para o controle físico do sistema nacional, do planejamento da produção de energia em função das demandas de cada centro de carga do país e da organização dos mercados, tornando o Brasil mais preparado para o crescimento econômico-social compatível.

Atualmente no Brasil há potência instalada de aproximadamente 187MW, da fonte Biomassa (Biogas) de RSU, participantes do ACR, distribuídas conforme a tabela a seguir:

2.6 GD – Geração Distribuída

Considerando as características do sistema elétrico do país, desde os grandes produtores de energia elétrica até os grandes centros de demanda, logo ficou clara a necessidade de se aumentar a produção de energia de forma descentralizada, próxima aos centros de consumo (carga). À esta forma de produção de energia dá-se o nome de Geração Distribuída. Apesar das mais diversas definições, dadas por pontos de vista que variam conforme a instituição, é consenso que sua característica mais marcante é o fato de produzir a energia o mais próximo ao ponto onde a mesma será consumida, uma vez que a armazenagem de energia elétrica em grandes quantidades ainda se apresenta incipiente.

A Geração Distribuída contribui também para o alívio das linhas de transmissão que compõe o SIN, pois reduz a quantidade de energia a ser transferida dos grandes geradores (usinas hidrelétricas e demais fontes de elevada potência instalada) para o centro de carga distante.

A Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, art.2º, §8º, alínea “b” estabeleceu que o agente produtor de energia elétrica de fontes renováveis pode se cadastrar no PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia, que é coordenado pelo MME – Ministério de Minas e Energia. Este programa tem como objetivo principal a diversificação da matriz energética do Brasil. Ele garante ao agente produtor (geradora) a contratação de toda a energia produzida cadastrada neste programa pela Eletrobrás, órgão gerenciador do programa, no ACR – Ambiente de Contratação Regulada, através de contratos de longo prazo (acima de 20 anos). Os

participantes do programa são os produtores cadastrados como vendedores, e as concessionárias de energia elétrica, consumidores livres e especiais e autoprodutores como os compradores desta energia.

O Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004, art.14º, define que Geração Distribuída é a produção de energia elétrica proveniente de empreendimentos de agentes concessionários, permissionários ou autorizados conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador, exceto aquela proveniente de empreendimento hidrelétrico com capacidade instalada superior a 30 MW e termelétrico, inclusive de cogeração, com eficiência energética inferior a 75%, exceto aqueles que utilizem biomassa ou resíduos de processo como combustível, que não estarão limitados à esta eficiência.

Segundo o mesmo decreto, a contratação de energia elétrica proveniente de empreendimentos de geração distribuída se dará através de leilões específicos, sendo que as concessionárias e permissionárias devem realizar estas contratações, em volume até 10% do total da carga comercializada pelo agente da distribuição nas respectivas regiões de concessão.

Também estabelece o decreto nº 5.163 que o aproveitamento de potenciais hidráulicos e a implantação de usinas termelétricas de potência igual ou inferior a 5MW estão dispensadas de concessão, permissão ou autorização, devendo apenas ser comunicados ao poder concedente (redação dada pela Lei 13.360 de 2016).

A Lei 13.203/2015 cria a possibilidade de os agentes de distribuição repassarem integralmente na tarifa do consumidor o maior valor entre o VR – Valor Anual de Referência e o VRES – Valor Anual de Referência Específico. Este último é calculado pela EPE – Empresa de Pesquisas Energéticas, considerando as condições técnicas e a fonte da geração distribuída, e deve ser aprovado pelo MME – Ministério de Minas e Energia.

A Portaria nº 65, de 27 de fevereiro de 2018, estabeleceu o VRES, que passou a vigorar a partir de 1º de março de 2018, e que é aplicado aos geradores que estejam conectados à rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras e que tenham capacidade instalada menor ou igual à potência disponibilizada para o consumidor (demanda contratada), limitada ao máximo a 30 MW.

Em seu art.2º, esta portaria estabeleceu entre outros o VRES para os RSU no valor de 561,00/MWh. Este valor, aliado às disposições da Lei nº 13.203, constituem um atrativo para os agentes distribuidores procurarem tais fontes para compor sua cesta de energia adquirida, mormente pelo fato do agente gerador se localizar na própria área de concessão e injetar a energia produzida, neste caso, através do aproveitamento energético dos RSU, na própria rede de distribuição do concessionário, seja em BT (baixa tensão), MT (média tensão) ou em AT (alta tensão), neste caso, de sua própria rede de subtransmissão.

Estas são as condições básicas para a comercialização da energia produzida por um agente gerador de energia à biomassa de RSU no ACR, que oferece a vantagem da estabilidade de fornecimento do seu produto durante o prazo contratual normalmente alongado. Em contrapartida, a contratação ocorre somente quando da necessidade (ou atuação estratégica) do agente distribuidor, o que pode não vir a ocorrer. Outra desvantagem é o risco da falta de lastro do agente produtor, a ser liquidada também em relação ao VREF.

Outra forma de comercialização desta energia produzida seria sua utilização em regime de compensação, dada pelo texto da REN nº 482/2012, posteriormente complementada pela REN nº 687/2015. Em conjunto estas resoluções definiram as figuras e regras da Microgeração e da Minigeração distribuída. A Tabela 6 apresenta um resumo das principais definições de cada uma destas resoluções normativas. Conforme se constata, este conjunto de resoluções não somente estabeleceram as regras e limites para a instalação dos empreendimentos e para a compensação dos créditos, como também definiram as regras para a constituição de modalidades de negócio que atualmente encontram-se em operação: Geração Compartilhada, podendo ser através de Cooperativas ou Consórcios, GD na própria unidade (modelo básico), Autoconsumo Remoto e Múltiplas Unidades Consumidoras. Cada um destes modelos apresenta conjunto de regras estabelecidas normativas já comentadas.

Tabela 6 – Empreendimentos de Geração de Energia Elétrica a partir de RSU

	RN nº 482/2012	RN nº 687/2015
Microgeração distribuída	Central geradora com potência instalada inferior ou igual a 100 kW.	Central geradora com potência instalada inferior ou igual a 75 kW.
Minigeração distribuída	Central geradora com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW.	Central geradora com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW (fontes hidrálicas) ou menor ou igual a 5 MW (cogeração qualificada, ou para as demais fontes renováveis).
Tipos de fontes conectadas na rede de distribuição na Unidade Consumidora (UC)	Fontes hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada.	Cogeração qualificada ou fontes renováveis de energia elétrica.
Modelos de compartilhamento de créditos	Na mesma UC que gerou os créditos de energia, ou em outras UCs de mesma titularidade.	Junto à UC; Múltiplas UCs; Autoconsumo remoto e Geração compartilhada.
Limite de potência instalada	Limitada pela carga instalada no caso de UC do grupo de baixa tensão, ou pela demanda contratada para UC do grupo de alta tensão.	Limitada pela potência disponibilizada para a UC onde a central geradora será conectada.
Instalação de potência superior ao limite	Solicitar junto à concessionária o aumento de carga instalada, no caso de UC do grupo de baixa tensão, ou à demanda contratada no caso de UC do grupo de alta tensão.	Solicitar junto à concessionária o aumento da potência disponibilizada, sendo dispensado o aumento da carga instalada.
Validade dos créditos de energia	36 meses.	60 meses.
Custos do sistema de medição	De responsabilidade do interessado.	Para sistema de microgeração de reponsabilidade da distribuidora de energia, para sistema de minigeração e de geração compartilhada de reponsabilidade do interessado.

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR

No Brasil, a Geração Distribuída atualmente contribui com uma potência instalada da ordem de 3,39 GW, gerados a partir das fontes conforme a tabela a seguir.

Tabela 7 – Geração Distribuída – Potência Instalada por Tipo de Fonte

COMBUSTÍVEL	QTD GD	UCs REC	CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
Bagaço de Cana de Açúcar	8	8	4.486,00	
Biogás - Floresta	10	18	683,00	
Biogás - RA	150	655	26.778,36	
Biogás - RU	43	3.314	12.580,42	
Biogás-AGR	18	34	2.682,08	
Casca de Arroz	5	7	4.900,00	
Cinética do vento	64	108	10.413,86	
Gás de Alto Forno - Biomassa	3	10	5.361,00	
Gás Natural	9	550	5.631,68	
Potencial hidráulico	101	8.230	97.381,71	
Radiação solar	268.099	335.554	3.207.696,88	
Resíduos Florestais	5	17	10.110,00	
Total	268.515	348.505	3.388.704,99	

FONTE: ANEEL, 2020.

Na tabela a seguir constam apenas os empreendimentos cuja fonte é RU (Resíduos Urbanos), por região.

Tabela 8 – Geração Distribuída – Instalações de RSU por localidade

REGIAO	QTD GD	UCs REC	CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
Nordeste	4	4	3.417,18	
Sudeste	34	3.305	8.646,80	
Sul	5	5	516,44	
Total	43	3.314	12.580,42	

FONTE: ANEEL, 2020.

Estes empreendimentos operam nas seguintes modalidades:

Tabela 9 – Geração Distribuída – Instalações de RSU por modalidade

MODALIDADE	QTD GD	UCs REC	CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
Autoconsumo remoto	4	3.275	3.512,00	
Geracao na propria UC	39	39	9.068,42	
Total	43	3.314	12.580,42	

FONTE: ANEEL, 2020.

Conforme já comentado, existem atualmente alguns benefícios financeiros para os empreendimentos que operam em GD, definidos pelo Governo Federal, através do MME e da ANEEL, visando postergar e reduzir os investimentos em ampliações da rede de transmissão/distribuição e de geração. A GD ainda possibilita diversificar a matriz energética do país e aumentar sua eficiência, visto que geração ocorre praticamente junto ao consumo, reduzir as perdas técnicas, reduzir os impactos ambientais de grandes empreendimentos da geração e transmissão de energia, permitir a rápida implantação, aumentar a segurança do fornecimento e ainda aumentar a geração de empregos e desenvolvimento econômico.

Em outubro de 2019, após quase quatro anos da última alteração desta normatização (REN 687/2015), a ANEEL anunciou abriu debate junto aos agentes do mercado de energia, aos órgãos do governo e ao público em geral, em continuidade aos resultados da discussão e contribuições recebidas na CP nº 10/2018 e na AP nº 01/2019, para discussão da revisão da REN nº 482/2012, referente às regras aplicáveis à micro e mini geração distribuída. Na Audiência 040/2019, encontra-se o Relatório de Análise de Impacto Regulatório nº 003/2019, que explica as 5 Alternativas à modificação das atuais regras da REN nº 482/2012.

O processo de revisão da REN nº 482/2012 está em andamento, porém indica que ocorrerão alterações na sistemática de cobrança de serviços, taxas e impostos no âmbito da Geração Distribuída, podendo acarretar alterações na viabilidade de projetos que se utilizarão desta legislação após vigorar a revisão da normativa em questão.

Atualmente, a tarifa de energia elétrica é subdividida da seguinte forma:

Tabela 10 – Composição da Tarifa de Energia Elétrica na Distribuição

TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA						
TE = CUSTO DA ENERGIA			TUSD = TARIFA DO USO DO SISTEMA DA DISTRIBUIÇÃO			
ENERGIA	ENCARGOS	FIO A TRANSMISSÃO	FIO B DISTRIBUIÇÃO	ENCARGOS	PERDAS	
38%	12%	6%	28%	8%	8%	

FONTE: PECE, 2020

Segundo o atual texto da REN 482/2012, o consumidor que produz energia em sua instalação poderá abater o equivalente da energia injetada na rede de distribuição de seu consumo, na proporção de 1 kWh gerado para 1 kWh consumido. A compensação desta energia ocorre sobre 100% das componentes da tarifa, ou seja, integralmente sobre a TE e sobre a TUSD. O consumidor arca integralmente com a diferença entre a energia consumida e a gerada, tendo abatimento integral da energia gerada.

Em apertada síntese, as discussões acerca da revisão da referida resolução foram iniciadas em outubro de 2019, quando a ANEEL realizou consultas e audiências públicas (CP nº 10/2018 e na AP nº 01/2019) para captar do mercado as expectativas acerca da sistemática de cobrança da tarifa na GD. Na época, a agência, pressionada pelos vários atores ligados à área da energia do país, objetivava adequar formatação do mercado da GD para maior equilíbrio financeiro, sem prejuízo, porém, dos objetivos que conduziram-na inicialmente à implementação da própria legislação da Geração Distribuída (o que, conforme se observa até o presente momento, não conseguiu, visto

o desequilíbrio e discussões que perduram até hoje), resultando no Relatório de Análise de Impacto Regulatório nº 003/2019 publicado pela ANEEL. Das discussões foram formuladas pela agência as cinco alternativas para modificação dos benefícios concedidos na tarifa de energia elétrica da distribuição das instalações em GD – Geração Distribuída no país, abaixo resumidas:

Alternativa 1: Passará o consumidor-produtor a arcar com a parcela do Fio B incidida sobre toda a energia consumida, inclusive sobre aquela que estaria gerando, ou seja, esta parcela do denominado Fio B não entra no abatimento da energia gerada, reduzindo assim o “benefício” anteriormente concedido.

Alternativa 2: Analogamente à Alternativa 1, na alternativa 2 o consumidor-produtor arcará integralmente com as componentes do Fio A (componente relativa à Transmissão) e do Fio B (componente relativa à Distribuição), deixando de pagar as demais componentes aplicadas sobre a energia produzida em GD.

Alternativa 3: Reduz-se o benefício das componentes do Fio A, Fio B e encargos da TUSD.

Alternativa 4: Reduz-se todo o benefício da TUSD, tendo, o consumidor-produtor o benefício apenas das componentes da TE.

Alternativa 5: Neste caso o consumidor-produtor teria, como benefício, apenas a componente da tarifa relativa à TE reduzida de sua conta a pagar à distribuidora local, que, pelas regras da REN nº 482/2012, pode ser utilizada como créditos a serem consumidos em até 60 meses. Todas as demais componentes deverão ser arcadas pelo consumidor-produtor, calculadas sobre o montante total da energia consumida.

A ANEEL defende a implantação da Alternativa 2 imediatamente à publicação oficial da nova revisão da referida resolução, e a entrada em vigor da Alternativa 5 quando do atingimento do total de energia gerada em regime de GD de 5,9 GW.

Ocorre que a publicação destas alternativas e a forma de entrada em vigor causaram tanto furor no mercado da energia elétrica do país, que sequer conseguiram alcançar texto razoável para alteração da resolução em vigor, gerando elevado estresse e instabilidade no setor, afugentando investidores não somente nos empreendimentos de GD, como também no comércio, indústria e setor terciário.

De forma paralela, ainda no mesmo diapasão, está em discussão na Câmara dos Deputados e no Senado Brasileiro o PL – Projeto de Lei do Deputado Lafayette de Andrada denominado Código Brasileiro de Energia Elétrica, que agrupa todo o aparato legal relacionado à geração, transmissão e distribuição da energia elétrica no Brasil, com objetivo de "[...] desatar o cipoal de normas que o setor possui, levando segurança jurídica para os investidores.[...]"³, momente a elevada quantidade de resoluções publicadas pela ANEEL ao longo de sua existência. Caso aprovado, o referido PL põe um fim em todas as discussões acerca da revisão da REN 482/2012, porém, o risco de se vigorar a redução dos benefícios em GD no país, por conta do desequilíbrio gerado com a metodologia de aplicação de desconto e regime de compensações, é elevado.

Devido à inclinação da agência de se fazer vigorar a alteração da REN nº 482/2012, inviabilizando série de investimentos que se iniciariam desde o ano de 2019, a discussão tomou grandes proporções e ao que parece, se arrastarão por mais tempo, devido à complexidade do assunto e devido aos atrasos resultantes da Pandemia do COVID-19

Ainda sobre a atuação no mercado da GD – Geração Distribuída, pode o empreendedor se beneficiar de descontos sobre as tarifas de uso do sistema da transmissão ou da distribuição (TUST ou TUSD, respectivamente), caso seu projeto atenda às exigências normativas para enquadramento das instalações no regime de Cogeração Qualificada, definida como a geração na mesma planta, de mais de uma utilidade (eletricidade, calor para processos ou acionamentos mecânicos) de forma simultânea. Fundamenta-se na economia de recursos energéticos, quando comparada aos mesmos sistemas (produção das utilidades acima) de forma individual.

Além do benefício de 100% de redução, a ser aplicado às tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição, incidindo na produção e no consumo da energia comercializada, uma vez que utilizam como insumo energético, no mínimo, 50% de biomassa composta de resíduos sólidos urbanos (uma vez que se enquadram no art.3º da REN 271, de 03 de julho de 2007 da ANEEL, o agente poderá se beneficiar

³ Segundo o próprio deputado, em entrevista ao Canal Solar. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/noticias/item/758-deputado-lafayette-apresentara-pl-que-cria-marco-legal-do-setor-eletro-e-da-gd-na-proxima-semana> .

de tarifas especiais para a aquisição de gás natural (no âmbito do Estado de São Paulo), e a isenção da aplicação em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico, sem limitação de capacidade instalada (Lei nº 9991/00, art.2º e Lei nº 10.438/02. A base normativa da Cogeração Qualificada é a REN nº 235/2006.

Há ainda a opção de comercialização da energia gerada pelo produtor independente no ACL – Ambiente de Contratação Livre, observadas as regras de caracterização e registro do agente na ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica e na CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica.

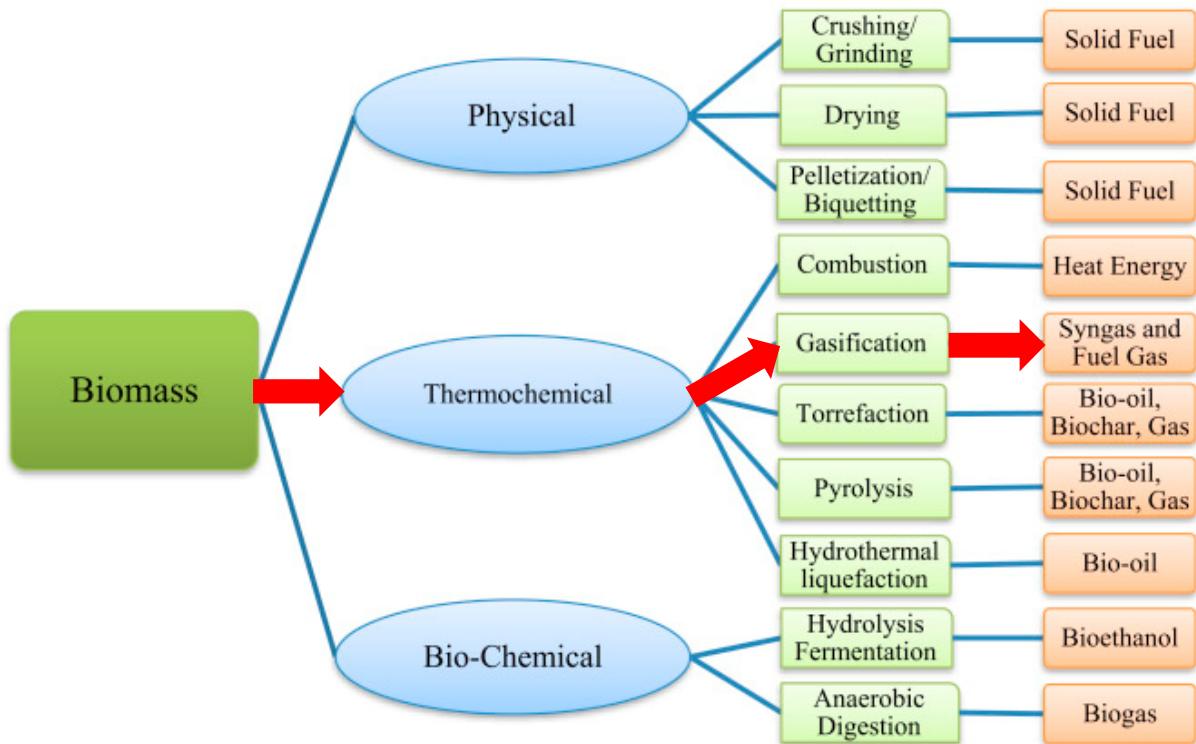
De todo o acima exposto, pode-se concluir que:

- a) a legislação vigente permite série de arranjos para o estabelecimento de negócios financeiramente viáveis na comercialização da energia gerada por um empreendimento nas proximidades da região central de São Paulo;
- b) algumas modalidades de negócio, tais como a Geração Distribuída Compartilhada em Condomínio ou Cooperativa, o Autoconsumo Remoto ou ainda o Consumo em Múltiplas Unidades, pode ser atrativas e viabilizar empreendimentos em GD;
- c) A Geração de Energia Elétrica combinada com outra utilidade, por exemplo, a produção de vapor ou aquecimento para processos, pode permitir a classificação do negócio como Cogeração Qualificada, o que lhe trará benefícios em tarifa e algumas outras vantagens.

3 APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RSU – ESTADO DA ARTE

A figura a seguir ilustra as diversas rotas e tecnologias para aproveitamento energético de biomassa.

Figura 17 – Bioenergia – Rotas de Conversão



FONTE: ONG et al, 2019, modificado pelo autor.

Das rotas apresentadas na figura, aquelas com tecnologia WtE, disponíveis para a recuperação energética dos RSU – Resíduos Sólidos Urbanos em escala comercial e atualmente utilizadas são:

3.1 Tratamento Bioquímico

Dentre as várias tecnologias existentes que se baseiam no princípio das reações bioquímicas para a produção de combustíveis líquidos ou gasosos, e posterior aproveitamento energético, apresentam-se as mais viáveis para aplicação direta em RSU:

3.1.1 Aterro Sanitário

Consiste simplificadamente no confinamento dos resíduos depositados no solo impermeabilizado, coberto por camadas de terra, isolando-os do meio ambiente, implantando-se um sistema de forma a ser coletado biogás gerado na decomposição

do RSU. Todos os cuidados devem ser tomados na construção e operação de tais tipos de instalação, seguindo estritamente as normas e padrões específicos e legislação local de proteção ao meio ambiente, de forma a se evitar a contaminação do lençol freático, do solo ou do ar. A etapa da preparação do solo para o recebimento do RSU consiste na compactação do local para se garantir a estabilidade do terreno, considerando o volume e peso do material a ser depositado em cavas. Tais cavas devem ser impermeabilizadas com camadas de geomembranas, normalmente confeccionadas em PEAD (Polietileno de Alta Densidade) a fim de se evitar o vazamento ao solo de líquidos resultantes da decomposição do material residual – Chorume – que é coletado através de sistema hidráulico e de bombeamento. Após a preparação das cavas, o local está pronto para receber o RSU, que será depositado em camadas compactadas a fim de se aumentar a formação do biogás ao longo do processo de decomposição do material orgânico contido no RSU, além de proteger contra a infiltração de água, a entrada de oxigênio em excesso e a saída do Biogás para a atmosfera. A infiltração de oxigênio retardaria o processo de decomposição anaeróbica, fase em que o metano é produzido. (COELHO et al, 2020). Durante este processo, há a produção de dois vetores poluidores ambientais: o Chorume e o Biogás. Conforme comentado, o Chorume é coletado através de sistema hidráulico especialmente projetado, e armazenado em tanques para posterior tratamento em plantas especialmente projetadas para tanto. Para a coleta do Biogás, é projetado sistema de tubulação e bombeamento para queima em “*flares*”, caso em que não há aproveitamento do Biogás, ou para fornecimento como combustível para alimentação direta de motores a combustão interna, que, acoplados a geradores elétricos poderão gerar indiretamente energia elétrica, ou ainda para queima em caldeiras à vapor e posterior utilização do calor em turbinas à vapor, ou ainda para queima em turbinas à gás ou microturbinas. Tais utilidades devem ser objeto de estudo e concessão de licenças ambientais, de acordo com a localidade e legislação local. Deve-se ainda salientar que após a coleta do Biogás e antes da distribuição para a aplicação deve ser implantado sistema de tratamento do Biogás para retirada de umidade, particulados e impurezas em geral, estando, assim, próprio para as utilizadas supramencionadas.

3.1.2 Biodigestão

A Biodigestão é o processo que consiste na decomposição da matéria orgânica presente no RSU, na ausência de oxigênio. Tal processo ocorre em quatro fases: a hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. Em cada fase há a ação de enzimas e bactérias que quebram as moléculas dos compostos orgânicos e dos subprodutos das fases anteriores. Neste processo há fatores críticos de sucesso, tais como a ausência de oxigênio, para a ação apropriada das bactérias metanogênicas, a composição do substrato, ou seja, quanto maior o percentual de matéria orgânica no RSU, maior a produção de Biogás, e ainda o controle da temperatura, pois variações bruscas podem interromper o processo de digestão anaeróbica. A implantação e operação de um Digestor Anaeróbico é indicada para os casos em que se disponha de matéria orgânica em excesso, uma vez que a produção do Biogás se dá através do próprio material orgânico, não participando destas reações biológicas os materiais inorgânicos tais como plásticos (PP e PE), contidos em quantidades no RSU. O Biogás produzido nos Biodigestores está sujeito aos mesmos tratamentos mencionados anteriormente, tendo as mesmas aplicações finais e utilidades já abordadas na produção do mesmo em Aterros Sanitários.

3.2 Tratamento Termoquímico

A seguir serão apresentadas as tecnologias WtE atualmente em utilização comercial, que se utilizam do tratamento termoquímico dos RSU: a Combustão ou Incineração e a Gaseificação, tecnologias utilizadas em grande parte dos países desenvolvidos, mas que por série de dificuldades, principalmente econômicas, são pouco aplicadas em países em desenvolvimento.

3.2.1 Combustão ou Incineração

O processo de Combustão ou Incineração consiste na queima do resíduo sólido na presença de oxigênio. Há essencialmente dois métodos que utilizam o processo de Combustão ou Incineração do RSU (THE WORLD BANK, 1999):

- a) o denominado “*mass burning system*”, no qual o RSU é submetido à queima direta “*in natura*”, ou seja, sem tratamento prévio (apenas com a separação de certos componentes indesejáveis na operação, tais como metais e vidro);

- b) o denominado “*prepared fuel system*”, no qual o RSU é mecanicamente preparado e processado a fim de se produzir uma mistura denominada CDR – Combustível Derivado de Resíduo.

No processo de preparação do CDR (“*prepared fuel system*”), o RSU passa pelos processos de separação, trituração, peneiramento e desumidificação.

A separação pode ser realizada eletromagneticamente, mecanicamente ou manualmente, ou ainda de forma combinada. A trituração é o processo de redução do tamanho das partículas, sendo de grande importância para a homogeneização dos componentes do futuro CDR, que apresentará melhores resultados durante a sua combustão.

Durante o processo de trituração deve haver o peneiramento do produto triturado, garantindo sua homogeneidade, fazendo com que os núcleos de RSU não triturados ou com tamanho superior ao desejado (normalmente em partículas de até 10 mm) seja conduzido ao início do processo através de sistema de esteiras automáticas de realimentação.

Na sequência, a mistura segue à área de secagem para redução do teor de umidade do CDR. A presença de umidade reduz o poder calorífico do CDR, uma vez que toda a massa equivalente à H₂O presente participará da combustão no interior da caldeira ou incinerador.

Após a desumidificação o CDR está pronto para ser levado às etapas iniciais do processo de incineração, assim como o RSU “*in natura*” no caso do sistema “*mass burning*”.

O processo de incineração é realizado basicamente em duas etapas. Na primeira, os resíduos sólidos são conduzidos através de sistema mecanizado automático, normalmente utilizando esteiras ou ainda sendo alimentados mecanicamente em fardos à câmara de combustão principal ou primária, e depositados em sistema de grelhas, no qual são submetidos a temperaturas da ordem de 500 a 900 °C, tendo seus volumes reduzidos em um tempo de permanência que pode variar de 30 até 70 minutos, dependendo do sistema adotado e da composição básica, tanto do RSU quanto do CDR (há referências na literatura que apontam tais variações). Neste estágio há a formação de gases e partículas sólidas, que são basicamente compostos

carbonosos, a serem recolhidos através de sistema de coleta na parte inferior da câmara, e devidamente destinados posteriormente. Tais compostos normalmente são inertes, porém, considerando a variedade de sistemas e de acordo com as características gravimétricas do RSU processado, medidas de controle adicionais podem ser necessárias para o tratamento deste subproduto. Há linhas de pesquisa e desenvolvimento abordando o aproveitamento deste tipo de resíduo para a produção de tijolos para a construção civil (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO VIETNAM, 2019).

Na segunda etapa os resíduos encontram-se em estágio gasoso e em atmosfera altamente oxidante, em temperaturas que podem variar de 750 até 1250 °C, compostos por CO₂, NO_x, SO_x, HCl, H₂O, CDD (dibenzo-p-dioxinas cloradas) e CDF (dibenzofuranos clorados), constituindo estes dois últimos na maior preocupação do processo de incineração, visto que consistem em poluentes extremamente nocivos à saúde humana, e, portanto, objeto de atenção e tratamento eficaz dos gases produzidos no processo. Ao serem conduzidos ao Sistema de Tratamento de Gases, os mesmos atravessam Sistema de Troca de Calor em Ciclo Rankine, que absorve a energia calorífica extraída da combustão do RSU, produzindo vapor d'água que será conduzido às turbinas que, por sua vez, acionarão geradores de energia elétrica.

No Sistema de Tratamento de Gases será adicionado hidróxido de cálcio (*dry scrubber*), com alta eficiência para neutralização e captura de NO_x e SO_x (INFIESTA, 2015). Após o tratamento dos gases, com os mesmos já resfriados e neutralizados, serão conduzidos ao Sistema Absorvente em leito à base de carvão ativado, passando antes por sistema de filtros-manga para retenção de particulados e fuligem. O Sistema Absorvente à base de carvão ativado objetiva a eliminação de núcleos de NO_x que podem ser gerados na câmara secundária, a retenção dos organoclorados (dioxinas e furanos) e retenção de metais.

É sabido que o sistema de aproveitamento calorífico do RSU em Ciclo Rankine, operando em temperatura e pressão elevadas apresentam melhores índices de eficiência, porém, provocam a formação de compostos ácidos, exigindo materiais diferenciados, próprios para suportar tais condições e manutenção intensiva, o que deve ser considerado no projeto e na análise de viabilidade do sistema como um todo (COELHO et al, 2020).

Tipicamente a temperatura dos gases nos filtros-manga e os leitos à carvão ativado são da ordem de 150 °C a 200 °C, sendo reduzida após estes elementos, sendo conduzidos à chaminé em aproximadamente 120 °C (INFIESTA, 2015).

O projeto do incinerador deve ser meticulosamente elaborado, para se mitigar os riscos de ocorrência de acúmulo de resíduos cuja combustão não ocorrerá de forma completa, situação em que se verifica maior probabilidade de formação de dioxinas e furanos. Durante a operação de incineração também devem ser controlados os níveis de O₂ em várias posições do incinerador, a fim de se garantir a queima completa dos resíduos em seu interior. O controle do fluxo de O₂ é fator determinante na eficiência e segurança da operação de incineração: baixo fluxo de O₂ resulta em reações sub-estequiométricas na câmara principal, permitindo alta concentração de CO, reduzindo a temperatura de reação, ambas as ocorrências indesejáveis na operação. Altas concentrações de O₂ resultam em elevadas temperaturas de reação, acarretando a volatilização de certos compostos inorgânicos e a mudança de estado de certos metais sem perda mássica ou reação com outros subprodutos da incineração, tornando sua remoção prejudicada no momento da limpeza e purificação dos gases. Apesar da exigência destes sistemas, sua eficiência na retirada ou absorção de metais pesados, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, bifenilas policloradas, dioxinas e furanos, ela não é absoluta. A taxa de redução mássica comumente observada nos incineradores é de 70% a 80% e a volumétrica pode chegar até 90% (INFIESTA, 2015).

Pode-se observar que esta tecnologia é aplicada mundialmente, geralmente nos casos em que se disponha de volume elevado de material a ser processado, comumente em localidades com mais de 500.000 habitantes, e volumes de geração de RSU da ordem de dezenas de toneladas diárias. A Tabela 11 ilustra esta situação.

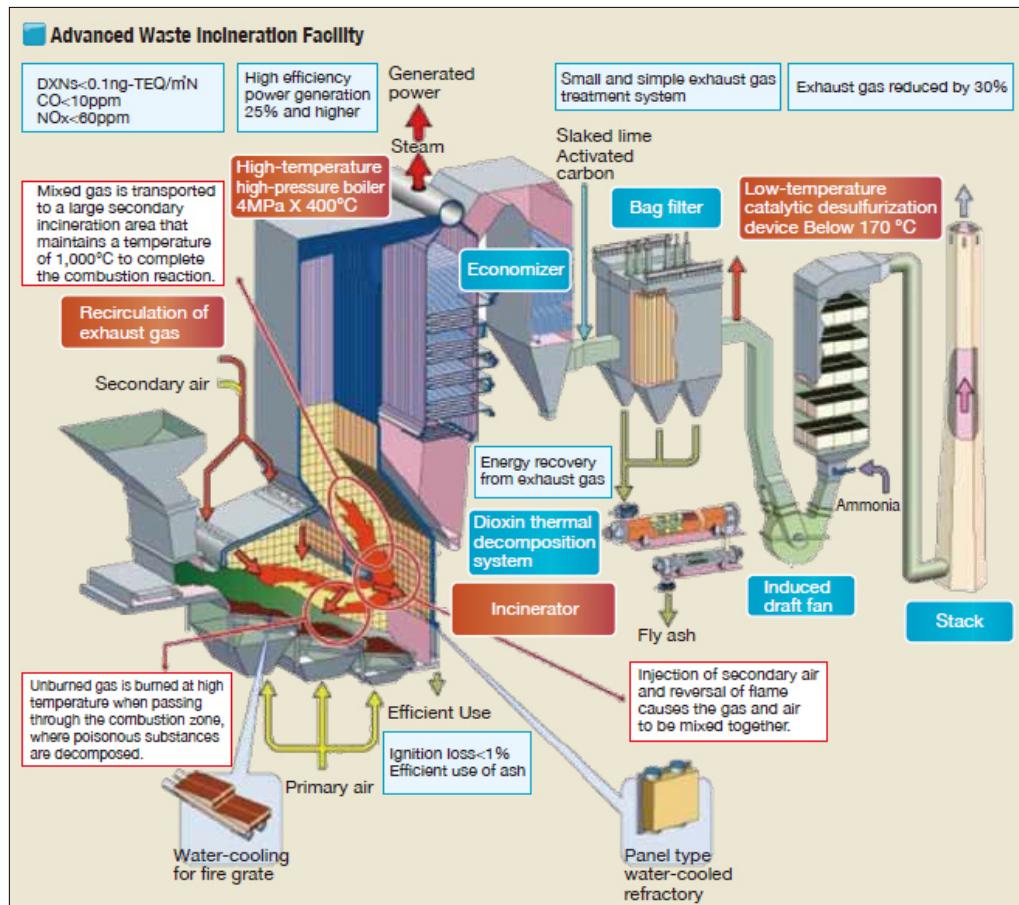
Também deve ser considerado que o potencial energético do RSU está relacionado intimamente com o poder calorífico de cada componente do mesmo, seja “*in natura*” ou do CDU e com a composição gravimétrica do RSU processado, anteriormente neste trabalho.

Tabela 11 – Potencial energético de algumas plantas de incineração no mundo

USINA	LOCALIZAÇÃO	CAPACIDADE DE PROCESSAMENTO (ton/dia)	PRODUÇÃO DE ENERGIA (MW)	POTENCIAL ENERGÉTICO (MWh/ton)
TSURUMI	JAPÃO	600	12	0,48
TOMIDA	NAGOYA, JAPÃO	450	6	0,32
DICKERSON	MARYLAND, ESTADOS UNIDOS	1800	63	0,85
ALEXANDRIA	VIRGINIA, ESTADOS UNIDOS	975	22	0,54
ISVAG	ANTUÉRPIA, BÉLGICA	440	14	0,76
SAVANNAH	ESTADOS UNIDOS	690	12	0,42
IZMIT	TURQUIA	96	4	1,00
UIOM EMMENSPITZ	SUIÇA	720	10	0,33
WELLS	ÁUSTRIA	190	7	0,88
POTENCIAL ENERGÉTICO MÉDIO				0,62

FONTE: Elaborado pelo autor com base nos dados obtidos em COELHO et al (2020).

Figura 18 – Planta de incineração de resíduos



FONTE: MINISTRY OF THE ENVIRONMENT OF JAPAN, 2012.

O processo de incineração como tratamento térmico de resíduos sólidos vem sendo utilizado desde o último século, apresentando, nas últimas décadas, avanço tecnológico que o tornaram seguros ao meio ambiente e comercialmente viáveis,

sendo adotado como a principal tecnologia utilizada para solução da problemática do lixo urbano na maioria dos países desenvolvidos. No Japão, por exemplo, quase 100% dos RSU são destinados às plantas de incineração, na Suíça por volta de 80%, em Paris, 100% é destinado à incineração com geração de energia para aquecimento de 70.000 lares. (COELHO et al, 2020).

No Brasil, a falta de plantas de incineração se deve basicamente em virtude da série de precauções que devem ser tomadas no projeto de uma planta de incineração e na operação da mesma, conforme abordado anteriormente, e os riscos associados, combinados com a falta de informação do público em geral, acerca das tecnologias disponíveis atualmente para a garantia da segurança da saúde pública e do meio ambiente.

Além disto as exigências legais para a implantação destes sistemas de segurança, tais como limpeza dos gases, retenção de dioxinas e furanos e demais compostos tóxicos, dos gases liberados por tais plantas à atmosfera em níveis seguros e dentro dos parâmetros da legislação, impõe elevados custos de implantação e operação, sendo avaliados pelo Banco Mundial como investimento de elevado custo e risco, inviabilizando obtenção de financiamentos.

Como vantagens do processo de incineração podemos citar a redução do volume total do RSU destinado a aterros sanitários que, como já comentado, pode chegar a 90% em volume, a transformação do RSU em composto orgânico inerte (cinzas) a serem finalmente destinadas a aterros ou ainda sendo utilizadas em outros processos produtivos (fabricação de tijolos, agregado para pavimentação ou para a indústria cimenteira), a redução drástica de volume de metano que seria emitido com a disposição em aterros, redução das áreas que seriam necessárias para aterro sanitário, uma vez que a planta de incineração, comparativamente, demanda pequena parcela da área do aterro, e a produção de energia elétrica.

Algumas desvantagens, porém, podem ser citadas, tais como a inviabilidade econômica de aplicações em localidades com menos de 500 ton/dia de RSU disponível, níveis baixos de eficiência energética devido à presença de umidade no RSU *“in natura”*, a necessidade de fornecimento de outra fonte de energia para manutenção do processo de combustão em alguns casos e os cuidados e custos

envolvidos para a manutenção dos gases de escape e das cinzas em níveis de toxicidade seguros e de acordo com a legislação local (COELHO et al, 2020).

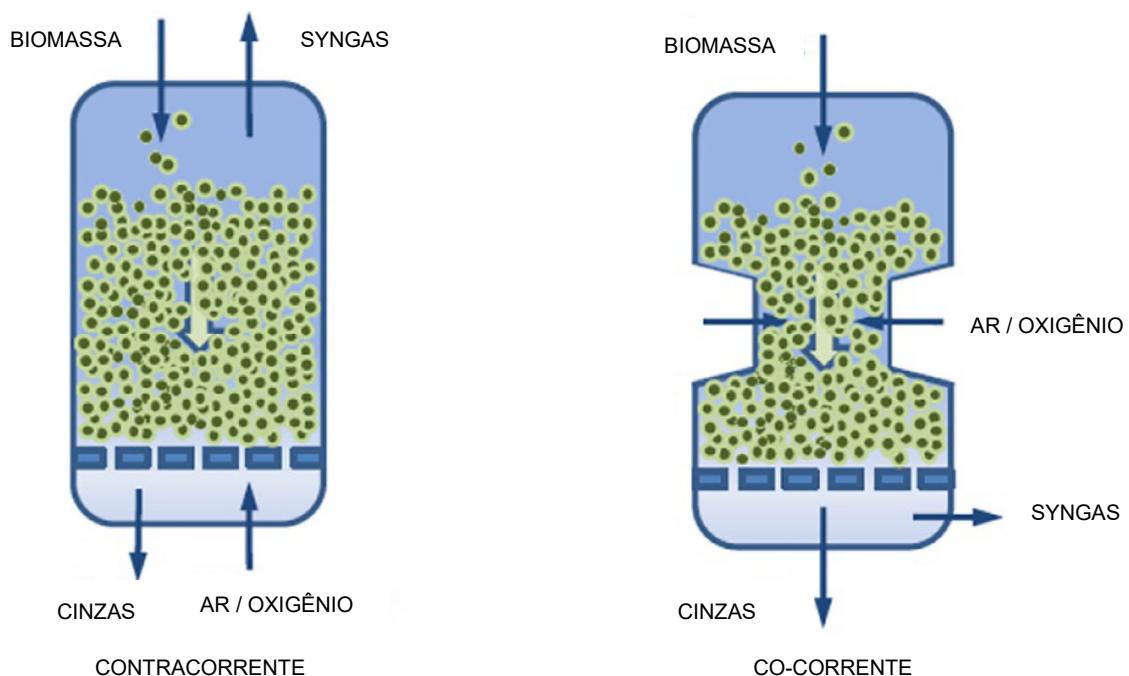
3.2.2 Gaseificação

Trata-se de processo termoquímico que consiste no aproveitamento do potencial energético extraído do RSU processado (CDR) ou “*in natura*”, em condições sub-estequiométricas, ou seja, com a presença de oxigênio para a combustão, em quantidade abaixo da estequiométrica (que produziria a queima “perfeita” de todos os componentes do RSU), no qual se realiza a conversão do carbono e do hidrogênio das estruturas químicas pela decomposição da matéria orgânica em um gás denominado “Gás de Síntese” ou “Syngas” (ao reator, no interior do qual ocorre o processo de gaseificação, dá-se o nome de “Gaseificador”). Este gás é composto basicamente por Monóxido de Carbono (CO), em concentração que varia de 8% a 25%, Hidrogênio (H₂) de 13% a 15%, Metano (CH₄) de 3% a 9%, Dióxido de Carbono (CO₂) de 5 a 10%, Nitrogênio (N₂) de 45 a 54%, e Água (H₂O) de 10 a 15% (COELHO et al, 2020, p.85). O Syngas pode sofrer compressão e ignição por faísca, sendo, portanto, de grande utilidade em aquecimento de caldeiras ou aquecimento direto em processos industriais, pode ser utilizado como matéria-prima para produção de Metanol de forma economicamente viável, pode ser utilizado como matéria-prima em aplicações industriais ou, no caso em estudo, para a produção direta de energia elétrica (queima direta em moto-geradores à gás, ou indireta, em CHP – *Combined Heat and Power Systems* (Sistemas de Cogeração de Energia Térmica e Elétrica) ou ainda em Ciclo Rankine, através do aproveitamento térmico da queima do Syngas e utilização em turbinas a vapor e geradores elétricos acoplados (conjunto turbogerador).

O processo de produção de Syngas no gaseificador pode ocorrer de forma contínua ou por “batelada”, podendo o agente oxidante ser o oxigênio puro, o ar atmosférico ou o vapor, porém, mantendo-se a subestequiometria na reação.

Os gaseificadores podem ser classificados de acordo com certas características tais como PCI do Syngas, tipo de oxidante, tipo de leito (dá-se o nome de leito à estrutura inferior do equipamento gaseificador que sustenta o RSU ou CDR a ser processado), pressão de operação, e tipo de biomassa.

Figura 19 – Gaseificadores de Leito Fixo



FONTE: COELHO et al, 2020, adaptado pelo autor.

Nos gaseificadores de leito fixo co-correntes, a biomassa é alimentada pelo topo, assim como o agente oxidante, que também pode ser inserido pelas laterais, formando uma espécie de “garganta” ou afunilamento, pela qual atravessa a biomassa sob combustão, acumulando-se no leito fixo (grelha) o carvão em brasa, através do qual o Syngas deve atravessar (zona de reação), garantindo alta qualidade do gás, com baixo teor de alcatrão e particulados, que deixa a base do gaseificador, sendo as cinzas coletadas sob as grelhas (leito fixo). A baixa produção (de 15% a 20%), a dificuldade na manipulação (alimentação manual) e as cinzas geradas no processo são desvantagens observadas neste tipo de construção de gaseificador.

Já os gaseificadores de leito fixo contracorrentes a biomassa é alimentada pelo topo. O agente oxidante é inserido por baixo, de forma que o Syngas será extraído pelo topo, fazendo com que o fluxo do gás e da biomassa estejam em sentidos opostos. Durante a queda a biomassa em combustão fornece calor e o metano e o gás, rico em alcatrão, é extraído pelo topo do gaseificador. Ar e vapor podem ser inseridos para se manter as cinzas abaixo da temperatura de derretimento, facilitando a conversão do carvão. As cinzas cairão sob a grelha (leito fixo), de onde serão retiradas.

Gaseificadores de leito fixo apresentam limitações quanto às dimensões, uma vez que, estando o material depositado no leito, eventual massa elevada prejudicaria o

processo de combustão, ocasionando perdas térmicas no processo e até o apagamento do leito⁴.

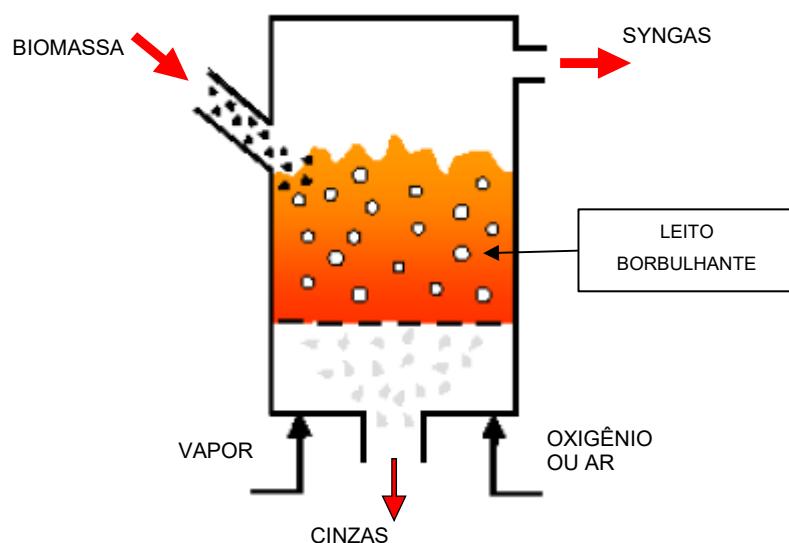
Já os gaseificadores de leito fluidizado utilizam material particulado inerte que é mantido em suspensão (normalmente areia, cinza ou alumina) pelo fluxo do agente oxidante que arrasta a biomassa. Este fluxo pode ser borbulhante ou circulante, de acordo com a velocidade com que o material atravessa o leito. Os gaseificadores de leito fluidizado são normalmente utilizados para produção maior que 200 kW, mas podem ser utilizados em aplicações de menor escala, podendo trabalhar com biomassa de menor densidade e maior teor de umidade.

Os gaseificadores de leito fluidizado ainda podem ser classificados como pressurizados ou atmosféricos, dependendo da pressão de trabalho. São também classificados como de leito fluidizado circulante ou borbulhante. Sua diferença está relacionada com a velocidade do fluxo da areia que compõe o leito, o que afeta o contato do agente oxidante com a biomassa com que se pretenda trabalhar no interior do equipamento, ou ainda.

Nos gaseificadores de leito fluidizado borbulhante, o leito, composto por fina camada de material inerte, como já exposto, é atravessado pelo fluxo do agente oxidante (oxigênio, ar ou vapor de água), no sentido vertical, contrário ao sentido da biomassa, que é inserida pela lateral do gaseificador, provocando o movimento do leito inerte. Este fluxo é submetido à velocidade suficiente para manter o material inerte em suspensão juntamente com a biomassa, normalmente de 1 a 3 m/s, que entra em processo de gaseificação pela ação das partículas do material inerte.

⁴ Informações fornecidas pelo Eng. Luciano Infesta ao autor em visita à Carbogas (ago.2020)

Figura 20 – Gaseificador de Leito Borbulhante

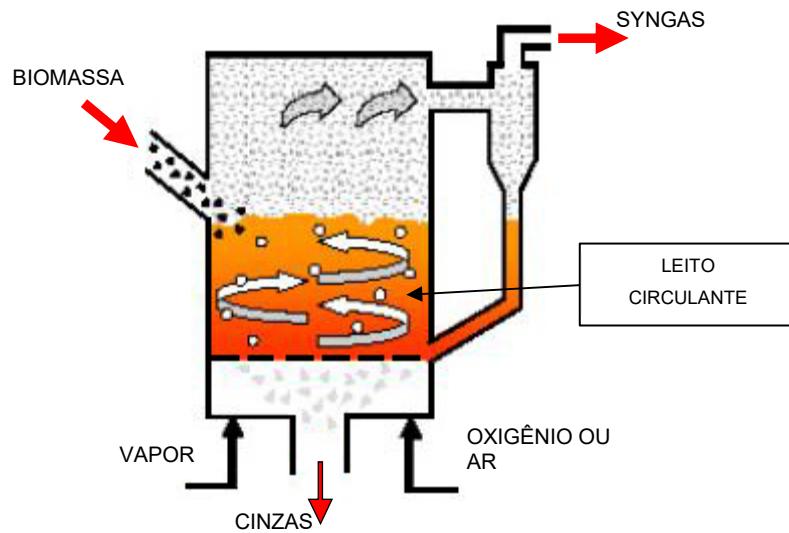


FONTE: COELHO ET AL, 2020 adaptado pelo autor.

Os gaseificadores de leito fluidizado circulante funcionam similarmente, com a injeção do agente oxidante pela parte inferior do gaseificador, fazendo com que o mesmo atravesse a fina camada de material inerte depositada no leito, com a alimentação da biomassa pela lateral, fazendo-a reagir termicamente em suspensão devido ao fluxo do agente oxidante (ar ou O_2), neste caso, à uma maior velocidade, entre 5 e 10 m/s, permitindo melhor mistura do combustível e o agente oxidante, produzindo o Syngas, que é separado dos particulados em suspensão através de um sistema de ciclone, que faz com que o Syngas seja extraído pelo topo e os particulados retornem à câmara do gaseificador.

Trata-se de um processo contínuo e, sendo assim, deve ser monitorado em todas as suas etapas. Nesta etapa, após a produção de certa quantidade de gás e processamento da biomassa, o leito vai se espessando, sofrendo o acúmulo de cinzas, tornando-o ineficiente, denso, devendo, portanto, ocorrer a purga deste material, o que pode ocorrer por batelada ou ainda de forma contínua, sem a paralisação do processo de gaseificação. A Figura 22 ilustra a situação.

Figura 21 – Gaseificador de Leito Circulante



FONTE: COELHO et al, 2020, adaptado pelo autor.

Este tipo de gaseificador é o mais adequado para grandes quantidades de biomassa, de 10 a 20 ton/hora e são mais flexíveis quanto às características da biomassa a ser processada (composição gravimétrica e consequentemente PCI do RSU).

Abaixo, tabela especificando as características de cada tipo de gaseificador segundo as propriedades supra.

Tabela 12 – Características dos Gaseificadores

CARACTERÍSTICAS DO GASEIFICADOR	PROPRIEDADES
PCI DO SYNGAS	BAIXO: ATÉ 997kcal/kg MÉDIO: DE 997 A 1993kcal/kg ALTO: DE 1993 A 7972kcal/kg
TIPO DE OXIDANTE	AR OXIGÊNIO VAPOR DE ÁGUA
TIPO DE LEITO	LEITO FIXO (FLUXO CONCORRENTE OU CONTRACORRENTE) LEITO FLUIDIZADO (FLUXO CIRCULANTE OU BORBULHANTE)
PRESSÃO DE OPERAÇÃO	ATMOSFÉRICA OU ATÉ 6MPa
TIPO DE BIOMASSA	RESÍDUO AGRÍCOLA, INDUSTRIAL OU MUNICIPAL (RSU) <i>"in natura"</i> , PELLETIZADO OU PULVERIZADO

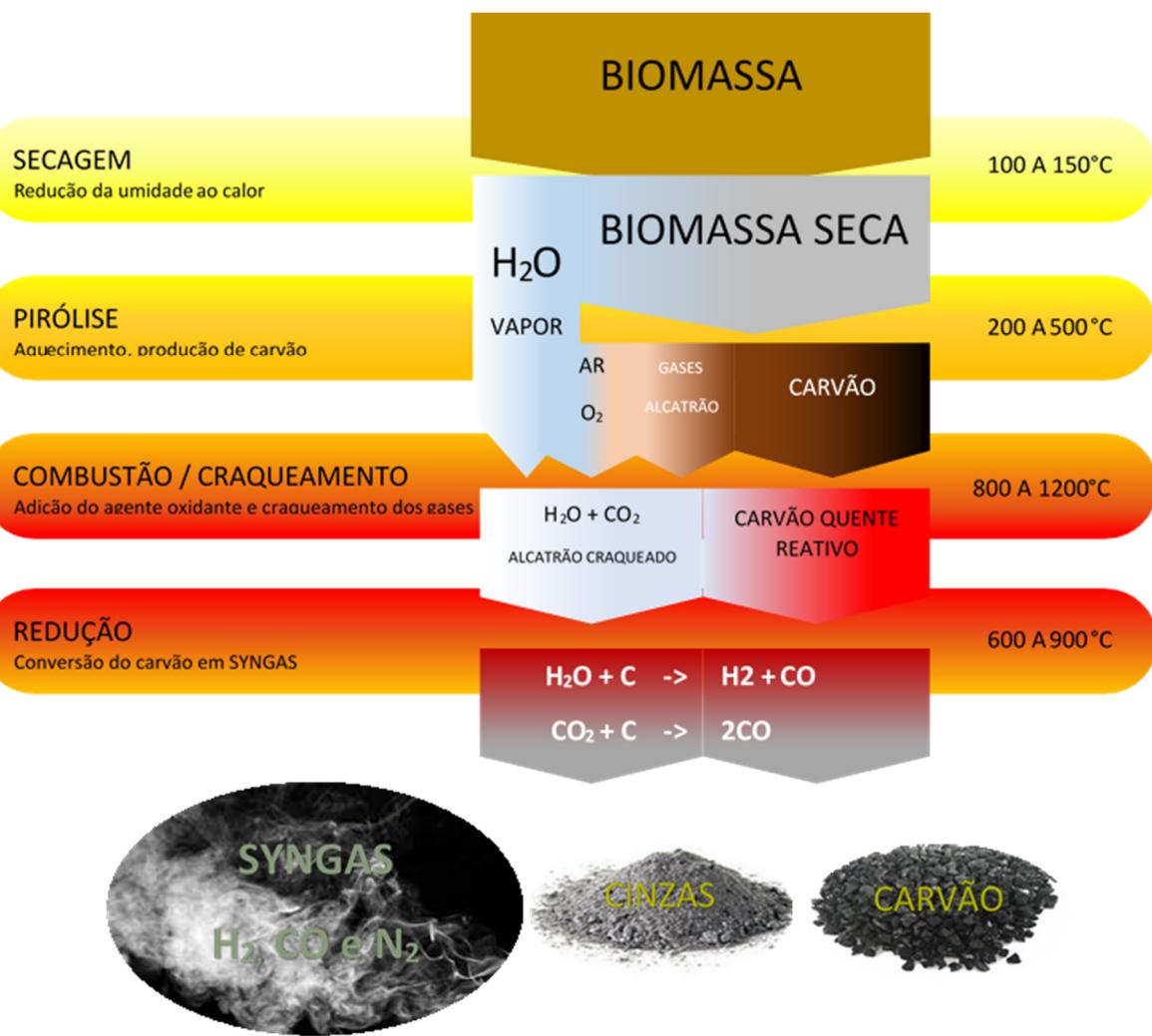
FONTE: FEAM, 2010 apud COELHO et al, 2020, p.84.

O processo de gaseificação ocorre em quatro etapas distintas: Secagem, Pirólise, Combustão e Redução. Embora tais etapas possam ser consideradas como

sobrepostas, ocorrendo em sequência ao longo de todo o processo, elas ocorrem em zonas separadas e distintas, onde fundamentalmente ocorrem diferentes reações químicas e térmicas.

A figura a seguir apresenta as fases do processo de gaseificação, observando a faixa de temperatura em que cada fase ocorre.

Figura 22 – Etapas da Gaseificação



FONTE: PRODUÇÃO PRÓPRIA

PIRÓLISE

Consiste na aplicação de calor à biomassa bruta na ausência de ar, de modo a decompô-la em carvão e em vários gases e líquidos ricos em alcatrão, basicamente um processo de carbonização. A biomassa então começa rapidamente a se decompor no calor, uma vez que a temperatura neste estágio se eleva a próximo de 240°C. A

biomassa começa a ser destruída, tornando-se série de sólidos, líquidos e gases. Os sólidos produzidos são comumente chamados de “carvão” (ou “charcoal”). Os gases e líquidos são coletivamente chamados de “Alcatrão” (ou “tars”). Estes gases e líquidos produzidos às baixas temperaturas da pirólise são simples fragmentos da biomassa original, que foram quebrados com o calor. Estes fragmentos são as mais complicadas ligações de moléculas de H, C e O da biomassa às quais, de forma geral, nos referimos como Compostos Voláteis. Como o nome já sugere, os mesmos são reativos. Mais precisamente, eles são menos “ligados” fortemente na biomassa do que os carbonos fixos, que são ligações C-C. Todos os materiais orgânicos da biomassa são compostos de átomos de H, C e O, em uma infinidade de tipos de ligações e formas de moléculas. O objetivo da gaseificação é quebrar esta infinidade de cadeias, transformando-as em gases combustíveis de H₂ (hidrogênio-gás) e CO (monóxido de carbono), ambos constituindo gases combustíveis (apesar de nunca imaginarmos o CO como um gás combustível, ele observa ótimas características de combustão) e ambos tendo densidades de energia por volume parecidas, ambos produzem uma queima “limpa”, uma vez que ambos necessitam apenas de 1 átomo de O, para que em apenas um passo alcance o estágio final da combustão, no caso, CO₂ e H₂O. Este é o motivo de um motor funcionar com o gás de síntese (ou Syngas) com tão baixa emissão de poluente. O motor se transforma em um pós-combustor quanto mais “sujo” e difícil os primeiros estágios da combustão que agora está ocorrendo no interior de gaseificador.

CRAQUEAMENTO

Consiste no processo de quebra de longas e complexas moléculas como as de alcatrão em moléculas gasosas mais leves quando expostas ao calor. Este processo é crucial para a produção de um gás limpo, que seja compatível com um motor de combustão interna, uma vez que gases ricos em alcatrão são densos e durante a combustão em um MCI condensariam, formando rapidamente líquidos, inviabilizando a operação das câmaras de combustão e demais componentes do motor. O craqueamento também é necessário para garantir uma combustão apropriada, uma vez que a combustão completa apenas ocorre quando os gases combustíveis estão completamente misturados ao oxigênio (agente oxidante). Durante a combustão, as altas temperaturas produzidas das reações exotérmicas decompõe as longas cadeias dos gases ricos em alcatrão que passam à zona de combustão

REDUÇÃO

Redução é o processo de extração dos átomos de oxigênio dos produtos de combustão, das moléculas de hidrocarboneto, de modo a permitir que tais moléculas possam queimar novamente. A redução é o processo direto reverso da combustão.

COMBUSTÃO

A Combustão é a combinação dos gases combustíveis com o oxigênio para liberação de calor, produzindo basicamente vapor de água, dióxido de carbono e outros subprodutos.

Na verdade, os processos de Combustão e Redução são iguais e ocorrem em reações opostas, sendo que na maioria dos ambientes de combustão estão ambos ocorrendo simultaneamente em um tipo de equilíbrio dinâmico, com repetidos movimentos à frente e à trás, alternando entre os dois processos.

A Redução no Gaseificador é alcançada fazendo com que o Dióxido de Carbono (CO_2) ou o vapor de água (H_2O) atravesse o leito de carvão em brasa (C). O carbono presente no carvão em brasa é altamente reativo com o oxigênio. Ele possui afinidade com o oxigênio tão elevada que retira o oxigênio do vapor d'água e do dióxido de carbono, e o redistribui para o maior número possível de locais e ligação possíveis. O oxigênio é muito mais atraído para as ligações com o carbono do que para si mesmo. Portanto, nenhum oxigênio permanecerá em sua forma diatômica usual (O_2). Todo o oxigênio disponível participará de ligações com os carbonos disponíveis, até não restar mais átomos de oxigênio livres. Quando todo o oxigênio disponível é redistribuído como átomos únicos, a redução cessa.

Através desse processo, o CO_2 é reduzido em carbono, para produzir duas moléculas de Consórcio. A molécula de vapor de água H_2O é quebrada pelo carbono para produzir H_2 e Consórcio, sendo estes gases combustíveis, podendo ser canalizados para serem utilizados em outro local.

A combustão é o único processo exotérmico líquido que ocorre na gaseificação. Todo o calor que impulsiona a secagem, a pirólise e a redução vem diretamente da combustão ou é recuperado da combustão indireta, pelos processos de troca de calor no interior do gaseificador. A combustão pode ser alimentada pelos gases ricos em

alcatrão ou pelo carvão produzidos na Pirólise. Diferentes tipos de reatores usam um ou outro, ou ambos. Em um gaseificador co-corrente, tenta-se queimar os gases de alcatrão formados na pirólise, para gerar calor para reduzir a velocidade, bem como o CO₂ e o H₂O para reduzir (diminuir) a redução. O objetivo da combustão em um gaseificador contracorrente é obter uma boa mistura e altas temperaturas, para que todos os alcatrões (líquidos ou gasoso) sejam queimados ou craqueados, e, portanto, não permaneçam presentes no Syngas. O leito com carvão e a redução contribuem relativamente pouco para a conversão de alcatrões do Syngas. A solução para o problema do alcatrão está essencialmente no craqueamento deste, na zona de combustão.

SECAGEM

A secagem é o processo que remove a umidade da biomassa antes de entrar na pirólise. Toda a umidade será removida do combustível antes que ocorram processos acima de 100 °C. Toda a água na biomassa será vaporizada do combustível em algum momento nos processos de alta temperatura. Onde e como isso acontece é uma das principais questões que precisam ser resolvidas para uma gaseificação bem sucedida. O combustível com alto teor de umidade ou o manuseio inadequado da umidade internamente são um dos motivos mais comuns para a falha na produção de gás limpo. Para mitigação deste risco, pode ser utilizada a biomassa de CDR, impondo, porém, maiores custos de produção, o que deve ser considerado previamente.

Tanto a composição do Syngas, quanto a produção de combustível sólido (carvão) e a produção de líquidos condensáveis dependem do tipo de gaseificador, da composição do RSU, do tempo de retenção e do tipo de oxidante (ar, O₂, vapor ou combinações dos mesmos).

Atualmente, a maior parte das instalações utilizam o ar como agente oxidante, são instalações à pressão atmosférica e produzem Syngas de PCI médio. Já o tipo de gaseificador a ser escolhido depende da composição da biomassa disponível. Gaseificadores de Leito Fixo são adequados em aplicações onde esteja disponível biomassa particulada, com 25% de umidade. Para biomassa menos densa, tal como “pelletizada”, são indicados os Gaseificadores de Leito Fluidizado, os quais também observam boa eficiência com biomassa com maior teor de umidade.

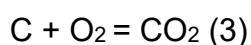
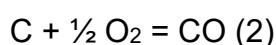
REAÇÕES

São encontradas no processo de gaseificação as seguintes reações (COELHO, 2019):

I. Pirólise

Biomassa + Calor Coque + Gases + Alcatrão + Condensáveis (1)

II. Oxidação do Carbono

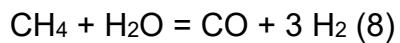
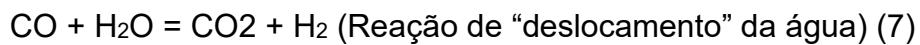


III. Gaseificação

Reações Heterogêneas



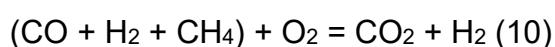
Reações Homogêneas



IV. Craqueamento do Alcatrão



V. Oxidação Parcial dos Produtos da Pirólise



4 GASEIFICAÇÃO DE RSU – APLICAÇÃO

Os sistemas de gaseificação apresentam grandes vantagens para pequenas/medias usinas de geração de energia em localidades desprovidas de rede de energia elétrica, em cidades ou comunidades com pequenos volumes de RSU. Nestes casos não é viável economicamente a implantação de incineradores, próprios para centenas de toneladas diárias para processamento, e ainda em localidades onde exista rede de energia elétrica e se tenha disponibilidade de RSU em quantidade suficiente para se manter em regime constante a produção de um gaseificador.

Adicionalmente, observam os sistemas de gaseificação certas vantagens, tais como a eficiência energética, que pode alcançar a faixa de 65% a 80% quando comparados com a combustão direta (incineração, por exemplo), na faixa de 60 a 75%, as cinzas e os resíduos carbonosos são mantidos no gaseificador, reduzindo, portanto, a emissão de particulados, devido às dimensões reduzidas e à construção simplificada podem ser facilmente distribuídos e implantados, assim como a queima do Syngas é mais facilmente controlada. Porém, uma das maiores vantagens do Sistema de Gaseificação consiste no fato das reações de combustão no interior do reator serem sub-estequiométricas, ou seja, ocorrem com o mínimo teórico de oxigênio, fato que reduz drasticamente a possibilidade de geração de dioxinas e furanos, que necessitam do oxigênio para sua formação.

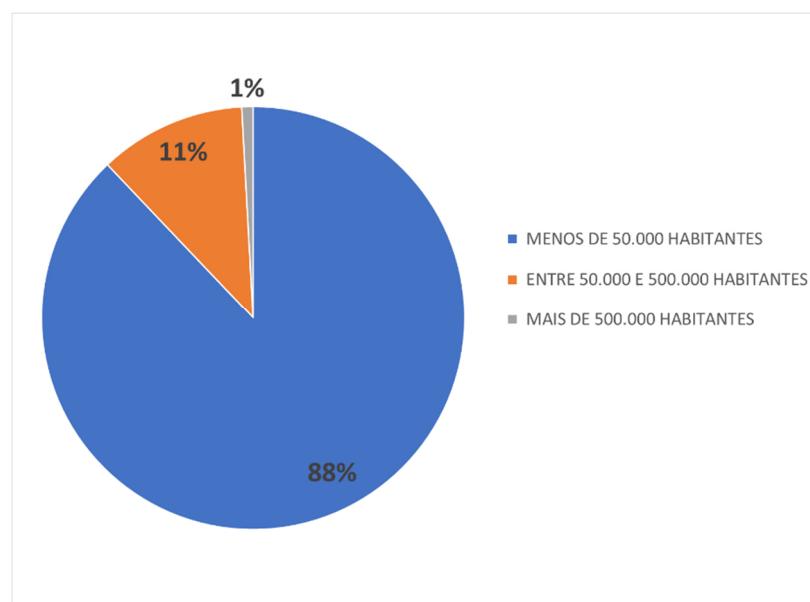
O processo completo do aproveitamento energético do RSU através da gaseificação ocorre basicamente em 3 passos distintos:

- a) o pré-processamento do RSU, que pode incluir apenas a separação de certos materiais que não serão inseridos no gaseificador, tais como resíduos inertes, vidros e metais, até a transformação prévia do RSU em CDR;
- b) a gaseificação propriamente dita, que ocorre no interior do reator (Gaseificador);
- c) utilização do valor energético do gás de síntese (Syngas) obtido no passo anterior, o que poderá ocorrer atualmente através de basicamente duas tecnologias disponíveis: diretamente, utilizando sistema de moto-geradores cujos motores utilizarão diretamente o Syngas (MCI – Ciclo Otto), ou

indiretamente, através de Ciclo Rankine, consistindo da queima do Syngas em caldeira para produção de vapor e acionamento de turbogeradores.

As URE – Unidades de Recuperação de Energia que se utilizam da tecnologia de gaseificação podem ser operadas totalmente de forma automática, conferindo maior eficiência e segurança na operação. O grande desafio das plantas de gaseificação está nos municípios menores, pois os processos atualmente oferecidos se referem a um mínimo de 55 ton/dia de RSU, o que corresponde a uma população média de 55.000 habitantes). Considerando que no país temos aproximadamente 88% dos municípios com população abaixo de 50.000 habitantes, conforme se observa no gráfico da Figura 23, é necessário trabalhar em consórcios entre municípios, o que atualmente já se observa em vários, porém, com série de problemas administrativos, de logística, etc., ou ainda desenvolver opções solução individual destes municípios.

Figura 23 – Distribuição da população brasileira por município



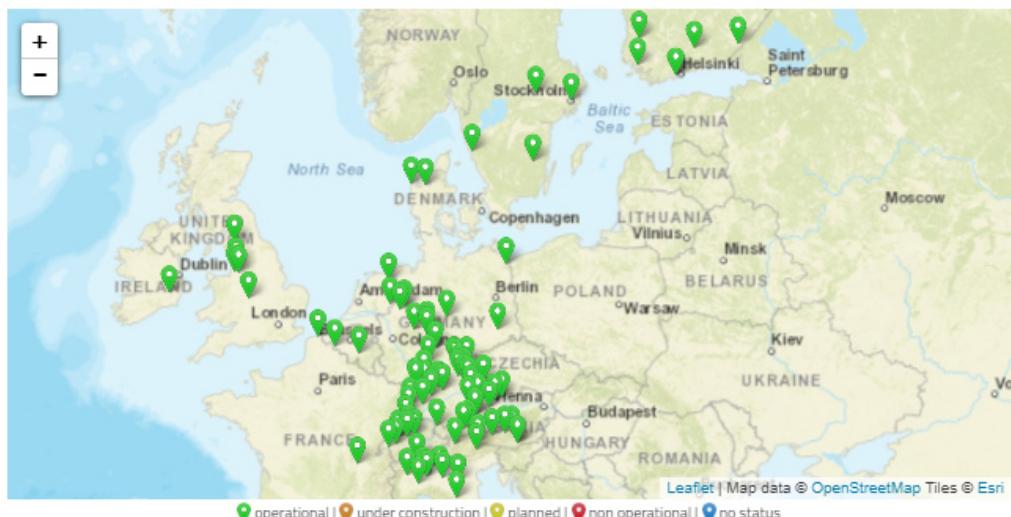
FONTE: IBGE, 2019, adaptado pelo autor. [74]

Conforme já abordado anteriormente, o Syngas é constituído pelos gases combustíveis CO, CH₄ e H₂, compondo, em conjunto, de 60% a 70% do total do gás produzido no Sistema de Gaseificação, além de gases inertes como o CO₂ e o N₂, de 30% a 40%. Alguns outros gases não desejáveis podem ainda estar presentes no Syngas, dependendo da tecnologia de gaseificação adotada e da matéria-prima utilizada. Obviamente o poder calorífico do Syngas é mais baixo do que aqueles com maior concentração de CO, CH₄ e H₂.

4.1 No Mundo

As aplicações do Sistema de Gaseificação no mundo observam estágios avançados. Vários países desenvolvidos já se utilizam da gaseificação em processos diversos. Conforme se observa no mapa abaixo, diversos projetos constam operacionais na Europa. A maioria deles utilizam o processo da gaseificação de cavacos ou pellets de madeira, alguns poucos, ainda em operação, utilizam outros materiais tais como resíduos orgânicos e de esgoto, para produção de calor e eletricidade (CHP). A figura abaixo ilustra esta situação.

Figura 24 – Instalações à Gaseificação



FONTE: <http://task33.ieabioenergy.com/>. Acesso em 03 agosto. 2020.

Em países desenvolvidos a maior parte dos RSU coletados são reutilizados, reciclados e, antes de serem dispostos em aterros, são submetidos a processos de aproveitamento energético, em sua maioria através do processo de Incineração (“mass burning”). Segundo REN21 (2018), de todo o potencial energético mundial obtido de fontes de biomassa, 18% foi obtido do aproveitamento de RSU (dados de 2015).

Em países em desenvolvimento a situação é pouco diferente. A Índia, por exemplo, é um dos países que mais comercializam gaseificadores de leito fixo, baixa potência, de 1 a 200 kW, alimentando motores híbridos diesel-Syngas, normalmente aplicações em zonas rurais e isoladas. No Equador, em 2009, houve uma iniciativa da Prefeitura de La Concordia, onde através da gaseificação de resíduos agrícolas foi produzido Syngas que era utilizado na geração de energia elétrica. Na mesma localidade uma

planta piloto de pirólise foi implementada, porém apenas para processamento de resíduos de palmeira, para produção de carvão. Posteriormente, em 2013, um projeto para utilização de RSU através de pirólise e gaseificação foi proposto, porém, enfrentou problemas de financiamento. (COELHO et al, 2020).

Em Cuba, algumas experiências foram realizadas em projeto utilizando processo de gaseificação de biomassa de madeira para geração de energia elétrica, conforme informação da revisora do projeto (Prof^a. Dr^a. Suani T. Coelho). Este Projeto, UNIDO/UNEP/GEF, realizado em 2014, em Isla de la Juventud, consistiria em um Gaseificador de Leito Fixo para processamento de vários tipos de madeira para produção de gás de síntese e utilização em moto-gerador de 50 kW, instalado na “Cocodrillo Power Plant”, para alimentação da rede elétrica local.

Figura 25 – Projeto UNIDO/UNEP/GEF – Cuba, Isla de la Juventud



FONTE: PECE-POLI, ERG-012-BIOMASSA, APOSTILA GASEIFICAÇÃO, SUANI T. COELHO, 2019

Figura 26 – Cuba: Cocodrillo Power Plant, Isla de la Juventud



FONTE: PECE-POLI, ERG-012-BIOMASSA, APOSTILA GASEIFICAÇÃO, SUANI T. COELHO, 2019

No mesmo projeto e localidade, em outra planta denominada La Melvis Power Plant, foi implantado outro Gaseificador de Leito Fixo à biomassa de diferentes tipos de

madeira, para produção de energia elétrica através de 2 conjuntos moto-geradores de 250 kW cada.

Figura 27 – Cuba: La Melvis Power Plant, Isla de la Juventud



FONTE: PECE-POLI, ERG-012-BIOMASSA, APOSTILA GASEIFICAÇÃO, SUANI T. COELHO, 2019

4.2 No Brasil

No Brasil, as primeiras iniciativas representativas acerca do uso da biomassa foram estudos e projetos realizados pela academia em diferentes locais.

Um destes projetos relacionados ao tema foi o “Projeto Conjunto GASEIFAMAZ: Brasil Índia (CENBIO/FINEP/IPT)”, realizado no período de 2002 a 2005, com o objetivo de suprir demandas de energia elétrica de comunidades isoladas, de forma sustentável e autônoma, com o uso de biomassas, projeto que rendeu ao grupo o 1º lugar do Prêmio “Professor Samuel Benchimol” 2004, na categoria ambiental, e Voto de Aplauso do Senado Federal requerido pelo Senador Arthur Virgílio. (GBIO, 2002-2005).

Após um período de testes no IPT/USP, um gaseificador de leito fixo foi instalado na Comunidade de Aquidabam, no Amazonas, a fim de processar resíduos do Cupuaçu, cuja polpa era objeto de comercialização e sustento da comunidade, composta de aproximadamente 700 pessoas em 180 residências. A energia elétrica produzida pelo gaseificador, aproximadamente 20 kW, tinha o objetivo de suprir as atividades comerciais da comunidade, anteriormente atendida de forma precária através de grupo moto-gerador diesel.

Em 2005, além do custo elevado do diesel, a comunidade enfrentava problemas de manutenção, mormente relacionados a suprimento de peças, com o agravante de tais equipamentos, por serem fruto de doações do poder público, eram de fabricantes e características diferentes o que, para comunidades isoladas, inviabilizava a confiabilidade e constância na utilização, impactando diretamente na atividade de sustento da mesma.

Desta experiência, já à época, surgiram as seguintes conclusões a serem destacadas:

- a) quanto menor a umidade da biomassa alimentada, maior a sua uniformidade dimensional;
- b) quanto maiores os cuidados com a limpeza de gases (vazão adequada de água de lavagem, troca frequente do filtro-manga do motor), maior a eficiência do sistema e menor a frequência de manutenção do motor e do gaseificador.
- c) as aplicações de gaseificadores de biomassa com leito fixo observam limite de operação na faixa de 200 kW. Para aplicações em que se faça necessário o processamento de maiores quantidades de biomassa e consequentemente maiores potências (térmica/elétrica) devem ser utilizados os Gaseificadores à Leito Fluidizado, conforme abordado em detalhes na sequência.

4.2.1 Planta de gaseificação da CARBOGAS

Uma das principais aplicações de Gaseificador de Leito Fluidizado Circulante para tratamento termoquímico de RSU no Brasil é a que está em pleno desenvolvimento e implantação pela empresa Carbogas, fundada em 1976 com foco fundamentalmente

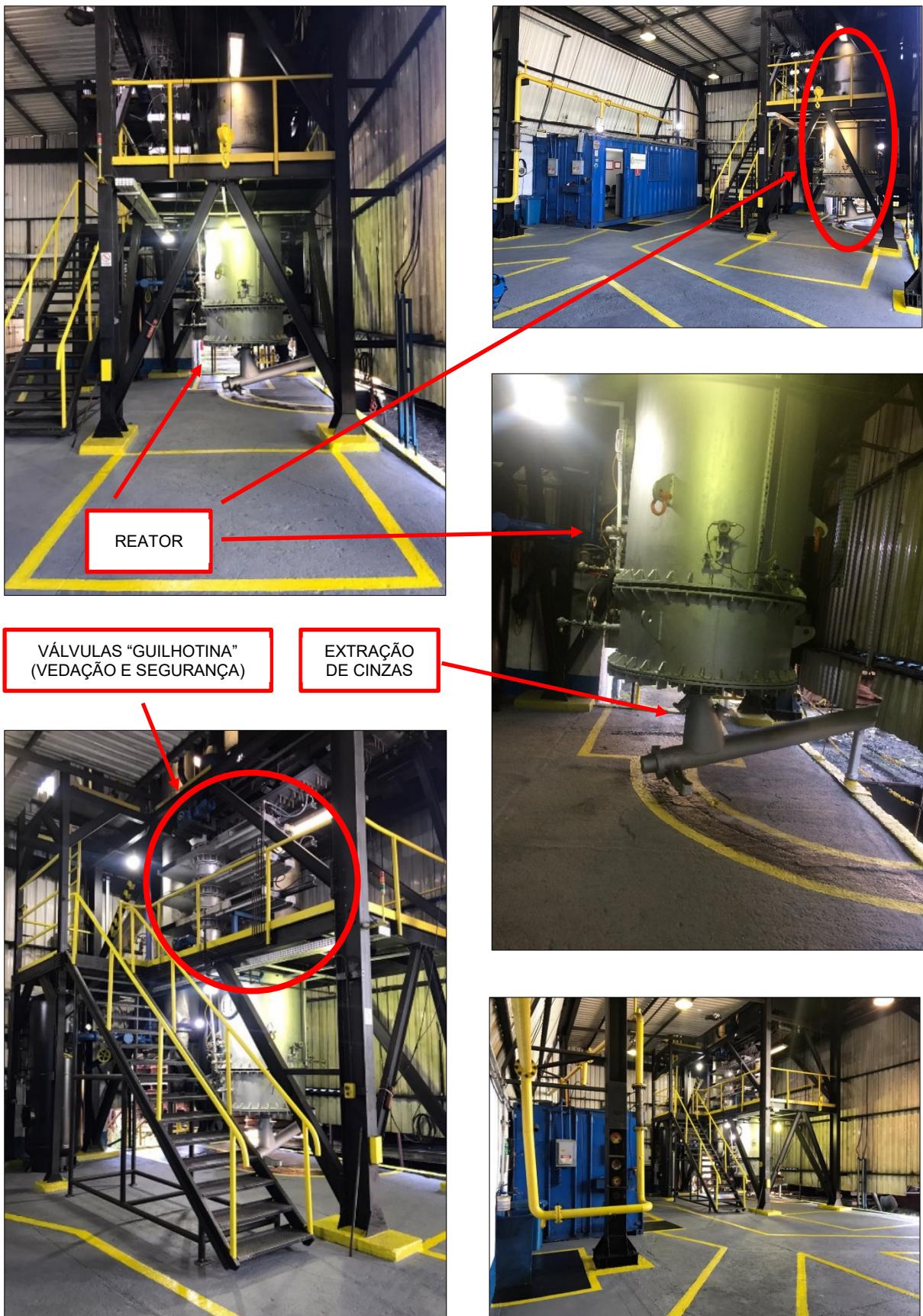
na fabricação de gaseificadores de leito fixo para carvão mineral e turfa para a indústria de cerâmicas, cimento e mineração.

Com a experiência acumulada em anos, e as novas tendências e demandas mercadológicas e legislatórias, a empresa passou a investir na engenharia de desenvolvimento de um gaseificador de leito fluidizado circulante, a fim de se corrigir certos problemas relacionados ao baixo desempenho e, principalmente, à queima completa de todos os gases e subprodutos no interior do gaseificador de leito fixo, que na etapa da pirólise não realizava o aproveitamento completo dos materiais, não realizando algumas reações termoquímicas possíveis de se realizar e que acarretava na emissão de certas substâncias nocivas à saúde, além do aproveitamento incompleto dos materiais reagentes, concorrendo com a baixa performance do equipamento (INFIESTA, 2015).

O Gaseificador de Leito Fluidizado Circulante sob desenvolvimento foi inicialmente submetido a testes em escala semi-industrial, em projeto piloto, na planta da empresa localizada no município de Mauá/SP.

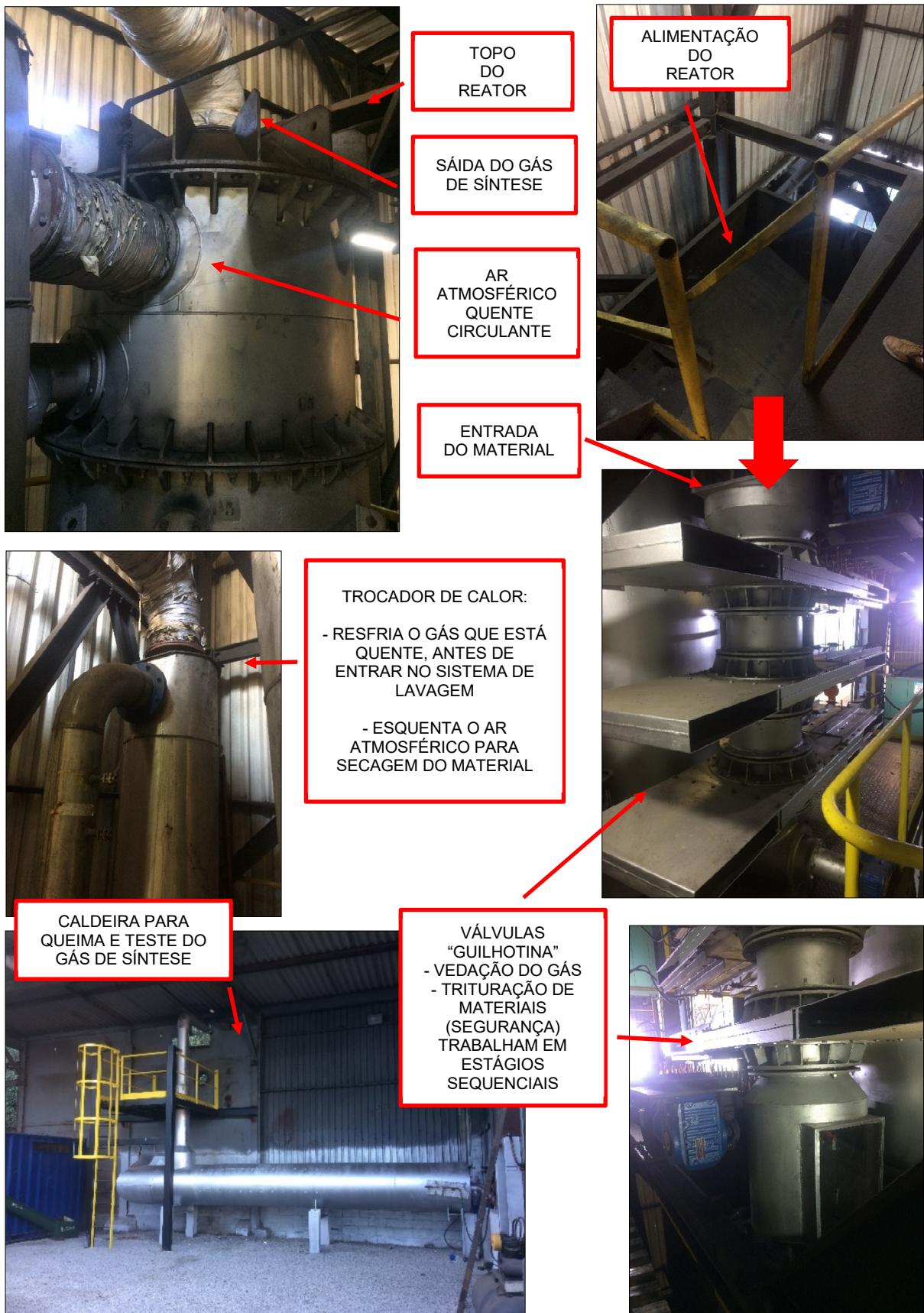
O gaseificador foi desenvolvido em estrutura cilíndrica em aço inoxidável, revestido internamente com material de baixa condutividade térmica e provido de sistemas para promover a circulação ascendente e descendente de gases e material particulado, às temperaturas elevadas necessárias no processo de gaseificação. Também é provido de sistema de ciclones que melhoram as condições da etapa de craqueamento de alcatrões, propiciando a reciclagem dos carbonos não convertidos nas circulações anteriores, aumentando a eficiência do sistema, reduzindo o teor de alcatrão no gás de síntese produzido, extraíndo-se o máximo dos carbonos ainda presentes nos particulados no interior do equipamento, que conta com potência térmica instalada de 1 MWth, geração de 741 Nm³/h de gás de síntese com PCI de 1160 kcal/Nm³ e consumo de até 325 kg/h de resíduo com PCI de 3500 kcal/kg, contando ainda, a planta, com diversos componentes e sistemas para controle e automatismo de todo o processo, incluindo software dedicado. As figuras a seguir ilustram a situação.

Figura 28 – CARBOGAS - Gaseificador de Leito Fluidizado Circulante



FONTE: CARBOGAS, 2020

Figura 29 – CARBOGAS - Gaseificador de Leito Fluidizado Circulante



FONTE: CARBOGAS, 2020

Cuidados no projeto também foram tomados em relação ao escape de gases por meio de válvulas controladas através do sistema supervisório, momente no sistema automático de alimentação de material ao reator (Válvulas “guilhotina”).

Para a realização de testes do gás de síntese (Syngas) produzido pelo gaseificador a empresa disponibilizou na planta uma caldeira para queima e produção de energia térmica, um conjunto moto-gerador de 180 kW e ainda um sistema de “flare” para queima direta do gás.

Considerando a ausência de O₂ no processo, não se observa a geração de NO_x, SO_x, dioxinas ou furanos no gás produzido. As dioxinas e furanos provêm essencialmente de processos químicos industriais e processos térmicos (de combustão) especialmente quando estão envolvidas temperaturas baixas, entre 250 °C e 500 °C, que favorecem a sua formação (CHANG, 2000 apud INFIESTA, 2015).

Os testes e resultados obtidos foram supervisionados, analisados e aprovados pela CETESB, pelo grupo de pesquisadores da Universidade de São Paulo – USP e pela Société Générale of Surveillance (SGS), tendo recebido a empresa autorização para prosseguimento na construção de um Gaseificador de Leito Fluidizado Circulante em tamanho real, com capacidade de processamento de 60 ton/dia, conforme adiante detalhado.

Os resíduos carbonosos e cinzas resultantes do processo de gaseificação ainda se apresentam viáveis para a aplicação na fabricação de tijolos para a construção civil, o que já é realidade, conforme se observa na figura a seguir, exemplar de peça produzida com 50% de material advindo dos referidos resíduos.

Figura 30 – Tijolo fabricado com 50% de resíduo do processo da gaseificação



FONTE: CARBOGAS, 2020

A aprovação do protótipo lastreou-se nos resultados dos testes e medições de emissões do processo, principalmente relacionadas às dioxinas e furanos. Os resultados tomaram por base a Resolução nº 316 do CONAMA, e a Resolução SMA-079 da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, que regulam as emissões em processos térmicos no Brasil e no Estado de São Paulo. Como exemplo, cita-se a quantidade de dioxinas e furanos em três amostras estudadas foram aproximadamente 50 vezes menores que as especificadas na legislação federal (Resolução nº 316 do CONAMA). Os mesmos testes foram realizados e comparados com os limites estabelecidos na Resolução Estadual SMA-079, que seguem os mesmos padrões de emissões atmosféricas estabelecidos pelas normas europeias, que são um dos mais rigorosos do mundo. Os resultados das amostras se apresentaram 12 vezes menores que tal legislação (COELHO et al, 2020).

No mesmo estudo da aplicação em questão (INFIESTA, 2015), pode ser demonstrada a vantagem econômica do Sistema de Gaseificação quando comparado nas mesmas bases mássicas de processamento de RSU, com os processos de Incineração e aproveitamento energético do Biogás de Aterro Sanitário. Já o PCI foi adotado individualmente para cada processo de forma conservadora, mas ainda garantindo valor adequado para a eficiência de cada tecnologia.

Como resultado, a tecnologia que apresentou melhores resultados econômicos foi a Gaseificação por Gaseificador de Leito Fluidizado Circulante, objeto da pesquisa e desenvolvimento já apresentado.

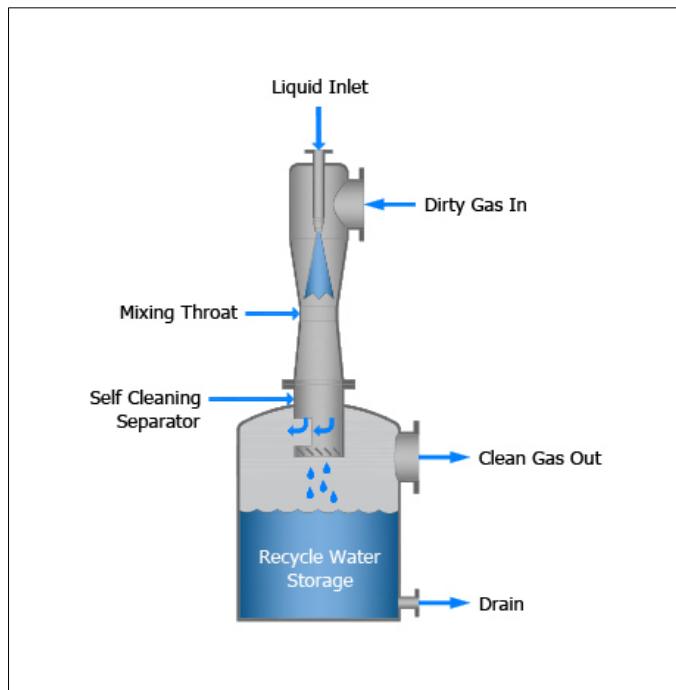
Tais resultados são extremamente importantes para a comprovação da segurança do processo de gaseificação através do Gaseificador de Leito Fluidizado Circulante, devendo ser divulgados não somente para a comunidade acadêmica, mas para todos os demais interessados e, oportunamente, para o próprio público, tornando-o cada vez mais conhecedor e capaz de entender tais processos e apoiar novos projetos de WtE em futuras consultas públicas.

Conforme comentado anteriormente, após as verificações supra expostas, a empresa foi autorizada a iniciar a fabricação do gaseificador em escala real, para processamento de 60 ton/dia de RSU.

Trata-se de um projeto, atualmente em andamento, iniciado em 2017, em parceria com a Prefeitura Municipal de Boa Esperança, no Estado de Minas Gerais, com a fiscalização de FURNAS Centrais Elétricas e apoio da ANEEL, através do programa de P&D. O município, com 45.000 habitantes, não dispõe de sistema de tratamento e destinação de RSU adequados. Para solucionar o problema de destinação de RSU, além de um passivo ambiental de mais de 20 anos de destinação de resíduos em “lixão” a céu aberto, o projeto vislumbra o tratamento termoquímico de 60 ton/dia de RSU, sendo 45 ton da produção aproximada diária do município e o restante sendo retirado paulatinamente do “lixão”, local onde está sendo construída a denominada UGTE – Usina de Geração Termoquímica de Energia, produzindo energia elétrica de 37,5 MWh por mês, suficientes para suprir a demanda de 25% dos habitantes da cidade ou ainda alimentar todos os prédios públicos (CARBOGAS, 2019).

O projeto prevê o pré-processamento do RSU, transformando-o em CDR com umidade aproximada de 12%, processo que será executado na própria planta, com calor fornecido pelo próprio sistema em regime. O referido pré-processamento inclui o empacotamento do CDR em volumes compactados de 1 m³, pesando aproximadamente 800 kg, facilitando o armazenamento, necessário para se manter a o funcionamento da planta em regime contínuo, absorvendo possíveis interrupções de coleta de RSU do município ou qualquer outro risco que venha a interromper o fornecimento de material ao gaseificador, mantendo-se a produção de energia elétrica continua e constante. A área da planta está adequada para o armazenamento de aproximadamente 3.200 pacotes de CDR processado e compactado. Os líquidos efluentes derivados do tratamento prévio do RSU serão tratados no local, sendo a água utilizada em processos na própria planta. Os resíduos inertes, basicamente carbonosos, assim como as cinzas extraídas do gaseificador são estimados em 8,8% do volume processado pelo mesmo. Estima-se que o equipamento produzirá o gás de síntese (Syngas) com PCI variando de 1.160 kcal/Nm³ a 1.260 kcal/Nm³, em fluxo volumétrico estimado de 2.736 Nm³/h (fluxo mássico de 3.218 kg/h. Para extração de particulados metálicos e subprodutos clorados será adicionado ao gás produzido, ao final do processo, hidróxido de cálcio através de um Sistema Fechado Tipo Venturi e Lavadores, similar ao da figura a seguir (COELHO et al, 2020, p. 135).

Figura 31 – Sistema Fechado Tipo Venturi e Lavadores



FONTE: Branch Environmental Corp.. Disponível em: <https://www.branchenv.com/venturi-jet/>. Acesso em 04 agosto.2020.

O Syngas então é resfriado e enviado à uma caldeira de recuperação de calor, onde será queimado produzindo 5,5 ton/h de vapor d'água a 42 bar, 420°C, e enviado ao conjunto turbogerador em Ciclo Rankine.

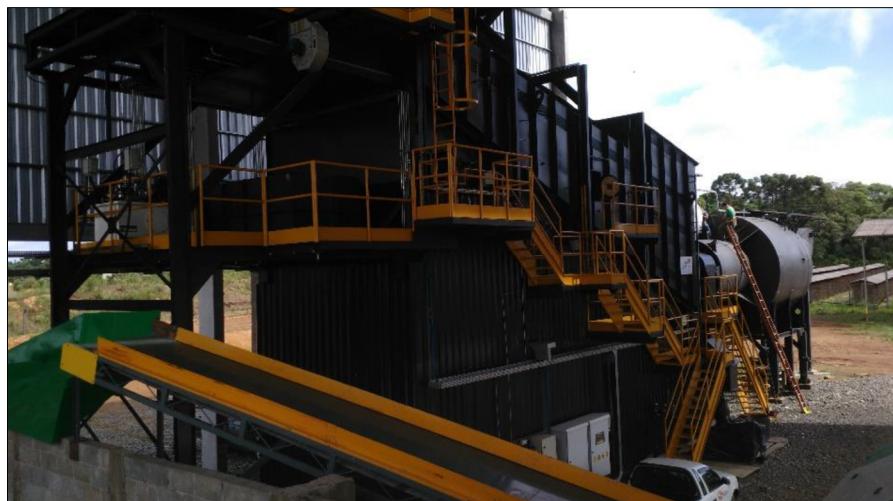
4.2.2 Planta de gaseificação da WEG - ELB

Outra aplicação a ser apresentada, atualmente fase de desenvolvimento, é a Unidade de Recuperação Energética WEG ou URE – WEG (em parceria com o fabricante do Gaseificador ELB – Energia Limpa do Brasil). Trata-se de sistema de gaseificação de resíduos sólidos urbanos (RSU) desenvolvido e patenteado pela empresa ELB – Energia Limpa do Brasil, situada no Estado do Paraná, em parceria com a Universidade Federal do Paraná. O sistema consiste em um reator que combina diferentes condições de pressão, temperatura, velocidade para cada etapa do processo de gaseificação já apresentados, podendo processar o RSU *“in natura”* ou CDR, a uma vazão mássica de 12 ton/h, em uma planta de 5,0 MW de potência instalada.

A empresa Energia Limpa do Brasil LTDA obteve autorização do IMA – Instituto de Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina para a realização de testes e ajustes no equipamento de gaseificação construído para esta finalidade no município de

Mafra/SC. Inicialmente os testes objetivaram avaliar possíveis variações no processo de gaseificação durante o intervalo de um ano, operando 24 horas por dia no processo de gaseificação de RSU para produção de Syngas e geração de energia elétrica, em uma taxa mássica de 3 ton/h de resíduos. A imagem abaixo ilustra o equipamento montado.

Figura 32 – Sistema Fechado Tipo Venturi e Lavadores



FONTE: ELB GRSU – ARRANJO TÉCNICO IT06-01, 2019

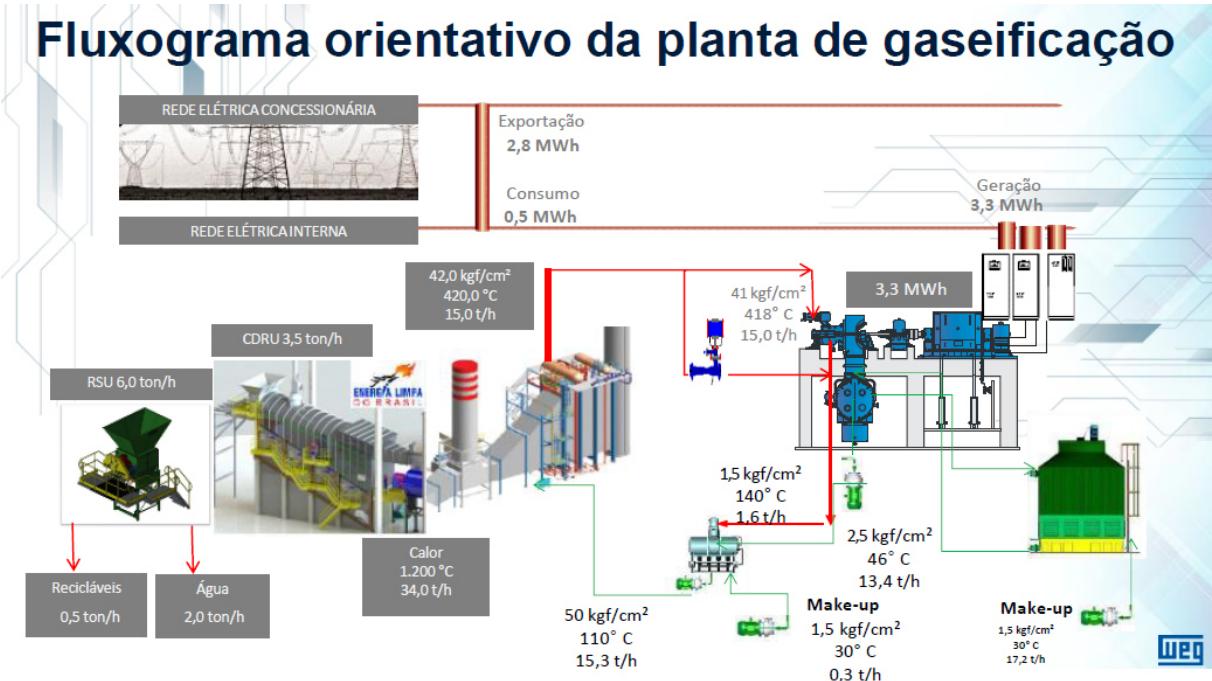
Testes, ajustes e adequações no projeto do gaseificador foram realizados, chegando aos resultados que seguem.

Quando processado o RSU “*in natura*”, com uma composição gravimétrica bastante parecida com a composição gravimétrica média dos RSU do município de São Paulo, segundo o Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo de 2014, e teor de umidade de 35,8%, o gás de síntese apresentou PCI da ordem de 1.324 kcal/Nm³.

Quando processado o CDR, com redução da umidade para uma taxa de 18,7%, o PCI do gás de síntese apresentou uma elevação considerável, alcançando o valor aproximado de 2.137 kcal/Nm³. Nas análises de Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas de Alta Resolução (GC-MS) de Dioxinas e Furanos, observou-se a ausência destes congêneres. A análise das cinzas e particulados resultantes do processo forneceu resultado satisfatório, segundo parâmetros estabelecidos pela NBR 10.004:2004, tendo sido classificadas como Classe 2A.

A Figura 32 ilustra a planta sugerida pela WEG.

Figura 33 – Sistema de gaseificação – Solução WEG – Fluxograma orientativo



FONTE: BURANELLO, 2020

Apesar de não estar em andamento nenhum projeto real de implantação do sistema da WEG, este representa mais uma opção de Sistemas de Gaseificação de RSU no mercado, sendo desenvolvido e testado por empresas brasileiras, dentro dos padrões mais rígidos de emissões atmosféricas permitidos, estabelecidos pela União Europeia e respeitados pelos equipamentos em questão.

A partir das informações dos fabricantes, imagina-se que o sistema da Carbogas pode atender municípios de no mínimo 60 mil habitantes e o da WEG pode tratar os RSU de municípios a partir de 144 mil habitantes. Verifica-se, portanto, a necessidade de desenvolver sistemas para os municípios abaixo de 60 mil habitantes, o que corresponde a uma fração significativa – aproximadamente 90% – dos municípios brasileiros (IBGE, 2019).

5 ESTUDO DE CASO – URE HELIÓPOLIS

Conforme já abordado, segundo a legislação federal brasileira, a responsabilidade sobre a gestão de RSU no país é da municipalidade. Assim, neste capítulo, pretende-se avaliar com maiores detalhes as perspectivas para implantação de uma URE – Unidade de Recuperação de Energia – dos resíduos sólidos urbanos coletados no bairro de Heliópolis, no município de São Paulo.

O Município de São Paulo tem área equivalente a 1.521,11 km² e, segundo o IBGE, no último censo, realizado em 2010, registrava população de 11.253.503 habitantes (IBGE, 2010).

Uma das regiões mais populosas do município de São Paulo é o bairro Cidade Nova Heliópolis ou simplesmente “Heliópolis”, como amplamente conhecida, oficialmente sob a administração da Subprefeitura do Ipiranga. Sua formação e expansão anômala é o resultado de políticas governamentais diversas, com diferentes interesses e estratégias de enfrentamento relacionadas à urbanização dos espaços, que se seguiu, neste caso, às sombras da industrialização de São Paulo ao longo de décadas (MOREIRA, 2017).

Atualmente, com mais de 180 mil habitantes em uma área aproximada de 1 milhão de m², segundo a PMSP – Prefeitura Municipal de São Paulo, Heliópolis constitui o maior complexo comunitário da cidade de São Paulo. É subdividida em 14 glebas, nomeadas de “A” a “N”. A figura a seguir apresenta a situação geográfica da região.

Heliópolis teve sua ocupação de forma não planejada, tendo sido construídas suas edificações sem qualquer infraestrutura prévia, sem rede de saneamento básico, sem arruamento e sem sistema de drenagem e captação de águas pluviais.

Figura 34 – Heliópolis – São Paulo



FONTE: MOREIRA, 2017

Embora não estejam inseridas geograficamente no mesmo bairro denominado Cidade Nova Heliópolis, algumas outras regiões contíguas observaram crescimento desordenado, assim como Heliópolis, com ocupação humana e edificações de

mesmas características de Heliópolis, de tal sorte a se confundir início e fim de cada subdivisão, pertencendo todas elas, porém, ao Subdistrito do Ipiranga.

Figura 35 – Heliópolis – Regiões Contíguas



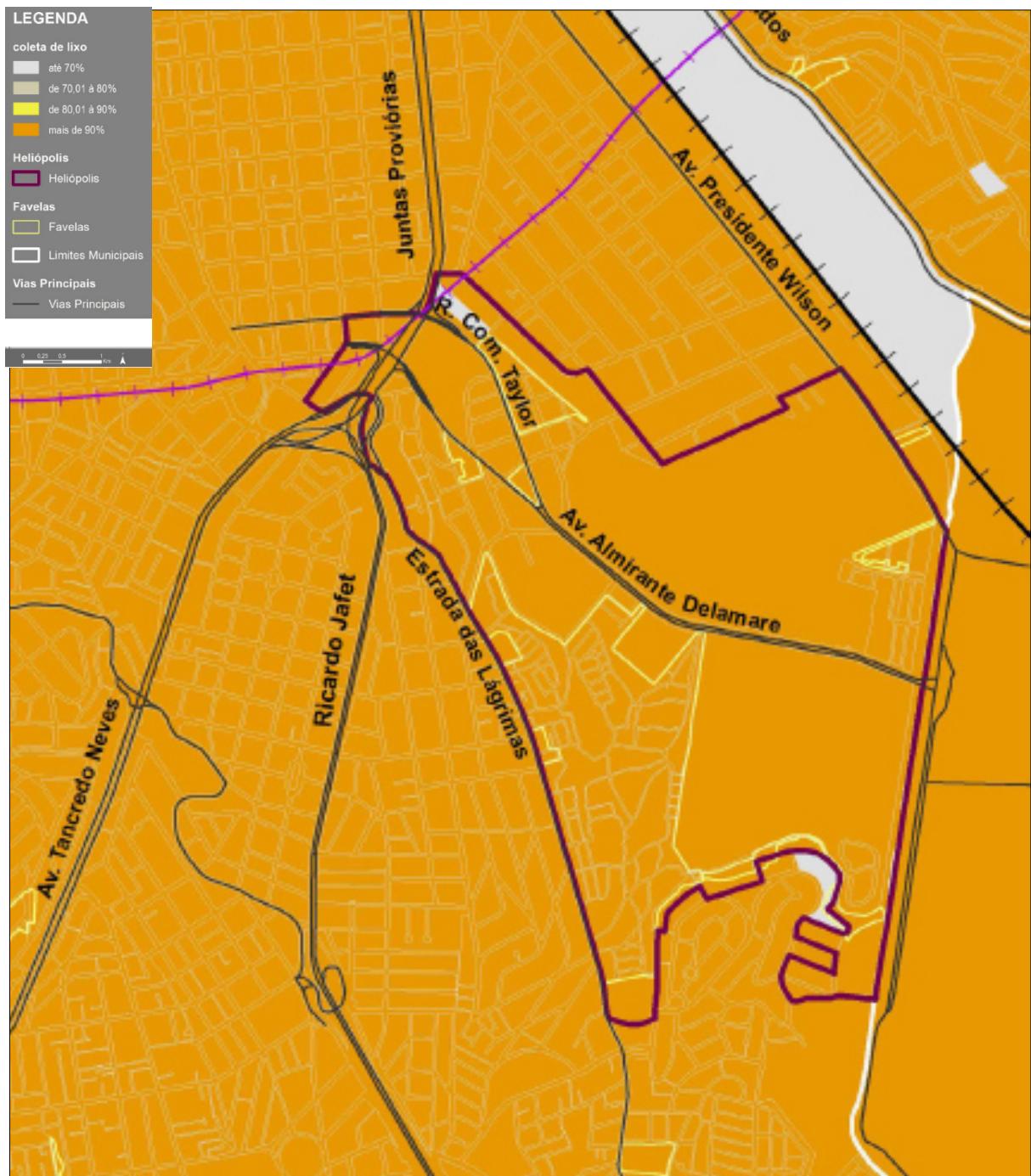
FONTE: MOREIRA, 2017 [12]

5.1 Situação problema

O Distrito do Sacomã, que engloba a região contígua a Heliópolis em destaque na figura anterior, tinha, em 2010, aproximadamente 247.851 habitantes (PMSP, 2017).

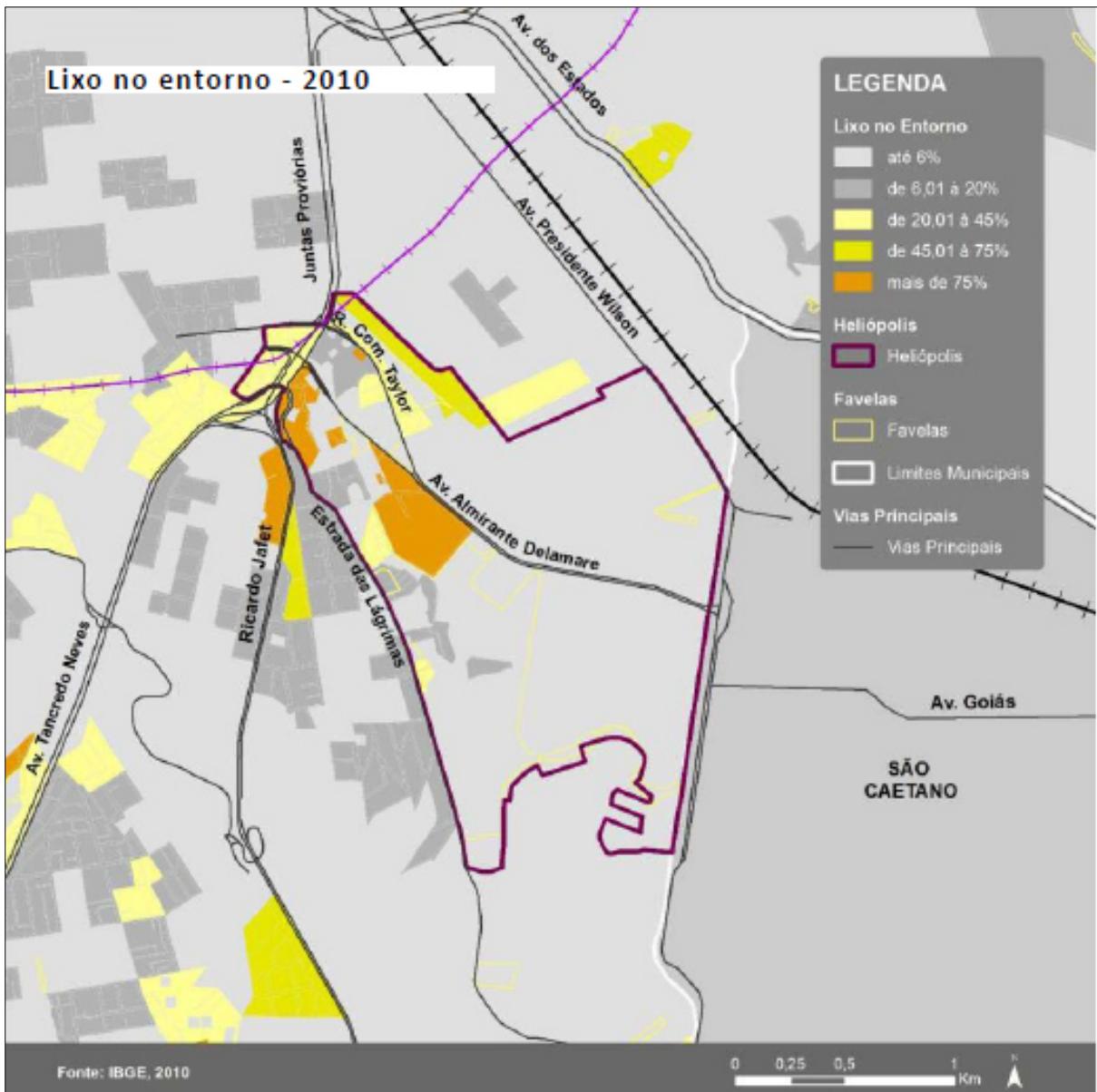
Embora o IBGE (2010) indique a coleta de lixo acima de 90% na região de Heliópolis, a situação que se observa cotidianamente é a quantidade excessiva de “lixo no entorno”, conforme a mesma fonte de dados. Os mapas e as figuras a seguir ilustram a situação.

Figura 36 – Heliópolis – São Paulo



FONTE: MOREIRA, 2017

Figura 37 – Heliópolis – Lixo no Entorno - 2010



FONTE: MOREIRA, 2017 [12]

A situação nas imediações é bastante conhecida, tendo sido objeto de denúncias e reportagens diárias. A atuação da municipalidade é constante, através do operador local (Concessionária Ecourbis Ambiental S.A.), o mesmo que atua na região de Heliópolis e entorno.

As ações da prefeitura no local são limitadas, por vezes, pela falta de acesso físico às localidades internas da comunidade, visto que não foram projetados ou respeitados os arruamentos e distâncias necessárias para fluxo de veículos e pedestres de forma segura.

Figura 38 – Rua Ciqueira Bulção X Rua Comandante Taylor



FONTE: VEREADORA SONINHA FRANCINE, 2018. Disponível em:

https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fwww.soninha.com.br%2Fcamara%2F2018%2F12%2F12%2Fequipesoninha-visita-pontos-viciados-de-descarte-de-lixo-em-Heliópolis%2F&psig=AOvVaw0p-wjPGp_Bb1rqW673fvNH&ust=1596755525481000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTClitkेशCFQAAAAAdAAAABAP. Acesso em 5 ago. 2020.

Figura 39 – Praça Barão de Belém



FONTE: UNAS, 2016. Disponível em: <https://www.unas.org.br/single-post/2016/04/19/O-Lixo-%C3%A9-ZIKA>. Acesso em 5 ago. 2020.

Figura 40 – Praça Barão de Belém

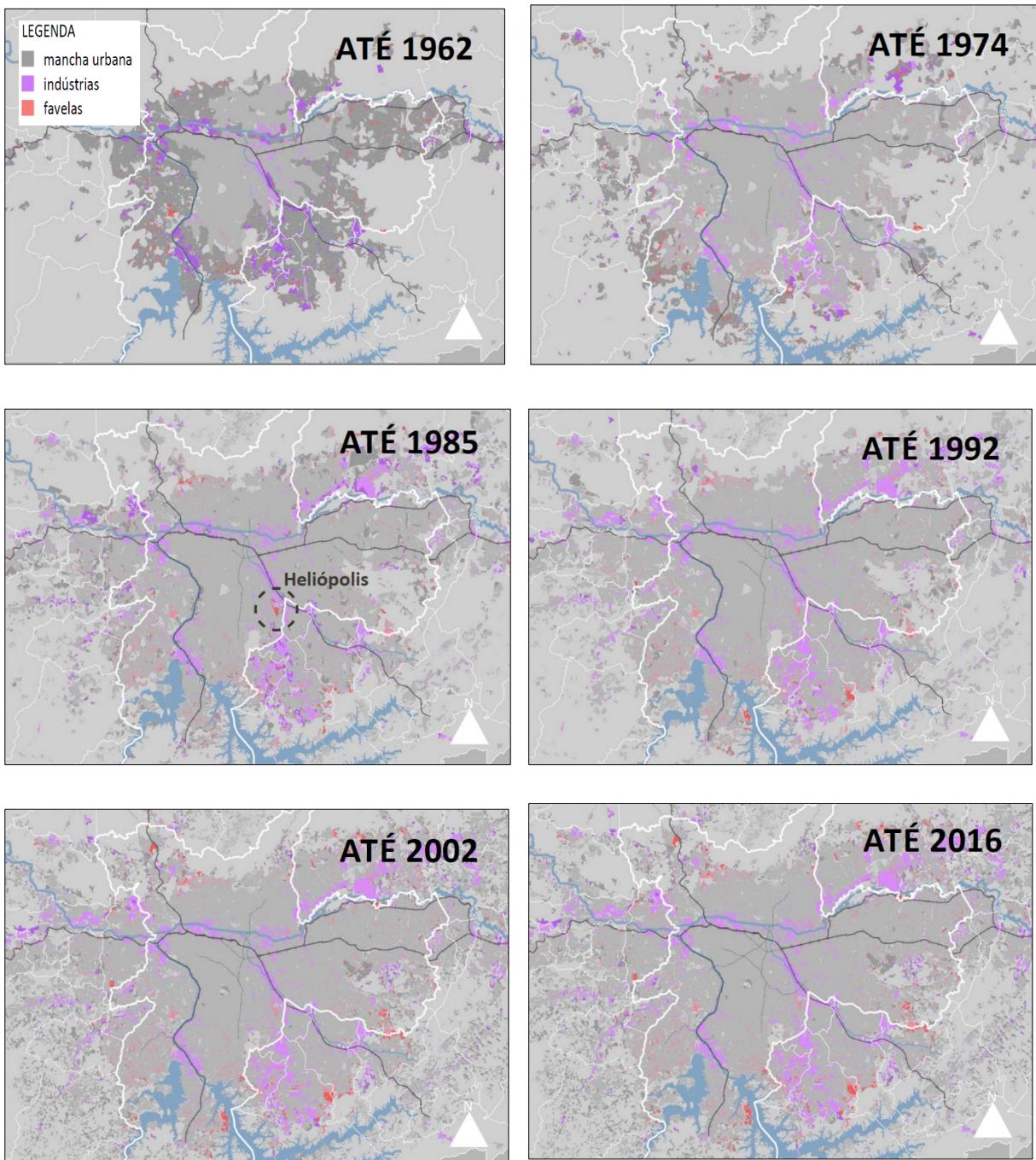


FONTE: GOOGLE, 2020. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/@-23.6050388,-46.5957464,3a,50.7y,84.12h,86.51t/data=!3m6!1e1!3m4!1sx0cWgZc0Jzo8MeTXuVTRVwl2e0!7i16384!8i8192?hl=pt-BR&authuser=0>. Acesso em: 05 ago. 2020.

A maioria das construções até o início do século eram precárias, construídas de forma irregular, sem respeito às Normas Técnicas, instruções técnicas do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar, código de obras e legislação de uso e ocupação do solo.

Alguns programas da prefeitura visaram viabilizar a urbanização de favelas que exigiriam significativas remoções para a implantação das redes de infraestrutura. Deu-se início à verticalização das favelas, mormente a de Heliópolis, como forma de urbanização e melhoria das condições de vida dos habitantes locais. Programas como o denominado PROVER (conhecido como Cingapura), Bairro Legal, Morar no Centro e o Plano Municipal de Habitação foram iniciados, cumpriram com alguns de seus objetivos, mas a maioria deles foi interrompido ao longo do projeto. Elevada quantidade de lotes já foram regularizados, porém, ainda restam muitas famílias com suas casas assentadas em terras não regulares. A sequência de fotos ilustra a evolução da ocupação irregular na região.

Figura 41 – Evolução da ocupação de áreas no município de São Paulo



FONTE: MOREIRA, 2017

5.2 Programas de Impacto nos RSU

Alguns programas de educação ambiental, reciclagem, compostagem e reutilização de materiais ganharam força e interesse do público em geral. Alguns, de iniciativa da própria Prefeitura de São Paulo, como o Eco Heliópolis, de iniciativa da CEDECA – Centro de Defesa dos Direitos da Criança e do Adolescente do Ipiranga, com o apoio da Secretaria da Habitação, criado em 2010, utiliza caçambas para recolhimento de

material na comunidade, assim como fornece treinamento para a produção de materiais e serviços com a reutilização ou reaproveitamento de resíduos. O projeto é da ONG Eco Heliópolis (SEHAB, 2010).

Outro projeto que envolve a reutilização e reciclagem na região foi elaborado pela ONG Trevo em conjunto com a SEHAB – Secretaria de Habitação do Município de São Paulo, com a SABESP – Companhia de Saneamento Básico de São Paulo e com a SAMORCC – Sociedade dos Amigos, Moradores e Empreendedores de Cerqueira César, também implantado em 2010, e consiste no aproveitamento do óleo de cozinha para fabricação de sabão ecológico.

A PMSP ainda disponibiliza os denominados ECOPONTOS- Estação de Entrega Voluntária de Inservíveis. Estes locais, estruturados para o recebimento de resíduos de todos os tipos, inclusive entulho de construções (até 1 m³ por município), consiste na prestação do serviço, pela municipalidade, de recebimento, segregação e destinação final de forma adequada. São pontos fixos a que o município deve se dirigir para realizar o descarte. Atualmente são 104 pontos no município com atendimento diário e gratuito, que juntos, em 2019, processaram 447,7 mil toneladas de resíduos.

Também sob iniciativa da Prefeitura de São Paulo, implantado em 2019, o Programa Recicla Sampa, com o apoio operacional das concessionárias de serviços de limpeza pública Ecourbis e Loga, consiste em uma plataforma digital *online* com informativos, vídeos, *webdocs*, tutoriais, materiais para impressão, notícias da cidade, do Brasil e do Mundo sobre a necessidade de aumentar a quantidade de materiais reaproveitáveis e diminuir o volume dos resíduos enviados aos aterros sanitários da capital (PMSP, 2020). Disponível em: <http://www.capital.sp.gov.br/noticia/programa-recicla-sampa-pretende-ampliar-coleta-seletiva-na-cidade> Acesso em 5 ago.2020.)

Atuante nas proximidades, a menos de 5 km da região de Heliópolis, a RECIFAVELA, uma Cooperativa de Catadores e jovens desempregados realiza o trabalho nas ruas e internamente a um galpão cujo aluguel é cedido pela Prefeitura de São Paulo. Este trabalho de forma cooperada, iniciado em 2007, chama a atenção pelo volume processado por 50 integrantes da Cooperativa: 100 ton/dia.

Estas iniciativas são exemplos de mobilização da comunidade que, de alguma forma, se utilizam dos RSU para extrair algum valor, reduzindo os volumes que estariam

sendo coletados pela municipalidade ou sendo descartados de forma inadequada, de tal sorte a sequer chegarem à coleta pública, sendo levados pela rede pluvial ou arremessados em córregos e rios nas redondezas, lembrando que nas proximidades de Heliópolis encontram-se o Rio Tamanduateí e o Ribeirão dos Meninos.

5.3 Coleta e destinação – Cenário Atual

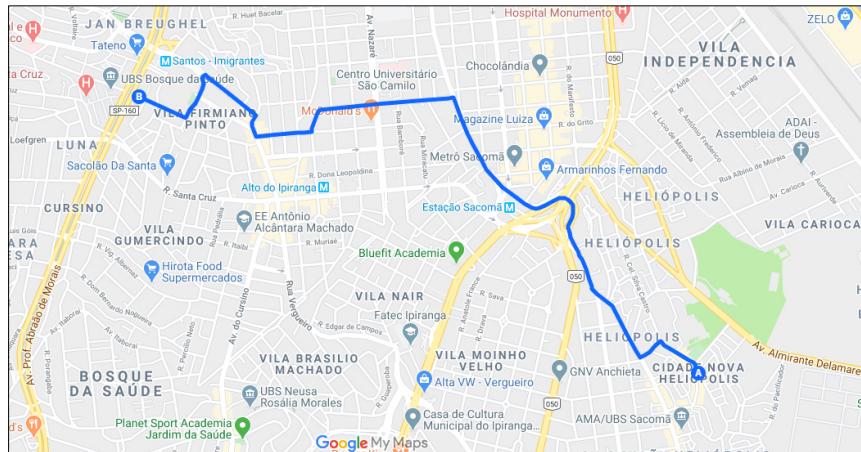
No município de São Paulo, o órgão responsável pela gestão do RSU é a AMLURB – Autoridade Municipal de Limpeza Urbana, autarquia vinculada à Secretaria Municipal das Prefeituras Regionais. Os dados da coleta municipal estão disponíveis de forma eletrônica, no site da própria entidade. Segundo dados da AMLURB, foram coletadas 4.386.955 toneladas de RSU em 2019, incluindo a varrição de ruas, coleta de resíduos de feiras livres, materiais apreendidos, resíduos de ecopontos, resíduos de pátios de compostagem, resíduos da coleta seletiva (segregação de materiais não compatíveis com a coleta seletiva) e resíduos de boca de lobo (AMLURB, 2019), que, distribuídos para uma população de 11.253.503 habitantes (IBGE, 2010), resultam em uma taxa de geração de resíduos média no município de 1,07 kg/dia/pessoa.

A AMLURB não disponibiliza, em seu site, os dados detalhados de coleta de lixo, ou seja, dados por região e por tipo de resíduo. Também não são disponibilizados dados como volumes, tipo de coleta, região abrangente, rotas das coletas, local de destinação, frequência e responsáveis. Desta forma o autor procedeu à solicitação no Sistema Eletrônico de Informação ao Cidadão - e-SIC.

De acordo com a resposta da AMLURB (ANEXOS A, B e C), todo o resíduo coletado na região de Heliópolis têm como primeiro destino o denominado Transbordo Vergueiro, cujo operador (Ecourbis Ambiental) encontra-se a uma distância média de 5km. As coletas são realizadas por veículos com capacidades até 7 ton, equipados com compactadores. Na estação de transbordo, os resíduos coletados pelos caminhões compactadores são descarregados e depois colocados em carretas de maior capacidade que levam estes resíduos para o aterro sanitário, neste caso, o Aterro Sanitário CTL (Central de Tratamento de Resíduos LESTE), do mesmo operador, localizado a cerca de 50 km (considerado o trajeto realizado por veículo

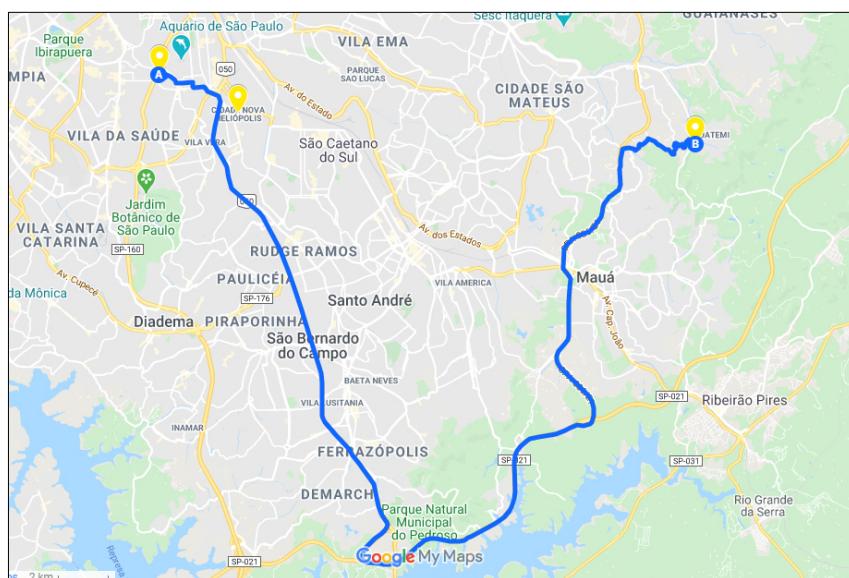
com restrições – carreta)⁵. Os mapas a seguir apresentados ilustram a situação atual de coleta e destinação final do RSU da região de Heliópolis.

Figura 42 – Trajeto possível da área de coleta à Estação de Transbordo Vergueiro



FONTE: Elaborado pelo autor sobre a base cartográfica do Google Maps. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps>

Figura 43 – Trajeto possível da Estação de Transbordo Vergueiro até o Aterro CTL



FONTE: Elaborado pelo autor sobre a base cartográfica do Google Maps. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps>

Conforme cálculos do ANEXO D, consomem-se mais de 30.000 litros anuais de diesel com o transporte dos referidos resíduos, representando emissões da ordem de 82 ton CO₂ na atmosfera por ano, somente no processo de coleta e destinação de RSU em Heliópolis. Além destas emissões, há por serem consideradas as emissões dos

⁵ Segundo informações do próprio operador, disponíveis em <https://www.ecourbis.com.br/estacao-de-transbordo.aspx?content=apresentacao>

próprios resíduos, quando do despejo no Transbordo Vergueiro e no Aterro Sanitário CTL, quando da queima na Estação de Queima de Biogás.

Figura 44 – Aterro Sanitário CTL – Ecourbis Ambiental S.A. – Bairro São Matheus – São Paulo/SP



FONTE: ECOURBIS, 2020. Disponível em: <https://www.ecourbis.com.br/destinacao.aspx?content=aterro-sanitario>. Acesso em 6 ago. 2020.

5.4 Heliópolis - Potencial energético de RSU

De acordo com os cálculos apresentados no ANEXO E, que foram baseados nos dados recebidos da AMLURB através do sistema e-SIC (ANEXOS A, B, C), a região em estudo apresenta volume diário aproximado de 75 toneladas de RSU, provenientes apenas da coleta domiciliar e seletiva⁶. Considerando a população de Heliópolis de 180.000 habitantes, este volume produz uma Taxa de Geração de Resíduos *per Capita* da ordem de 0,42 kg/dia/pessoa, muito abaixo do índice médio nacional, da ordem de 1,04 kg/dia/pessoa (ABRELPE,2019), ainda abaixo dos índices internacionalmente divulgados por países em desenvolvimento na América do Sul, Ásia e África, da ordem de 1,0 a 1,3 kg/dia/pessoa (COELHO et al, 2020).

Cumpre observar que:

- a) conforme já exposto no presente trabalho, há localidades no entorno da região de Heliópolis com pontos de descarga viciados, onde diariamente são despejados volumes consideráveis de resíduos, pontos inclusive conhecidos pela AMLURB e pelo operador local Ecourbis. Não se pode afirmar com clareza quais as rotas que incluem tais pontos, podendo ocorrer a contagem destes quantitativos em rotas diferenciadas, não sendo incluídas nos dados fornecidos pela AMLURB (ANEXOS A, B e C);
- b) foi adotada a população de Heliópolis baseada nos dados do Relatório de Gestão da Subprefeitura do Ipiranga de 2017. Resta prejudicada a contabilização da exata população da região, a qual gerou os quantitativos fornecidos pela AMLURB, inclusive devido à própria dificuldade de estabelecimento de limites territoriais, conforme já abordado neste trabalho;
- c) alguns programas de reuso e reciclagem, como já comentado, concorrem para a redução do volume coletado, proporcionando naturalmente taxas médias de produção de resíduos menores que a média nacional;
- d) deve ser pontuado que o volume de material desviado da rota normal de coleta e destinação final de uma região como Heliópolis, pelas iniciativas de

⁶ Média diária dos últimos 3 anos (AMLURB, 2020)

reciclagem anteriormente apresentadas, é mínimo, comparado com a quantidade total de resíduos processados diariamente pelo operador local.

5.5 Seleção da tecnologia para o tratamento dos RSU em Heliópolis

Considerando o cenário atual relacionado à gestão do RSU na região de Heliópolis, e com base na revisão bibliográfica anterior, nesta seção serão apresentadas as justificativas para a adoção de sistema de recuperação energética através de Gaseificador de Leito Fluidizado Circulante para processamento do RSU – Resíduos Sólidos Urbanos, principalmente após o processamento prévio para conversão em CDR – Combustível Derivado de Resíduo, na região de Heliópolis, conforme segue:

- **Justificativas Técnicas**

Dentre as tecnologias consideradas no presente trabalho para recuperação energética dos RSU, aplicadas mundialmente nos países em desenvolvimento (COELHO et al, 2020), a saber: os tratamentos bioquímicos, o aterro sanitário e a biodigestão, e os tratamentos termoquímicos, a incineração e a gaseificação, a escolha da gaseificação com leito fluidizado circulante ocorre em função dos seguintes fatos:

- a) o volume diário de produção de RSU da região é bastante elevado quando comparado aos casos existentes no mundo, que focam principalmente em gaseificadores de pequeno porte. As usinas internacionais em operação nos países desenvolvidos, que, embora em aplicações utilizando outro tipo de biomassa, tal como resíduos, pellets ou cavaco de madeira ou outra biomassa, utilizam gaseificadores de leito fixo e observam capacidade de geração abaixo de 200 kW.
- b) por outro lado, há os casos de aproveitamento energético de sistemas de grande porte, com volumes elevados de RSU, acima de 500 toneladas diárias. Estes utilizam basicamente a tecnologia da incineração, justificando-se os proporcionais investimentos elevados, de forma a garantir a limpeza dos gases de exaustão conforme as normas ambientais;
- c) no caso dos sistemas de gaseificação, temos baixas taxas de emissões de GEE, tais como CO₂, NOx e SOx;

- d) também nestes sistemas ocorre a extremamente baixa taxa de emissão dioxinas e furanos, dezenas de vezes menores que os limites da legislação brasileira, que segue as normativas da Comunidade Europeia. Isto ocorre pois o processo de gaseificação é um processo de combustão incompleta, com reduzido consumo de oxigênio, o que é necessário para a formação de dioxinas e furanos;
- e) é também conhecida a necessidade de pequenas áreas para implantação quando comparadas às demais tecnologias, considerando o tamanho dos equipamentos e as áreas acessórias para processamento e armazenamento do CDR e o processo completo de gaseificação e conversão energética;
- f) é importante considerar a maior adequabilidade da tecnologia de gaseificação às regiões com produção de RSU abaixo de 300 ton/dia, ao passo que na incineração os fluxos mássicos estão na faixa de 300 a 2.000 ton/dia, quase 84 ton/h) (COELHO et al, 2020, p.81). Este maior porte da incineração é necessário para viabilizar economicamente os sistemas de limpeza dos gases conforme os padrões ambientais, principalmente dioxinas e furanos;
- g) também é importante a flexibilidade do processo de gaseificação e consequente geração de gás de síntese com qualidade para produção de vapor, quando verificadas variações na composição gravimétrica e consequente variação do PCI resultante do RSU e do CDR, de forma a adequar-se às regiões em estudo;
- h) a possibilidade para implantação do sistema em regime de Cogeração Qualificada, tornando o projeto ainda mais viável.

- Justificativas Ambientais

Dentre as tecnologias estudadas já citadas acima, a gaseificação apresentou características em todo o processo com maior aderência à PNRS, ao PERS e à legislação e normativas acessórias, dentre as quais, citam-se:

- a) a melhor aplicabilidade em projetos de eliminação de passivos ambientais, tal como aterros sanitários ou controlados em fase de encerramento e em “lixões à céu aberto” já estabelecidos clandestinamente, uma vez que o RSU extraído

do passivo pode ser considerado como estoque de matéria-prima para geração de energia, e passará a consumi-lo “*in natura*” ou com preparo descomplicado (transformação em CDR), tal como o projeto de Boa Esperança/MG, em implantação pela Carbogas. Este motivo serve também para os processos de incineração, mas apenas para os de grande porte; neste caso de pequeno e médio porte, seria o processo de gaseificação;

- b) as melhores características de emissões de componentes nocivos à saúde, tais como dioxinas e furanos, as menores emissões de particulados tóxicos e GEE, a classificação das cinzas e materiais sólidos carbonosos, resultantes finais do processo, como sendo Classe 2 (NBR 10.004:2004);
- c) a melhor solução para a maioria dos municípios do Brasil, para se adequarem ao PNRS, uma vez que estes municípios têm taxa de geração de RSU abaixo da mínima taxa viável para implantação de sistemas com maior capacidade de processamento, tais como incineração e os custos e impactos da implantação de aterro sanitário são atualmente impraticáveis, além de que a própria implantação de novos aterros sanitários é contrária à PNRS;

- Justificativas Econômicas

Do resultado da análise de viabilidade econômica para a implantação do sistema de gaseificação (INFIESTA, 2015), restou que:

- a) apresenta o melhor VPL, o menor CAPEX e OPEX e a maior TIR, quando comparado ao sistema de incineração. Não está sendo comparado à tecnologia de Aterro Sanitário devido à filosofia de enfrentamento da problemática do RSU no país, dada pela PNRS.

Além de todas as justificativas apresentadas para a aplicação da tecnologia da Gaseificação dos RSU na Região de Heliópolis, os seguintes motivadores principais para a implantação da URE – Heliópolis são elencados:

- a) prover melhores condições de saúde da população e segurança ambiental, mantendo processo de coleta, segregação de materiais para reciclagem, recuperação energética e destinação final de rejeitos (inservíveis) mais ágil, menos poluidor e mais rentável;

- b) prover alguma forma de retorno direto e tangível para a população local, como incentivo às boas práticas na disposição dos resíduos de cada cidadão da melhor forma, para que a comunidade local seja beneficiada e tenha plena consciência de que tais boas práticas foram responsáveis pelos benefícios;
- c) enquadrar a região dentro da legislação federal (PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos) e estadual (PERS – Plano Estadual de Resíduos Sólidos), que prevê a recuperação energética dos RSU como passo anterior à disposição final, sendo vetada a disposição dos resíduos “in natura”;
- d) melhorar o balanço energético estabelecido atualmente, com excesso de emissões de CO₂, tráfego de veículos pesados na região e na cidade, custos elevados para manutenção do sistema atual;
- e) implantar sistema de recuperação energética adequado à região, considerando a indisponibilidade de grandes áreas no entorno, o que seria necessário para implantação de aterro sanitário ou planta de incineração, que, por processar volumes bem maiores de RSU, necessariamente demandariam maiores áreas que as plantas de gaseificação;
- f) utilizar-se dos benefícios da legislação para viabilizar a comercialização da energia produzida pela URE;
- g) fomentar as aplicações de unidades de recuperação energética pelos municípios, mormente daqueles com características semelhantes às da região de Heliópolis, fornecendo benchmark para todos os interessados poderem promover estudos de caso e melhorias na sistemática adotada;
- h) promover o aquecimento da economia, uma vez que a implantação de uma unidade de recuperação energética envolve diversos setores nos ambientes público e privado (investidores, entidades governamentais, órgãos ligados ao mercado da energia e meio ambiente, indústria, comércio e prestação de serviços, além da própria comunidade acadêmica).

5.6 Premissas e Restrições para o estudo de caso de Heliópolis

Seguindo os conceitos do *PMBOK® - Project Management Body of Knowledge Guide* (PMI, 2017), todo projeto é baseado em premissas e restrições.

Restrições são parâmetros, regras, especificações, normas e a legislação de forma geral, que são explícitas, conhecidas, tendo como elencá-las, mantendo registro e controle sobre elas.

Premissas são dados, eventos ou situações que são adotadas pela equipe do projeto, a fim dar contorno a algo não definido explicitamente, porém, sem a certeza (absoluta) de que tal adoção seja ou aconteça de forma absolutamente certa. Assim, toda premissa é seguida de uma incerteza, à qual dá-se o nome de risco.

Risco é uma incerteza que, acontecendo, irá afetar negativa ou positivamente um ou mais objetivos do projeto. Um risco pode ser positivo ou negativo, aos quais dá-se os nomes de oportunidade ou ameaça, respectivamente.

Consistindo as restrições no conjunto de parâmetros, regras, normas e leis aplicáveis a determinado escopo do projeto, obviamente todos os respectivos requisitos devem segui-las fielmente, não havendo sentido repeti-las no presente trabalho.

Serão destacadas as principais premissas para a implantação da URE – Heliópolis, de forma não exaustiva, procurando identificar os principais riscos (em alto nível)⁷, dando condições de selecionar variáveis que possam posteriormente, sob melhor exame, formular modelo de análise probabilística obtendo-se maiores condições para avaliação da viabilidade do projeto sob os aspectos técnicos, ambientais e econômicos:

- a) o empreendedor do projeto comprovará as informações da AMLURB, sobre as coletas e destinações em curso por tipo de resíduos;
- b) o empreendedor do projeto concluirá, com os dados da AMLURB e a validação dos mesmos em pesquisa de campo, e ainda todos os dados dos equipamentos e componentes do sistema, a viabilidade técnica e econômica para a implantação da URE – Heliópolis;

⁷ Sem maiores detalhes, sem a investigação profunda que se deve realizar na etapa de projeto.

- c) o empreendedor terá parecer positivo, em consulta de acesso à acessada concessionária de energia da região, que seu projeto de implantação da URE – Heliópolis será aprovado para injeção da potência instalada prevista nas redes da concessionária, em regime de Cogeração Qualificada de energia, obtendo os benefícios tarifários previstos em legislação;
- d) o empreendedor do projeto obterá as aprovações pelos órgãos competentes nas alçadas municipal, estadual e federal, nas áreas da energia e meio ambiente e demais áreas e instituições competentes, para implantação da URE – Heliópolis;
- e) o projeto terá a aceitação e engajamento da população e das entidades sociais e ambientalistas atuantes na região, seja qual modelo de negócios for adotado, nas ações de segregação e descarte consciente de resíduos;
- f) o empreendedor do projeto obterá a aprovação pelos órgãos competentes, em especial a CETESB, a SEHAB, a SIMA e as entidades não governamentais que atuam em projetos sociais e ambientais na região, da tecnologia e da própria implantação da URE – Heliópolis seja em que localidade for, porém, inserida na região sob estudo;
- g) o empreendedor terá sucesso na negociação da área escolhida dentro da região sob estudo, dentro dos valores previstos no orçamento do projeto;
- h) o empreendedor terá sucesso na negociação técnica-comercial com os principais interessados que participarão do fornecimento da URE – Heliópolis;

Estas são algumas das premissas consideradas no presente trabalho, e que primordialmente deverão ser objeto de estudo aprofundado, visando lastrear todos os posteriores estudos executivos do projeto.

5.7 Modelagem do Sistema - Análise de Viabilidade Econômico-financeira

O Sistema de Gaseificação à Leito Fluidizado que ora se apresenta foi desenvolvido pela Carbogas, estando o próprio gaseificador atualmente sob patente. O sistema completo foi projetado pela empresa considerando o comportamento não somente do gaseificador, mas dos demais componentes, de tal sorte a se manterem conhecidas

e sob controle todas as variáveis de relevância para o funcionamento, a boa eficiência e a segurança.

Por se tratar de equipamento cujo projeto é objeto de sigilo comercial, foram fornecidas ao autor as ferramentas que permitem a simulação do comportamento fidedigno do sistema, resguardando os dados relativos ao seu projeto. De fato, objetiva o presente trabalho a verificação da viabilidade técnica da utilização de tal sistema em aplicação cujo cenário já fora exposto, a decorrente viabilidade ambiental, econômica e financeira, assim como a aplicação em situações similares, contribuindo enfim para a divulgação e aplicação deste conhecimento.

Um dos maiores desafios no projeto de um sistema de recuperação energética de resíduos sólidos é o seu dimensionamento, de forma que possa ser flexível para o processamento de RSU com composição gravimétrica diversa, que, por consequência, produzirá (e posteriormente processará) o CDR também com ampla variação de seu PCI. Obviamente tais variações percebem limites, uma vez que cada componente do sistema apresenta estes limites de forma bastante definida. Para se manter todas as variáveis dentro destes limites, garantindo a eficiência esperada, o sistema é dotado de componentes tais como sensores, válvulas e subsistemas que, controlados pelo *software*⁸ especificamente projetado, proporcionam a estabilidade e segurança exigidas para a aplicação.

Adotou-se, pois, o uso das ferramentas de cálculo de produção de gás de síntese, pelo gaseificador, produção de vapor por caldeira à combustão direta do gás e produção de energia elétrica pelo conjunto turbogerador, em função das denominadas Variáveis de Entrada do sistema, nas respectivas unidades, a saber:

- a) Composição Gravimétrica (em % do total do RSU a processar) [%]
- b) Volume de RSU diário [ton/dia]
- c) PCI de cada tipo de resíduo contido no RSU [kcal/kg]
- d) Grau de Umidade do RSU [%]

⁸ O Software utilizado para o controle do sistema também foi desenvolvido pela Carbogas especificamente para o sistema em questão (dados fornecidos pelo Eng. Felipe Rinaldi Barbosa, Carbogas, em visita à planta piloto instalada em Mauá/SP pelo autor).

- e) PCI do CDR [kcal/kg]
- f) A composição elementar do CDR (Carbono, nitrogênio, oxigênio e hidrogênio) em % do gás produzido. [%]

O primeiro estudo será realizado de forma determinística, atribuindo-se valores conhecidos e razoáveis para cada uma das referidas Variáveis de Entrada. Deste estudo saem os valores das Variáveis de Saída de interesse ao presente estudo, a saber:

- a) Fluxo Mássico de CDR [ton/dia]
- b) Energia Disponível no Gás de Síntese [Gcal/h]
- c) Volume do Gás de Síntese [Nm³/h]
- d) Geração de Vapor pela Caldeira [kg/h]
- e) Energia Elétrica Exportável [MWh]

Considerando a produção diária aproximada de 75 ton de RSU, geradas na região de Heliópolis, teremos a produção de um excedente de energia a ser comercializado da ordem de 1,2 MWh. As tabelas a seguir apresentam a simulação determinística acima a definida:

Figura 45 – Fluxo mássico – Linha de processamento de RSU

FLUXO MÁSSICO LINHA DE PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS											
Período	24	horas									
Volume	75	ton/dia									
Volume	3.1250	ton/h									
COMPOSIÇÃO DO LIXO	%	kcal/kg	kcal médio	Vazão kg/h	PQ de Entrada	Vazão kg/h	Unidade	Vazão kg/h	Unidade	Vazão kg/h	Unidade
				50,0%	Sist. de Recebimento	1º Triturador	Separador Magnético	2º Triturador	Aerólico	Eddy Current	3º Triturador
MATERIAL ORGÂNICA	35,20%	4.000,00	1.049,00	1.100,00	704,00	1.000,00	855,38	859,38	813,61	802,08	730,13
FINOS	3,010%	4.500,00	135,00	93,75	67,50	85,23	73,24	73,24	69,34	68,36	62,23
PAPÉL	6,45%	4.000,00	258,00	201,56	129,00	183,24	157,47	157,47	149,86	146,97	133,79
PAPÉLÃO	6,00%	4.200,00	252,00	187,50	126,00	170,45	146,48	146,48	138,68	136,72	124,45
BORRACHAS	2,010%	10.000,00	200,00	62,50	100,00	56,82	48,83	48,83	46,23	45,57	41,48
TEXTIL	10,00%	5.000,00	500,00	312,50	250,00	284,09	244,14	244,14	231,14	227,86	207,42
TEXTIL DE SAÚDE (FRALDAS, ETC)	12,30%	4.500,00	553,50	384,38	276,75	349,33	300,29	300,29	281,30	280,27	255,13
PLÁSTICOS	12,00%	8.000,00	960,00	375,00	480,00	340,91	292,97	292,97	277,37	273,44	248,91
NÃO CLASSIFICADOS	1,30%	4.000,00	52,00	40,63	26,00	36,93	31,74	31,74	30,05	29,62	26,97
VIDRO	1,40%	0,00	43,75	0,00	39,77	34,18	34,18	34,18	32,36	0,00	0,00
METAL FERROSO E NÃO FERROSO	5,20%	0,00	162,50	0,00	147,73	126,95	63,88	60,10	59,24	0,00	0,00
SEDIMENTOS E INERTES	0,50%	0,00	0,00	15,63	0,00	14,20	12,21	12,21	11,56	0,00	0,00
OUTROS	4,65%	4.000,00	186,00	145,31	93,00	132,10	113,53	113,53	107,48	105,96	96,45
TOTAL	100,00%	4.504,50	3.125,00	2.252,25	2.840,91	2.441,41	2.377,93	2.251,29	2.176,99	2.116,84	1.926,96
Abatimento de Água:											
					284,09	398,50			126,64	31,29	198,88
									63,48		43,92
										59,24	
Remoção de sólidos:											
											
											

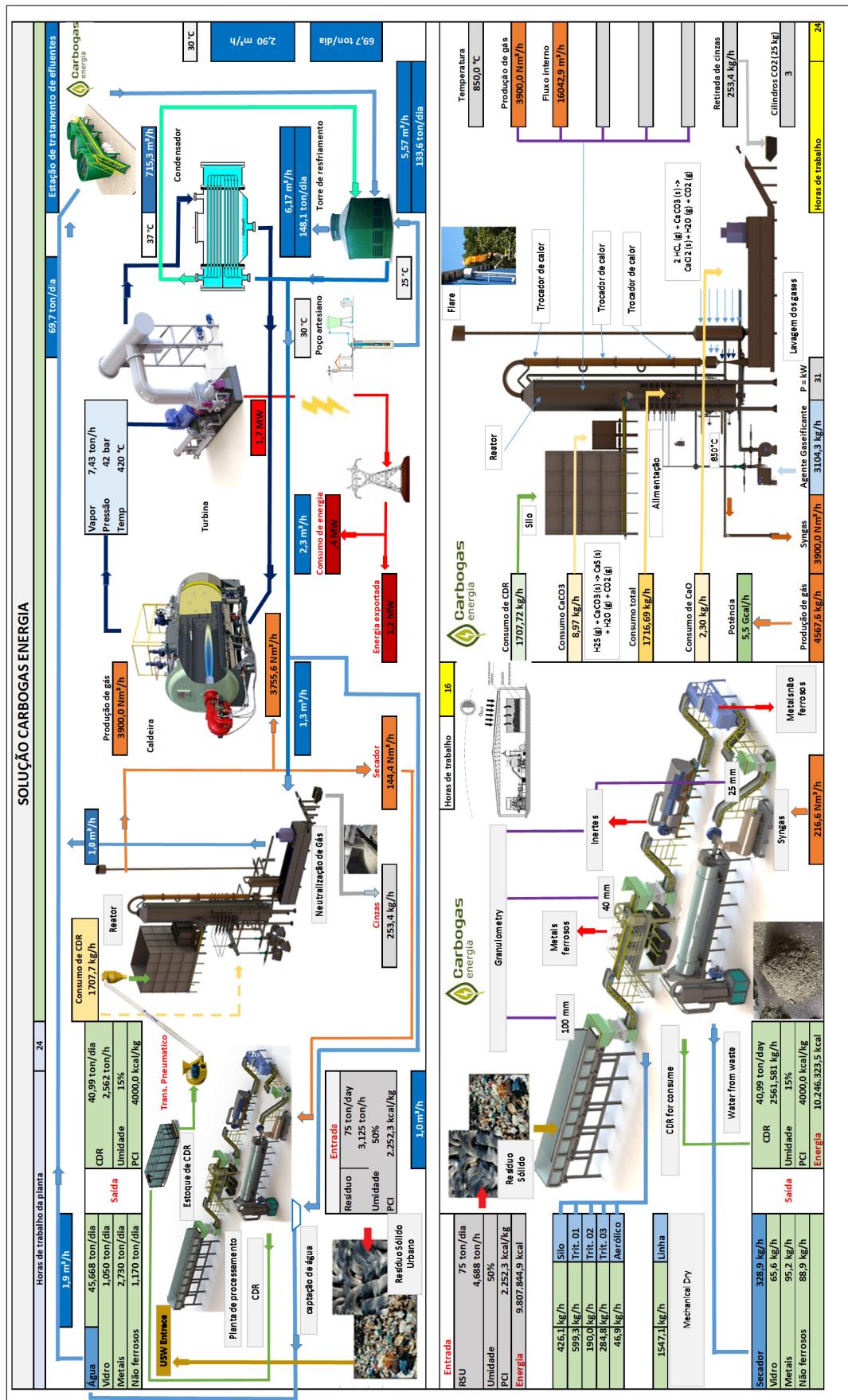
FONTE: CARBOGÁS, 2020

Figura 46 – Fluxo mássico – Linha de processamento de RSU

BALANÇO DE MASSA E ENERGIA - CARBOGAS ENERGIA									
BALANÇO DE MASSA		COMPOSIÇÃO DO COMBUSTÍVEL				GERAÇÃO DE VAPOR			
Resíduo Sólido Urbano <i>in natura</i> - Entrada				75	ton/dia	Produção: COMBUSTÍVEL DERIVADO DE RESÍDUO SÓLIDO URBANO			
Unidade de entrada do RSU	50%	%	PCI do CDR	4.000,00	kcal/kg	Recovery Boiler Income	95,0%	2.704.019 m ³ /mes	
Unidade de entrada do RSU	3125,00	Kg/h	PCI Padrão	4.000,00	kcal/kg	Gás de síntese para exportação		90134 m ³ /dia	
Recebimento de resíduo <i>in natura</i>	25%	%	Densidade Syngas	1,17	kg/Nm ³	Gás de síntese para exportação		3755,58 m ³ /h	
Unidade final após processamento	219,24	Kg/h	Densidade CDR	250	kg/Nm ³	Gás de síntese para exportação			
Quantidade de água eliminada no secador	0,202	Gcal/h	Densidade do ar	1,29	kg/Nm ³	Energia exportada		2200915,1 kJ/h	
Consumo de energia no secador	144,42	Nm ³ /h	PCI do gás de síntese	1.400,00	kcal/kNm ³	Entalpia de entrada da água a 42 bar (105°C)		440,1 kJ/kg	
Gás necessário para secagem			PCI do gás de síntese		kg/kNm ³	Entalpia de saída do vapor		3255,80 kJ/kg	
Fluxo mássico de CDR	1708	Kg/h	COMPOSIÇÃO ELEMENTAR DO CDR:		kg/kNm ³	Entalpia de vapor			
Fluxo mássico de CDR	41,0	ton/dia	Carbônio	40%	%	Geração de vapor		7425,8 kg/h	
Fluxo mássico de CDR			Nitrogênio	4,0%	%	GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA			
Energia disponível do combustível	6,8	Gcal/h	Hidrogênio	8%	%	Consumo da turbina		4500,0 kg/MWh	
Eficiência da gaseificação	80	%	Oxigênio	19%	%	Geração total de energia		1,7 MWh	
Energia disponível no gás de síntese	5,5	Gcal/h	PCI Calculado pela composição gravimétrica	Cinzas + Inertes	13,88%	Consumo parasita			
Energia térmica produzida	6,3	MWh	PCI Calculado pela composição elemental	Cloro e Enxofre	0,12%	Energia elétrica exportável		1,2 MWh	
Massa de carbono no combustível	1699,2	Kg/h	PCI Calculado pela composição elemental	Umidade	15%	Fator de capacidade da planta		92%	
Carbono não convertido	8,5	Kg/h	7,6%	4303 Kcal/kg	mm	Eficiência global		20,8%	
Cinzas geradas	235,8	Kg/h	PRODUTOS				Massa	TORRE DE RESFRIAMENTO	
Massa de enxofre de entrada	2,05	Kg/h	Volume de gás de síntese	3900,0	Nm ³ /h	4821	Pressão de saída do vapor na saída da turbina	0,1 bar	
Quantidade de carbonato de cálcio	6,40	Kg/h	Massa de gás de síntese	4567,6	Kg/h	↑ IN (kg) ↓ OUT (kg) ↓	Temperatura de saída do vapor na saída da turbina	100°C	
Fator de segurança	1,4	*	Cinzas + Particulados	253,35	Kg/h	4821	Entalpia do vapor	2675,46 kJ/kg	
Total de carbonato de cálcio	8,97	Kg/h	COMPOSIÇÃO DO GÁS				Massa	100°C	
Massa de entrada (alimentação)	1716,7	Kg/h	N2	58%	2277,60	Nm ³ /h	2653,40 kJ/h	417,55 kJ/kg	
Água presente no combustível	256,2	Kg/h	H2O	6%	234,00	Nm ³ /h	187,20 kJ/h	2257,91 kJ/kg	
Densidade da alimentação	251,3	Kg/m ³	CO2	14%	546,00	Nm ³ /h	1081,08 kJ/h	715,26 m ³ /h	
Massa de carbono	679,7	Kg/h	CO	8%	256,4	Nm ³ /h	337,90 kJ/h	83,2	
O2 necessário para a oxidação do carbono	1812,5	Kg/h	H2	6%	234,0	Nm ³ /h	21,06 kJ/h	61,7 m ³ /h	
O2 necessário para a oxidação do hidrogênio	1087,5	Kg/h	CnHm	8%	312,00	Nm ³ /h	286,98 kg/h	3,27 m ³ /h	
O2 no combustível	322,8	Kg/h	EMISÕES ATMOSFÉRICAS				QUANT. AR	OUTRAS INFORMAÇÕES	
Quantidade total de O2	2577,1	Kg/h	2CO+O2+3,76N2 => 2CO2+3,76N2	805,42	Nm ³ /h	116,23 kg/h	Emissão total de CO2	859 kg/h	
Quantidade de ar para combustão	11055,73	Kg/h	2H2+O2+3,76N2 => 2H2O+3,76N2	709,74	Nm ³ /h	736,90 kg/h	Emissão total de CO2	199,17 ton/ano	
Ar relativo na gaseificação	28%	-	CH4+2O2+3,76N2 => CO2+2H2O+7,32N2	3179,11	Nm ³ /h	3729,35 kg/h	Energia elétrica produzida por tonelada de RJU	,53 MNW/TonRSU	
Quantidade de ar para gaseificação	3104,3	Kg/h	N2 + H2O + CO2 of Sintese Gas	3057,60	Nm ³ /h	3921,68 kg/h	CAPEX Estimado	R\$ 47.550.000,00	
Volume de ar para gaseificação	2400,8	Nm ³ /h	TOTAL	7751,87	Nm ³ /h	9554,16 kg/h	OPEX Estimado	R\$ 2.380.000,00	

FONTE: CARBOGAS, 2020

Figura 47 – Fluxo mássico – Linha de processamento de RSU



FONTE: CARBOGAS, 2020

5.8 Simulação de Cenários Probabilísticos

Conforme já comentado, a composição gravimétrica do RSU varia de forma significativa de região para região, e até mesmo na mesma região, dada a sazonalidade. Assim, a elaboração de estudo determinístico nem sempre permitiria a previsão de forma precisa, das Variáveis de Entrada, já comentadas, do sistema, de tal sorte a garantir certas Variáveis de Saída desejáveis, visando viabilizar o empreendimento.

A Simulação de Cenários Probabilísticos ajuda a verificar de que forma as Variáveis de Entrada do Sistema de Gaseificação à Leito Fluidizado poderão impactar as Variáveis de Saída.

Sendo assim, propõe-se utilizar no presente estudo a denominada Simulação de Monte Carlo. O Método de Monte Carlo é um método de estatístico baseado em uma elevada quantidade de amostragens aleatórias com o intuito de se extrair dados probabilísticos do universo de possibilidades do qual se extraem as amostras. O nome remete à similaridade do que se realizaria quando da observação dos resultados nos jogos de cassinos, para se obter as probabilidades de ganho caso se aposte de um ou outro valor. Este método ganhou o conhecimento em projeto denominado Projeto Manhattan, na época da Segunda Guerra Mundial, em que pesquisadores que trabalhavam na produção da bomba atômica o utilizaram para avaliar o comportamento do coeficiente de difusão do nêutron de certos materiais (Wikipédia, 2020).

O objetivo deste estudo é explorar elevada quantidade de cenários em que serão variados os valores de entrada do sistema gaseificador (Variáveis de Entrada), observando-se o comportamento dos dados de saída, com a utilização do *Software @RISK*⁹, da *Palisade Corporation*. Trata-se de programa de computador que realiza as Simulações de Monte Carlo de forma rápida, permitindo a modelagem completa no *Microsoft® Excel* (O *@RISK* consiste em um *Add-in* para o *Microsoft® Excel*).

A utilização de um *software* para a realização da Simulação de Monte Carlo é oportuna devido à rapidez que o computador realiza todos os recálculos em milhares de

⁹ Software adquirido pelo autor, na versão “estudante”, para a realização dos estudos de riscos e tomada de decisão, denominado *The DecisionTools Suite*.

cenários com elevada quantidade de variáveis de entrada e saída, gerando um gigantesco número de recálculos para cada cenário.

Será utilizada a ferramenta da Carbogas como “motor de cálculo” das simulações, sendo o *@RISK* responsável pela geração de centenas ou milhares de cenários prováveis, nos quais serão observadas as variáveis de saída. A cada Variável de Entrada será atribuída uma distribuição, de acordo com a qual a referida variável se comportará.

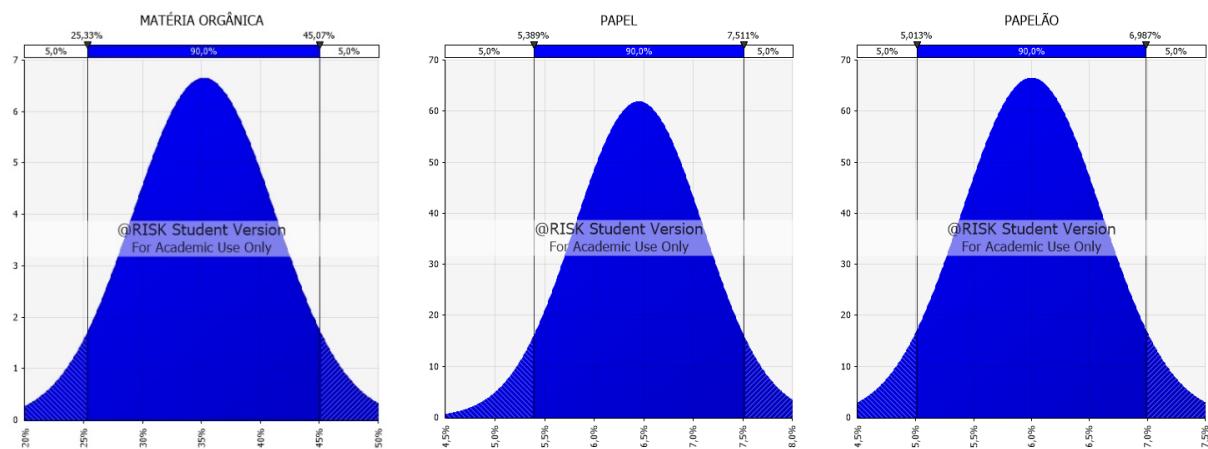
Foram idealizadas duas modelagens básicas sobre as quais serão realizadas as Simulações de Monte Carlo e a Análise de Sensibilidade de cada modelo. No primeiro modelo serão variadas a composição gravimétrica do RSU, a quantidade de RSU a ser processado na linha de CDR e a umidade do RSU. No segundo modelo serão fixadas a quantidade de RSU a ser processado na linha de CDR, no valor de 75ton, e a umidade do RSU, no valor de 50%.

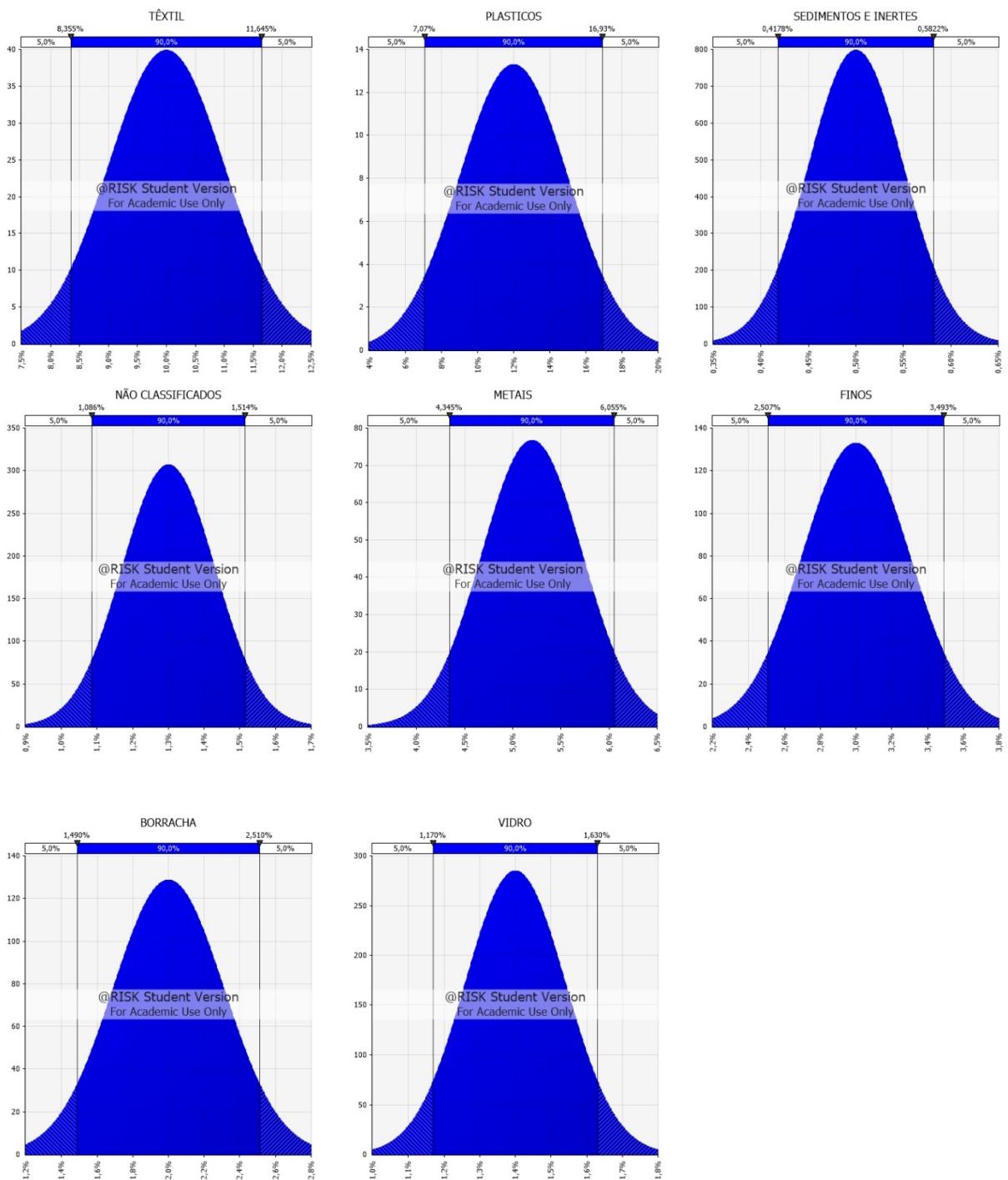
Em ambos os modelos adotou-se como variáveis de observação ou Variáveis de Saída a Energia Elétrica Bruta Gerada (MWh) e a Taxa de Energia Elétrica Bruta Gerada por Massa de RSU (MWh/ton) e o PCI do CDR.

5.8.1 Modelo de Simulação de Monte Carlo nº1

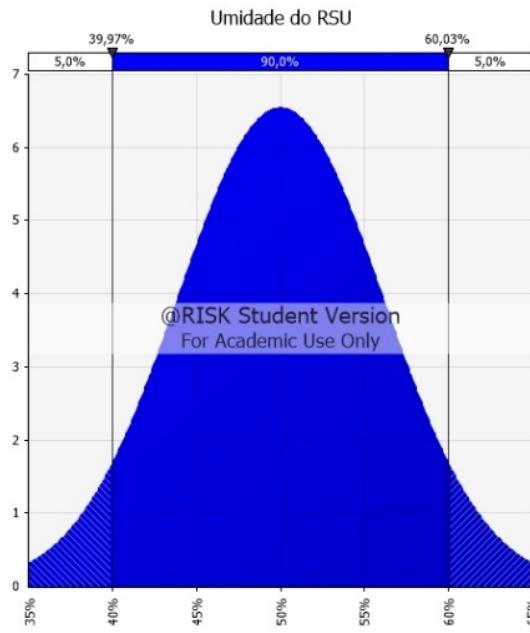
As variáveis de entrada selecionadas no sistema de gaseificação serão atribuídas as seguintes distribuições e respectivos parâmetros de entrada:

a) Composição Gravimétrica (em % do total do RSU a processar)

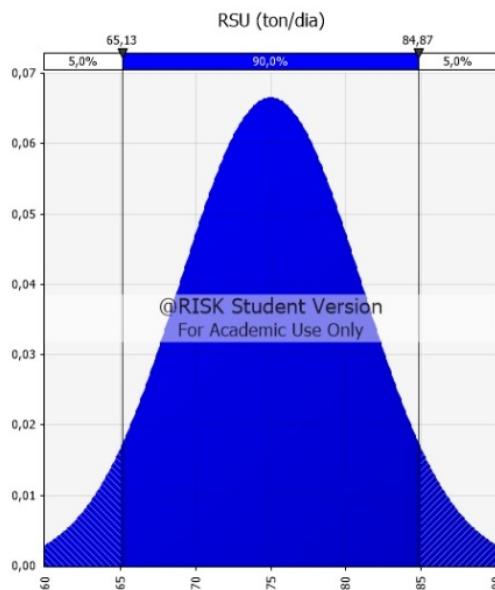




b) Grau de Umidade do RSU

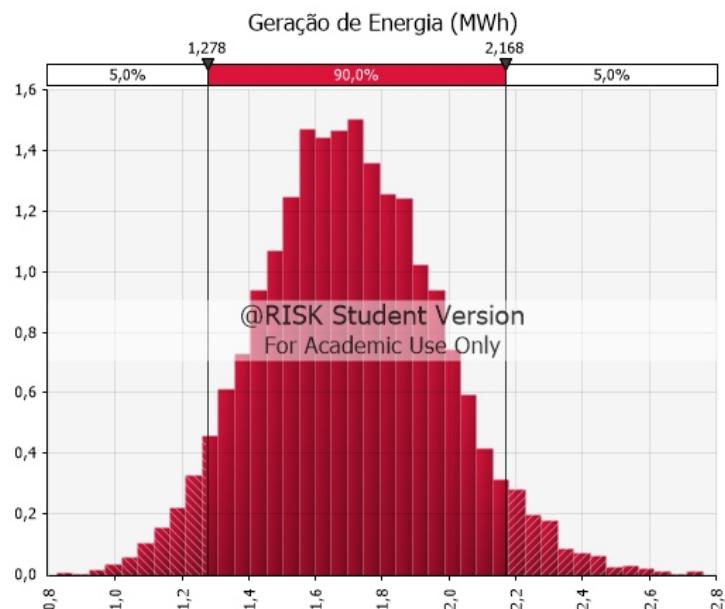


c) Volume de RSU diário



Após tais configurações, passou-se à realização das simulações (neste caso, 10.000 iterações) de cenários possíveis, de acordo com os parâmetros e as distribuições das variáveis de entrada configurados. O software memoriza cada Variável de Saída, e elabora a distribuição destas variáveis, resultantes dos cenários gerados. Desta forma é possível avaliar como as possíveis variações das Variáveis de Entrada afetaram as Variáveis de Saída. Os resultados das simulações são os seguintes:

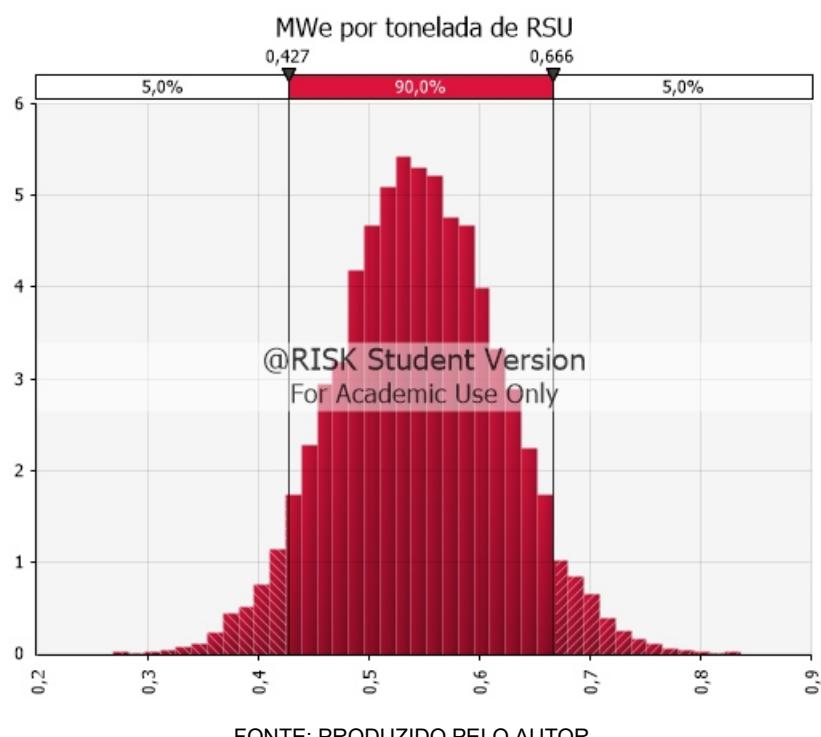
Figura 48 – Modelo nº 1: Energia Elétrica Bruta Produzida



FONTE: PRODUZIDO PELO AUTOR

Pode-se afirmar que a probabilidade de geração bruta de energia elétrica do sistema, de 1,278MWh a 2,168MWh é de 90%, ou seja, o risco de produção de energia abaixo do valor mínimo acima é bastante reduzido, indicando confiabilidade ao investidor para implementação e operação da planta.

Figura 49 – Modelo nº 1: Energia Produzida por tonelada de RSU

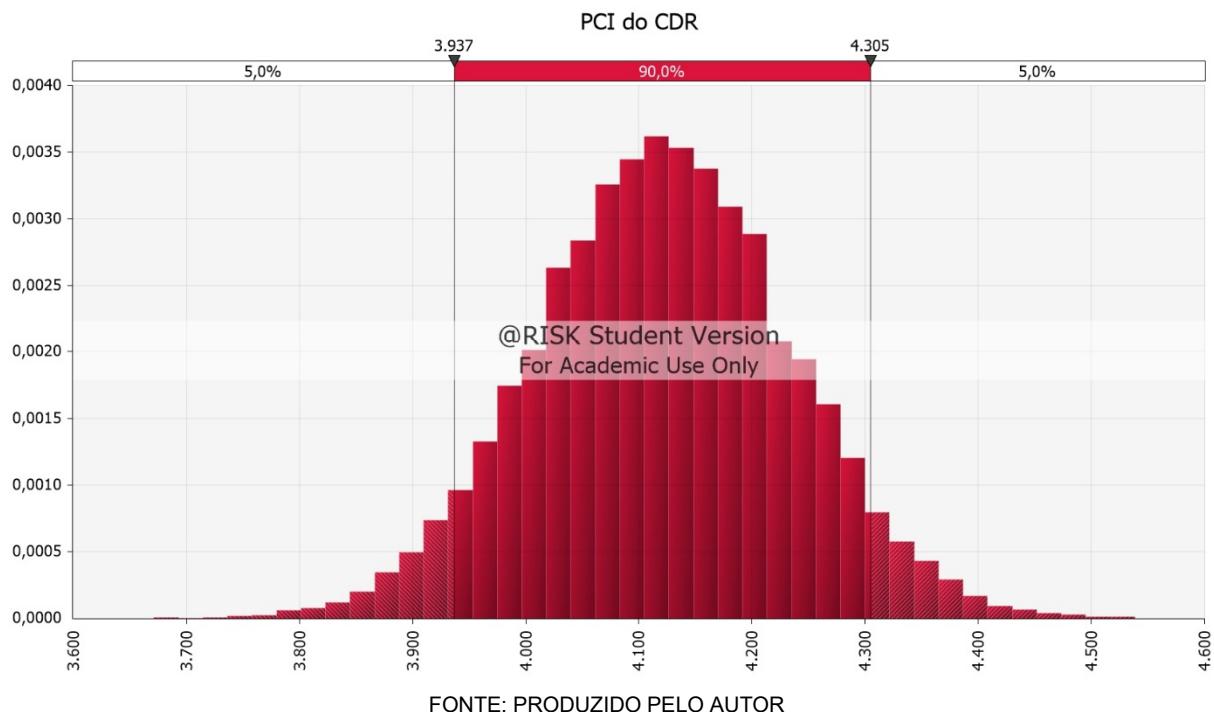


FONTE: PRODUZIDO PELO AUTOR

É possível constatar que a produção de energia do equipamento de gaseificação da Carbogas apresenta 90% de probabilidade de gerar energia elétrica bruta com uma taxa de produção variando de 0,427MWh/ton a 0,666MWh/ton, valores bastante razoáveis considerando todo o tratamento prévio do RSU (transformação em CDR).

Quando analisado o comportamento do PCI dadas as variações das Variáveis de Entrada já apresentadas, temos o que segue:

Figura 50 – Modelo nº 1: PCI do CDR



FONTE: PRODUZIDO PELO AUTOR

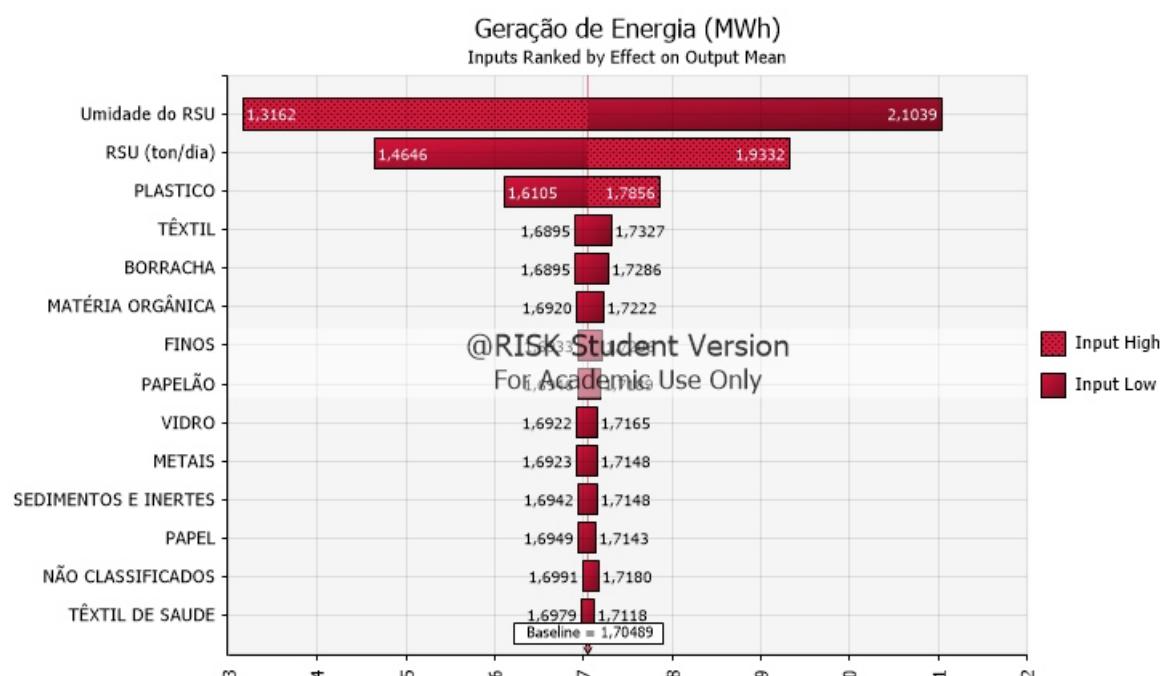
Ainda que variando a composição gravimétrica do RSU da forma já apresentada, conclui-se que o PCI do CDR se manteve em faixa de 90% de probabilidade de apresentar de segura para a produção do gás de síntese pelo gaseificador, segundo o fabricante do equipamento, ou seja, de 3.937 a 4.305 kcal/kg.

Define-se a Análise de Sensibilidade como sendo a avaliação dos resultados obtidos na simulação do modelo (Variáveis de Saída) mediante a alteração das Variáveis de Entrada, permitindo avaliar em que grau uma determinada Variável de Saída variou quando da alteração dos valores de determinadas Variáveis de Entrada e o quanto sensível foram estas variações. Em resumo, significa descobrir o quanto uma Variável de Saída é sensível à variação de uma determinada Variável de Entrada.

Esta análise poderá indicar a necessidade de maior controle sobre uma ou outra Variável de Entrada, reduzindo-se os limites dos parâmetros utilizados, implantando-se sistema auxiliar para controle da mesma.

Após as simulações, apresentamos os seguintes Gráficos de Tornado contendo a análise de sensibilidade do modelo proposto.

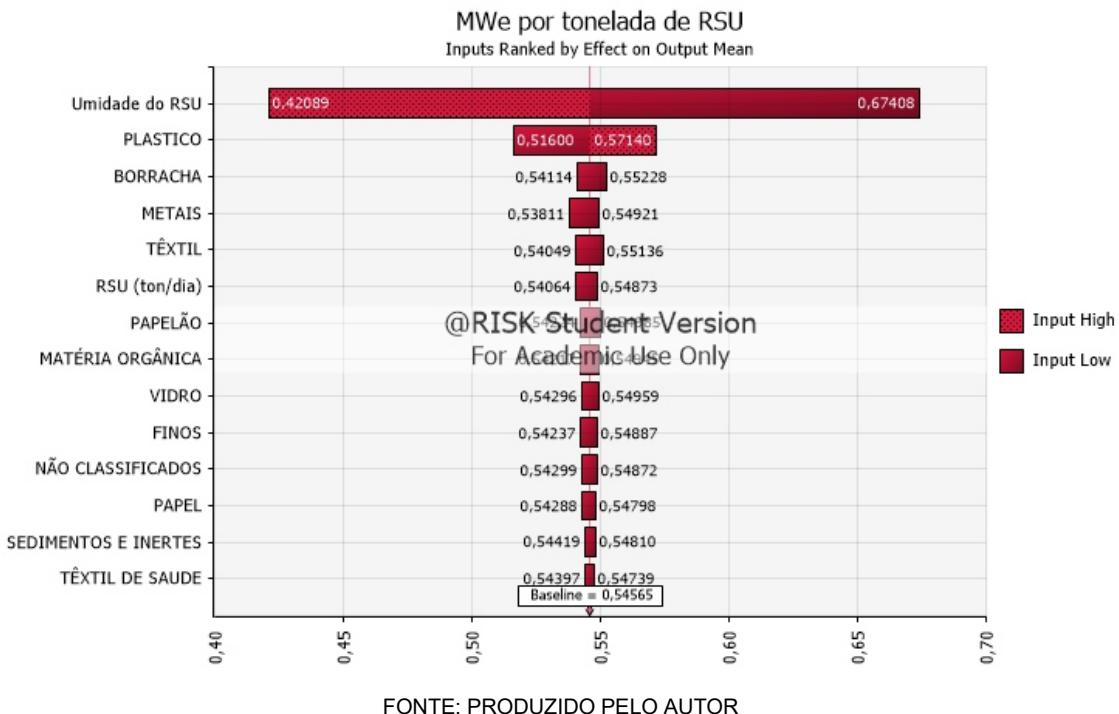
Figura 51 – Gráfico de Tornado 1, Modelo 1: Análise de Sensibilidade da Energia Elétrica Bruta Gerada



FONTE: PRODUZIDO PELO AUTOR

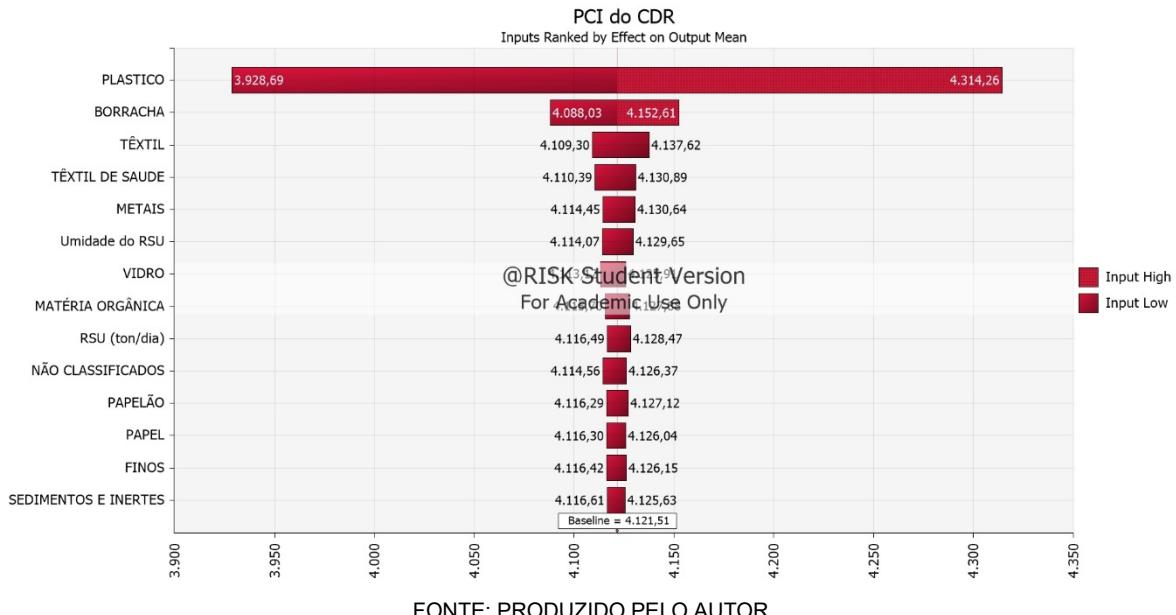
Podemos perceber que a energia elétrica bruta gerada pelo gaseificador é fortemente afetada pela umidade do RSU que é processado na linha de CDR, ou seja, foi variada a umidade do modelo de 40% a 60%, produzindo a variação de 1,3162 a 2,1039MWh. Na sequência, a segunda variável que mais afetou a energia elétrica bruta gerada foi a quantidade de RSU que entra no processo, que variou, neste caso, de 65ton/dia a 85ton/dia, produzindo uma variação da energia gerada de 1,4646 a 1,9332 MWh. Da composição gravimétrica, o componente que maior variação causou na energia gerada foi o plástico, contrariando o que “intuitivamente” poderia ser afirmado – que os materiais orgânicos acarretariam maior influência sobre a energia gerada.

Figura 52 – Gráfico de Tornado 2, Modelo 1: Análise de Sensibilidade da Taxa de Energia Elétrica Bruta Gerada por massa de RSU



Analisando o gráfico anterior, percebe-se que a variável de maior influência na taxa de produção de energia elétrica por massa de RSU novamente foi sua umidade, acarretando uma variação da referida taxa de 0,42 a 0,67MWh/ton, uma variação de mais de 37%.

Figura 53 – Gráfico de Tornado 3, Modelo 1: Análise de Sensibilidade do PCI do CDR

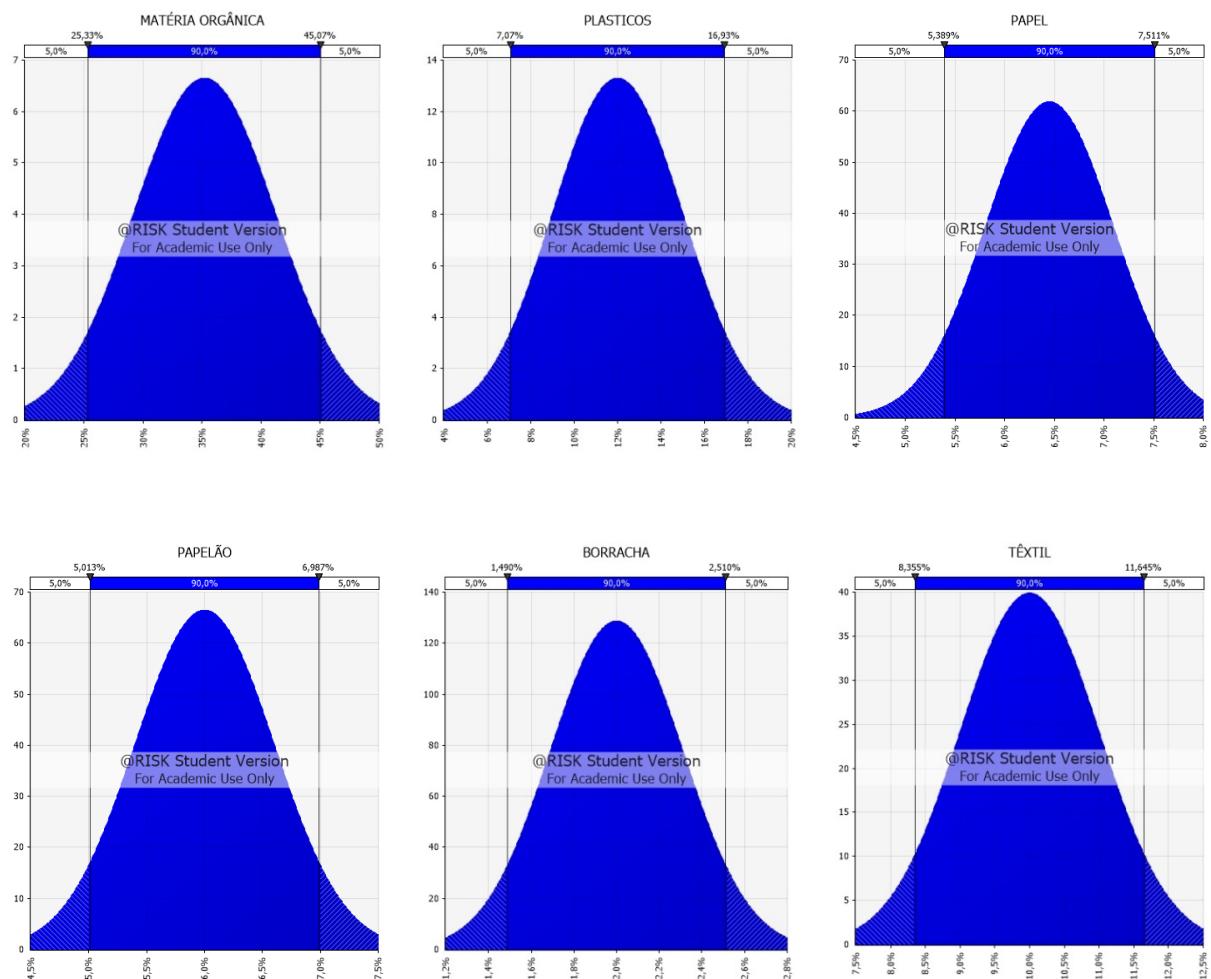


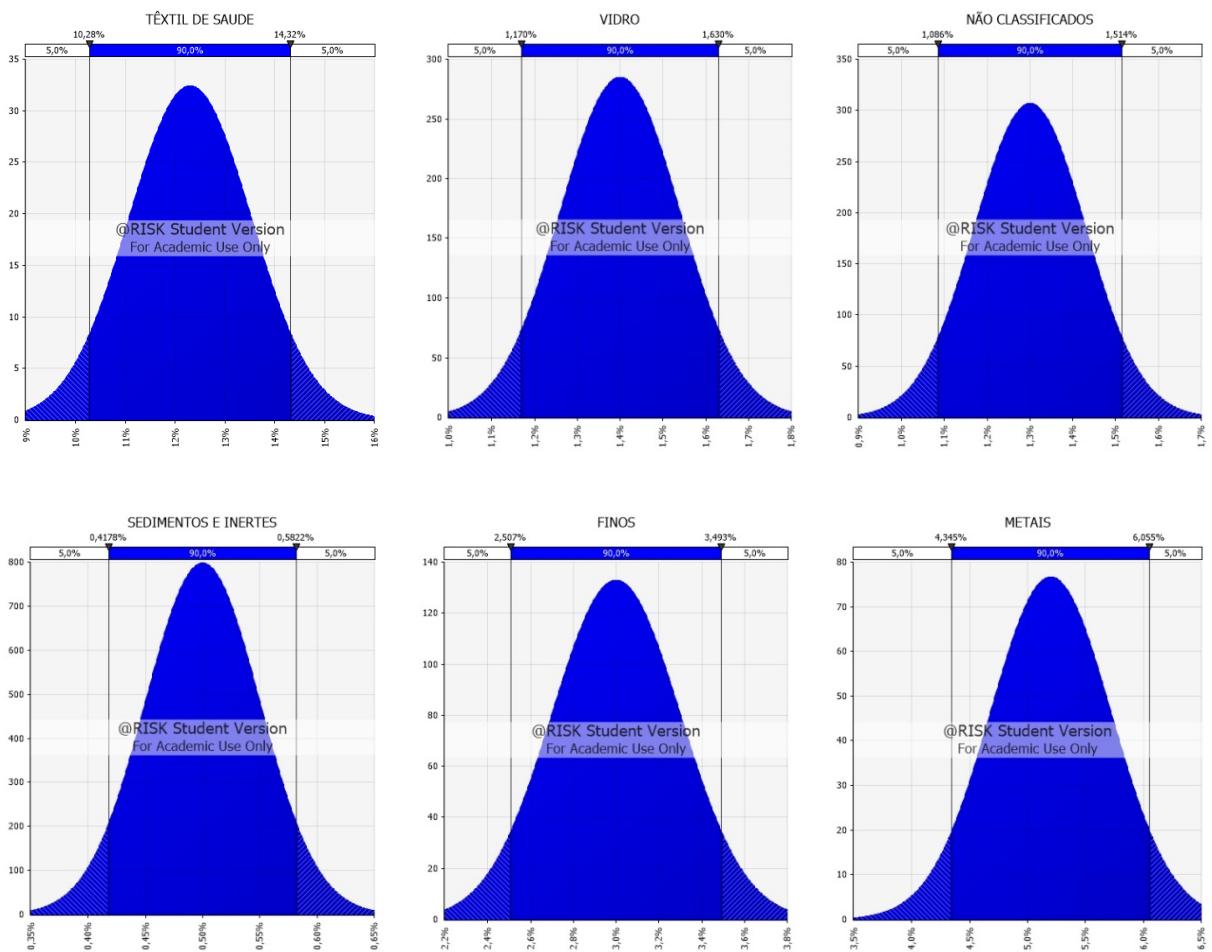
Analisando apenas a influência da composição gravimétrica do RSU no PCI do CDR, pode-se constatar que o componente de maior influência é o plástico, fazendo-o variar de aproximadamente 3,93Mcal/kg a 4,31Mcal/kg, uma variação da ordem de 9%. A variação dos demais componentes nos níveis de variação apresentados anteriormente não acarretaram variações substanciais no PCI do CDR, mantendo-se dentro de faixa bastante estreita.

5.8.2 Modelo de Simulação de Monte Carlo nº2

A Variável de Entrada selecionada no sistema de gaseificação para este modelo foi apenas a composição gravimétrica do RSU. Tanto a umidade do mesmo quanto a quantidade de RSU processada pela linha de CDR foram fixados, neste caso, respectivamente em 50% e 75ton/dia.

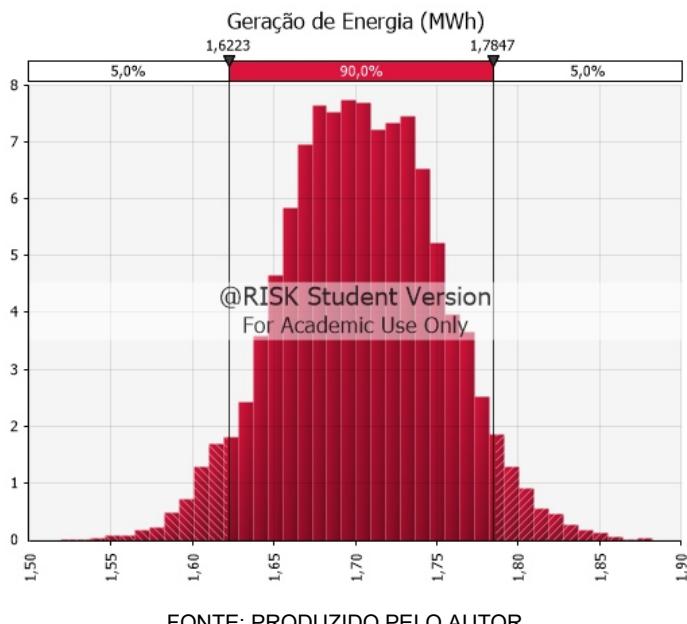
A Composição Gravimétrica foi parametrizada conforme as distribuições e os valores dispostos nos gráficos seguintes.





Novamente foram definidas as seguintes Variáveis de Saída: Energia Elétrica Bruta Gerada, em MWh, Taxa de Energia Elétrica Gerada por massa de RSU (MWh/ton) e PCI do CDR, cujos resultados das simulações (10.000 iterações) são conforme seguem:

Figura 54 – Modelo nº 2: Energia Elétrica Bruta Produzida

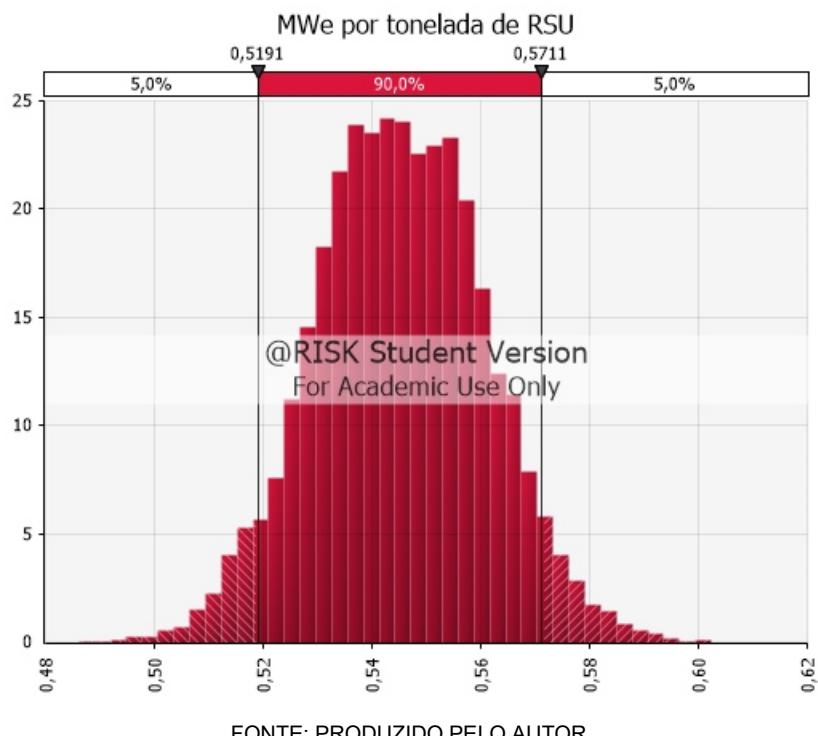


FONTE: PRODUZIDO PELO AUTOR

Pode-se claramente observar que, mantendo a alimentação da linha de CDR com quantidade de RSU constante, fixada em 75ton/dia, e garantindo-se a umidade do RSU na faixa de 50%, a variação da energia elétrica bruta gerada se manteve baixa, da ordem de 9%, garantindo com 90% de probabilidade que permanecerá entre 1,6223MWh e 1,7847MWh.

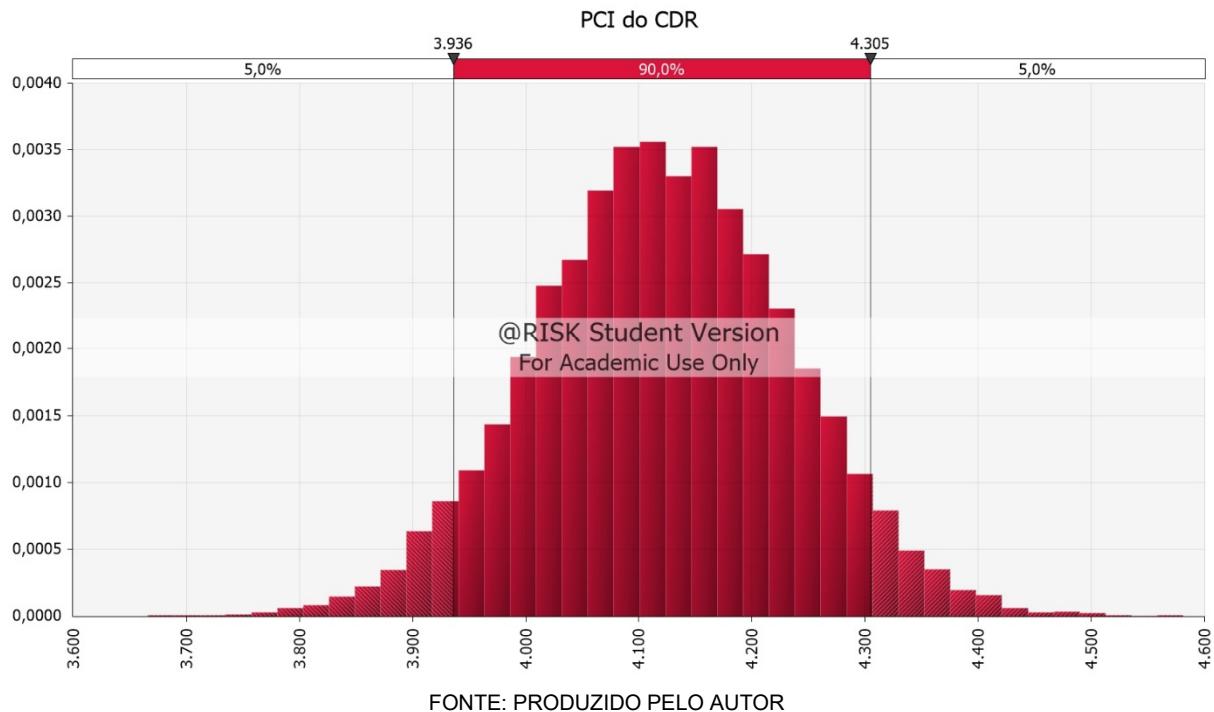
Já a taxa de produção de energia elétrica por tonelada de RSU se manteve com probabilidade de 90% de permanecer na faixa aproximada de 0,52 a 0,57MWh/ton, conforme se observa na figura a seguir.

Figura 55 – Modelo nº 2: Energia Elétrica Produzida por tonelada de RSU



A figura a seguir ilustra o comportamento do PCI do CDR quando da variação da composição gravimétrica do RSU. Deve ser observado que esta simulação se concentra apenas na produção da linha de CDR, antes da entrada no gaseificador.

Figura 56 – Modelo nº 2: PCI do CDR



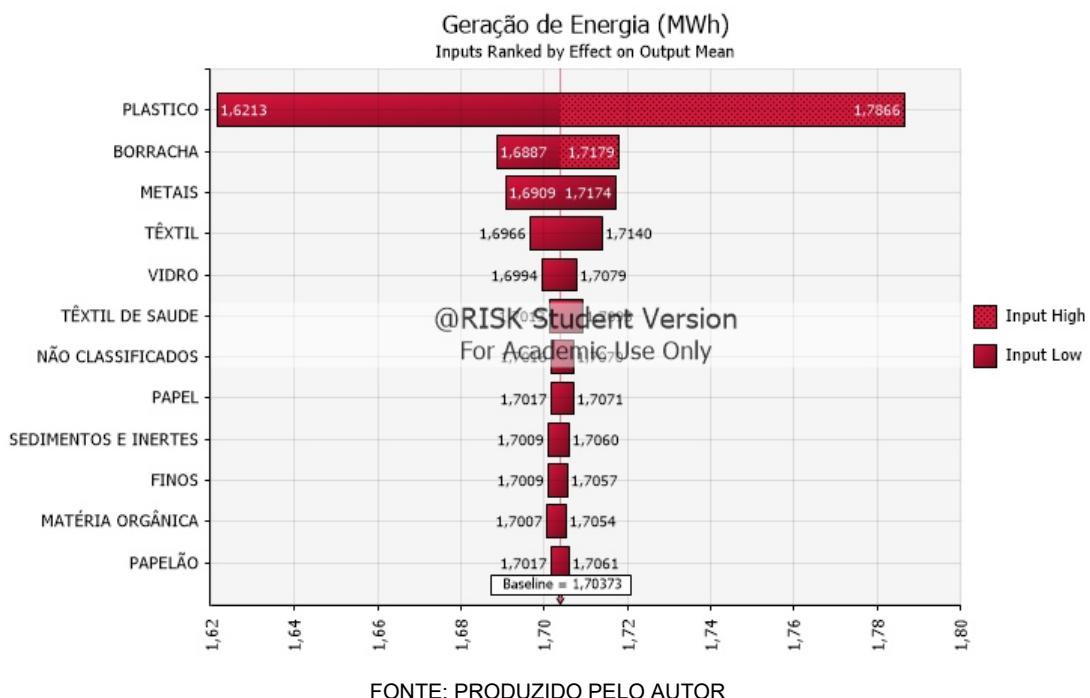
FONTE: PRODUZIDO PELO AUTOR

Novamente pode-se constatar que, com elevada probabilidade (90%), o PCI do CDR se manterá em faixa adequada à entrada do gaseificador, de 3.936 a 4.305kcal/kg.

Quanto à sensibilidade das Variáveis de Saída, temos os seguintes resultados:

Figura 57 – Gráfico de Tornado 1, Modelo 2: Análise de Sensibilidade da Energia

Elétrica Bruta Gerada

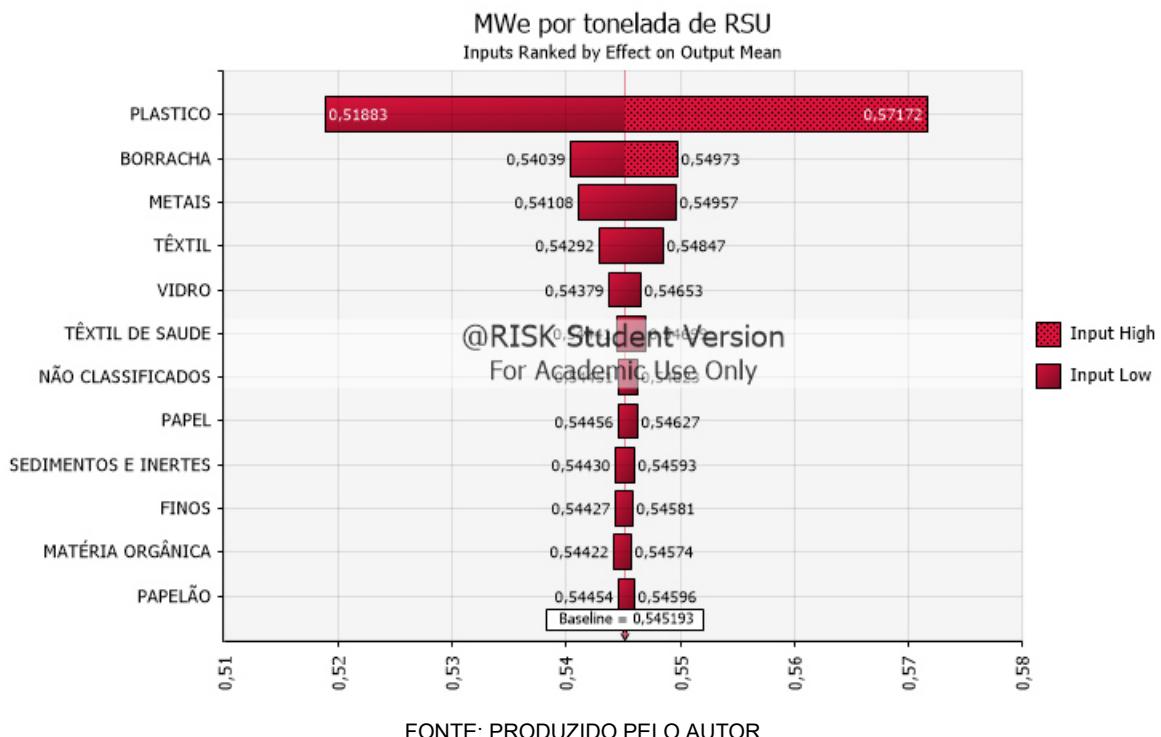


FONTE: PRODUZIDO PELO AUTOR

Da composição gravimétrica, o componente que novamente mais influenciou a produção de energia foi o plástico, ainda assim produzindo variação menor que 10%. Tal situação foi observada em 90% das simulações realizadas pelo software @RISK. Os demais componentes não apresentaram impactos representativos na energia produzida.

O gráfico abaixo representa a sensibilidade da Taxa de Energia Elétrica Bruta Gerada por massa de RSU em relação à variação da composição gravimétrica do RSU. Novamente o indicador de maior influência na referida taxa é o plástico. Cabe ressaltar que o modelo simulou variação do volume do plástico de 7% a 17% do volume total do RSU processado pela linha de CDR. A simulação nesta faixa é bastante adequada, pois cobre ampla gama de composições gravimétricas urbanas no brasil.

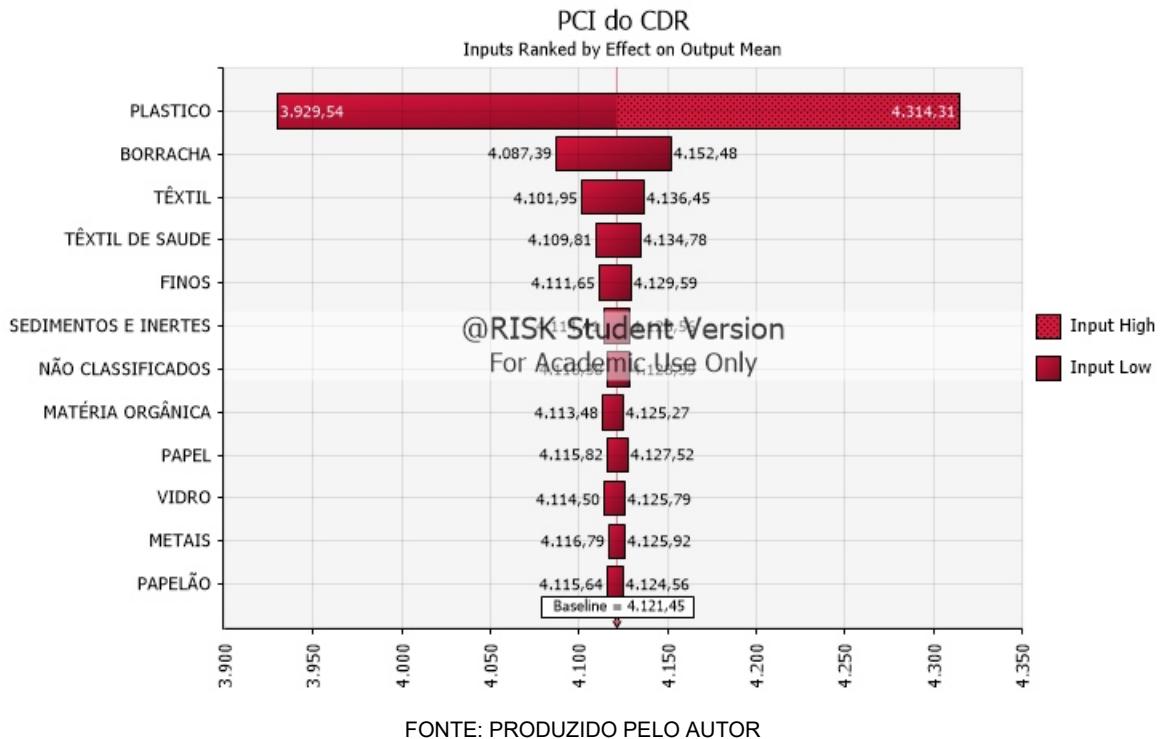
Figura 58 – Gráfico de Tornado 2, Modelo 2: Análise de Sensibilidade da Taxa de Energia Elétrica Bruta Gerada por massa de RSU



FONTE: PRODUZIDO PELO AUTOR

Conforme o gráfico seguinte, o PCI do CDR também demonstrou maior sensibilidade às variações do componente plástico, em 90% dos cenários simulados, apresentando faixa de 3.929kcal/kg a 4.314kcal/kg que, conforme já comentado, se mostra adequada para o processamento do gaseificador.

Figura 59 – Gráfico de Tornado 3, Modelo 2: Análise de Sensibilidade do PCI do CDR



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após as simulações apresentadas, podemos, de forma geral, concluir que:

- o volume de entrada do RSU no processo tem a maior influência na quantidade de energia gerada pelo gaseificador, como já era de se esperar.
- a umidade também representa variável de controle importante; a energia gerada pelo sistema de gaseificação variou de 1,278 MWh a 2,168 MWh com a variação da umidade na faixa de 40% a 60%.
- o item da composição gravimétrica que mais influenciou o resultado da geração de energia elétrica foi o percentual de plásticos presentes no RSU, tanto no modelo 1 quanto no modelo 2. Estas variações foram maiores que a variação da energia elétrica produzida em decorrência da variação do percentual de material orgânico no RSU, indicando que o fato de se processar RSU com elevado percentual de material orgânico acarreta variações da energia elétrica produzida, porém, em níveis moderados, quando comparados exclusivamente

com a umidade do RSU. Tal conclusão indica a necessidade de maior atenção e foco na umidade do RSU, parcialmente por conta do material orgânico lá contido, o que potencializa a umidade geral, porém, não exclusivamente à esta parcela da composição gravimétrica. Como observado no “motor de cálculo” da Carbogas, a linha de produção de CDR é dotada de série de mecanismos e processos com a finalidade de se abater o máximo de umidade na transformação do RSU em CDR, tornando-o um combustível homogêneo e com poder calorífico adequado ao processo da gaseificação.

- d) sobre o funcionamento e rendimento do gaseificador, importante observar que a redução do PCI do CDR não inviabiliza o funcionamento do sistema, apenas acarreta a necessidade de maior massa para o processo, ou seja, a redução do PCI faz com que o sistema de controle acione maior massa na entrada do processo, consumindo maior massa de CDR para produzir a mesma massa de gás de síntese pelo gaseificador¹⁰.

A utilização dos modelos probabilísticos permite verificar com maior clareza fatores podem influenciar o resultado, de forma positiva ou negativa, dando maiores condições de se promover melhorias no processo, quando comparados aos modelos determinísticos, pois ensaiam inúmeros cenários, com infinitos arranjos de parâmetros, neste caso, do sistema de gaseificação como um todo.

A aplicação desta metodologia não se limita à avaliação dos aspectos técnicos do sistema analisado. Pode (e deve) ser aplicada aos parâmetros ambientais diretamente vinculados ao processo de gaseificação de RSU, tais como a geração de resíduos carbonosos e à redução dos valores de emissões de GEE, e aos parâmetros financeiros, tais como rentabilidade do investimento em uma planta de recuperação energética de RSU à gaseificação, à taxa de retorno de projetos desta natureza, ao LCOE (*Levelized Cost of Energy*), parâmetro ampla e mundialmente utilizado para a comparação de custos de produção de energia independentemente da fonte ou combustível primário, etc.

Algumas aplicações no Brasil, que utilizam o processo de Gaseificação de RSU, encontram-se em fase de testes para que, em horizonte relativamente curto, entrem

¹⁰ Informações fornecidas pelo Eng. Luciano Infiesta ao autor em visita à Carbogas (ago.2020).

em operação, apresentando perspectivas positivas para se iniciar produção em escala e disseminação no mercado, mesmo enfrentando série de obstáculos relacionados com a falta de conhecimento dos governantes, dos atuantes no mercado e do público em geral, conflitos de interesse e interferência dos atuais atores do sistema de limpeza pública, falta de investimentos em pesquisa e desenvolvimento no país, falta de base tecnológica e completa engenharia local, falta de forte conexão entre a comunidade técnica e governantes e legisladores, a falta de legislação específica, compatível com as tecnologias atuais e que promovam segurança da população e do meio ambiente, proporcionando crescimento econômico e solução para a problemática dos RSU no país, além da aparente falta de interesse e morosidade dos órgãos legisladores, no desenvolvimento do necessário aparato legal e regulatório.

Todas estas e mais algumas importantes barreiras que enfrenta nosso país, podem ser observadas em diversos países, alguns, inclusive, com melhores condições socioeconômicas que a do Brasil, o que demonstra a complexidade da solução para os problemas relacionados com os RSU – Resíduos Sólidos Urbanos.

7 CONCLUSÕES

As tecnologias WtE apresentam-se bem completas, constituindo um caminho promissor para a solução dos problemas que os resíduos resultantes da elevada atividade humana.

As ações governamentais e legislativas dos últimos anos são imprescindíveis no caminho do desenvolvimento sustentável do país. Percebe-se alinhamento com as tendências mundiais no tratamento das questões dos resíduos e na proteção da saúde do povo e do meio ambiente, necessitando, porém, de maior agilidade e envolvimento nas questões educacionais, financeiras e administrativas, junto aos órgãos executivos, objetivando agilidade na realização dos projetos.

As perspectivas para a aplicação de uma das tecnologias WtE mais promissoras, a Gaseificação à Leito Fluidizado Circulante, na recuperação energética dos RSU – Resíduos Sólidos Urbanos aplicada em municípios ou locais com geração aproximada de 75 toneladas diárias, pois proporcionou resultados mais seguros técnica e ambientalmente, mais viáveis e atrativos economicamente, e, por fim, mais adequados para aplicação no caso em tela e em casos similares, constituindo solução

integrada de série de problemas enfrentados pela maioria dos municípios brasileiros que processem volumes compatíveis com o volume ora em estudo.

Em especial, a aplicação da solução proposta, contextualizada na região de Heliópolis – São Paulo/SP, não somente se apresenta viável mas oferece opção para a descentralização das estações de tratamento e recuperação energética dos RSU, mesma diretiva tomada na área da geração da energia elétrica, com o marco regulatório da Geração Distribuída que, guardando suas diferenças, veio a resolver a problemática da centralização de serviços (no caso, da geração de energia elétrica *versus* destinação final dos RSU). Nas grandes capitais e regiões metropolitanas, soluções descentralizadas desta natureza devem ser estudadas pelos principais atores de forma mais aprofundada, pois parecem funcionar com maior eficiência, menor LCOE, baixo impacto ambiental, e prazos razoáveis para implantação.

8 RECOMENDAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Como proposta para futuros trabalhos, pode-se sugerir os seguintes tópicos para estudo aprofundado:

- a) análise do range de variação do PCI e da Composição Gravimétrica do RSU coletado diretamente de amostras da região de Heliópolis, a fim de se determinar o grau de influência no PCI do gás de síntese produzido e consequente variação na eficiência térmica e elétrica do sistema em regime de Cogeração Qualificada de Energia;
- b) aumentar o conhecimento das reações parciais que ocorrem no reator, no processo da gaseificação, visando melhor controle e aumento da eficiência do processo;
- c) produção de combustíveis através de processo Fisher-Tropsch utilizando o gás de síntese produzido pela gaseificação de RSU.

REFERÊNCIAS

- 1º Inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários, MMA, 2011.
- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018/2019**, 2019. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/download-panorama-2018-2019/>. Acesso em 14 jun. 2020.
- AGECC – The UN Secretary-General's Advisory Group on Energy and Climate Change. **Energy for Sustainable Future – Report and Recommendations**. 2010.
- AMLURB. **Coleta Resíduos Sólidos Urbanos**. Em: http://dados.prefeitura.sp.gov.br/pt_PT/dataset/coleta-de-Resíduos-Sólidos-urbanos. Acesso em 14 jun. 2020.
- ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em <https://www.aneel.gov.br/siga>. Acesso em 14 jun. 2020.
- ANEEL, **Memória da 9ª Reunião Pública Ordinária da Diretoria de 2013**. Resolução Autorizativa Nº 4.002/2013. Processo 48500.005682/2012-84. Assunto: Autorização para a empresa Foxx URE-BA Ambiental Ltda. implantar e explorar, sob o regime de Produção Independente de Energia Elétrica – PIE, a Usina Termelétrica – UTE Barueri. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias_area/dsp_detalheNoticia.cfm?idNoticia=6620&idAreaNoticia=425. Acesso em 18 ago. 2020.
- ANEEL. **Sistema de Informações de Geração da ANEEL – SIGA**. Usinas e Agentes de Geração por fonte e origem de combustível. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjIiLWJYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2liwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSlslmMiOjR9>. Acesso em 19 ago. 2020.
- ANEEL. **Unidades Consumidoras com Geração Distribuída**. Informações compiladas e mapa. 2020. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZjM4NjM0OWYtN2IwZS00YjViLTlIImItN2E5MzBkN2ZIMzVzklwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSlslmMiOjR9>. Acesso em 19 ago. 2020.
- Awulachew, Melaku Tafese. 2019. **Energy Recovery from Solid Waste for Nazareth/Adama City**, Ethiopia. Em: International Journal of Energy and Environmental Science, v. 4, n.3, p.35-46, 2019. Disponível em: <https://doi: 10.11648/i.ijees.20190403.11>. Acesso em 28, jun. 2020.
- Brasil. Lei Federal 12305, de 02 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**.
- Brasil. Portaria Interministerial 274, de 30 de abril de 2019. Disciplina a recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos [...].
- Buranello, Leonardo Parente. **RES: Waste to Energy - Gaseificadores WEG**. Destinatário: Durval Maluf Filho. São Paulo, 2 abr. 2020. 2 arquivos "APRESENTAÇÃO URE WEG - 05 de fevereiro.pdf" e "URE - Gaseificação (WEG - 144 ton dia de RSU)"
- BW Talks: Waste to Energy**. Programa BW Expo, Summit e Digital. Produção SOBRATEMA. Webinar ao vivo. Apresentação de Sistema de Gaseificação em Leito Fluidizado Circulante de RSU pela Catavolts Delta H Desenvolvimentos Tecnológicos Ltda. 2020. Gravação Canal Youtube. (129 min), Trecho 01:00:00 a 01:19:46. son. color. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=d6g6LkFW-1c&feature=youtu.be&utm_source=akna&utm_medium=email&utm_campaign=Webinar-BW-Dia-04-06-Convite-YouTube. Acesso em 19 ago. 2020.

BW Talks: Waste to Energy. Programa BW Expo, Summit e Digital. Produção SOBRATEMA. Webinar ao vivo. Pioneirismo brasileiro no desenvolvimento de usinas de pirólise e gaseificação. Gravação Canal Youtube. (129 min), Trecho 01:00:00 a 01:19:46. son. color. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=d6g6LkFW-1c&feature=youtu.be&utm_source=akna&utm_medium=email&utm_campaign=Webinar-BW-Dia-04-06-Convite-YouTube. Acesso em 19 ago. 2020.

CADES IP - Conselho Regional de Meio Ambiente, Desenvolvimento Sustentável e Cultura de Paz do Ipiranga, Atas de Reuniões. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/ibiranga/cades_ip/index.php?p=32357#. Acesso em 14 jun. 2020.

CALVE, Lucas Hamilton. **Potencial de produção de energia a partir de RSU em SP.** 2016. Monografia (Pós-graduação – Programa de Educação Continuada de Engenharia - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos 2018, 2018. Disponível em <https://cetesb.sp.gov.br/ResíduosSólidos/wp-content/uploads/sites/26/2019/06/Inventário-Estadual-de-Resíduos-Sólidos-Urbanos-2018.pdf>. Acesso em 14 jun. 2020.

Coelho, Suan T., 2019. **Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos.** PECE – Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da USP – Curso de Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética. Matéria ERG-012 – Uso de biomassa, biodigestores e biogás. São Paulo. 2019.

COELHO, Suan T.; Pereira, Alessandro; Mani, Shyamala; Bouille, Daniel; Stafford, William; Recalde, Marina; Savino, Atilio. 2020. **Municipal Solid Waste Energy Conversion in Developing Countries.** 1st Edition.

CPEA – Consultoria, Planejamento e Estudos Ambientais Ltda., 2019. **Relatório de impacto ambiental – RIMA 224/2019 – Usina de recuperação energética – URE Mauá.** Lara Central de Tratamento de Resíduos LTDA. Mauá. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/eiarima/rima/RIMA_224_2019.pdf. Acesso em 18 ago. 2020.

ELB – Energia Limpa do Brasil, RELATÓRIO DE TESTES DO EQUIPAMENTO E DE EMISSÕES DO GASEIFICADOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, 2018. Curitiba/PR.

ENGIRSU, 2016. **Estrategia Nacional Para La Gestión Integral de Resíduos Sólidos Urbanos: ENGIRSU.** Mapas Críticos Gestión de Resíduos. República Argentina, Ministerio de Salud y Ambiente, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Marzo.

EPE – Empresa de Pesquisas Energéticas. Inventário Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos (Nota técnica DEA 18/14), 2014. Disponível em [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-251/topico-311/DEA%2018%20-%20%20Inventário%20Energético%20de%20Resíduos%20Sólidos%20Urbanos\[1\].pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-251/topico-311/DEA%2018%20-%20%20Inventário%20Energético%20de%20Resíduos%20Sólidos%20Urbanos[1].pdf). Acesso em 14 jun. 2020.

Eurostat. Estatísticas de Resíduos. Geração de Resíduos, 2016. **Statistics Explained**, Bruxelas, 2020. Disponível em: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics#Total_waste_generation. Acesso em 18 ago. 2020.

Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), 2010. Estudo do estado da arte e análise de viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação de uma usina de tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos com geração de energia elétrica no estado de Minas Gerais: Relatório 1. 2. ed. Belo Horizonte – Minas Gerais.

GBIO – Grupo de Pesquisa em Bioenergia. IEE – Instituto de Energia e Ambiente. Universidade de São Paulo. **Comparação entre Tecnologias de Gaseificação de Biomassa Existentes no Brasil e no Exterior e Formação de Recursos Humanos na Região Norte.** [entre 2002 e 2005]. Disponível em: <http://qbio.webhostusp.sti.usp.br/?q=pt-br/compara%C3%A7%C3%A3o-entre-tecnologias-de-gaseifica%C3%A7%C3%A3o-de-biomassa-existentes-no-brasil-e-no-exterior-e>

GRYNWALD, Sami. **Barreiras e facilitadores para o planejamento e implantação de usina de recuperação de energia de resíduos sólidos urbanos.** 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

Holding Ambiental, **Plano de Trabalho – Sistema de Processamento e Aproveitamento de Resíduos e Unidade de Recuperação de Energia (SPAR-URE) São Bernardo do Campo.** Processo CETESB 230/2010. Consulta ao processo físico da CETESB realizada pelo autor em 24 nov. 2019.

Hoornweg, D., Bhada-Tata, P., 2012a. What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management. Urban Development Series Knowledge Papers. World Bank, Washington, DC.

Hoornweg, D., Bhada-Tata, P., 2012b. A Global Review of Solid Waste Management. Urban Development. Series Knowledge Papers. World Bank, pp. 1–116.

Hoornweg, D., Bhada-Tata, P., Kennedy, C., 2015. Peak waste: when is it likely to occur? J. Ind. Ecol. 19 (1), 117–128. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jiec.12165>. Acesso em 28, jun. 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. **Tabela 1.4 - População nos Censos Demográficos, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação - 1872/2010.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=resultados>. Acesso em 14 jun. 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. **Tabela 1.6 - População nos Censos Demográficos, segundo os municípios das capitais - 1872/2010.** Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=resultados>. Acesso em 14 jun. 2020.

IBGE, 2019. **Estimativas da população enviadas ao TCU.** Tabelas de estimativas para 1º de julho de 2019, atualizadas e enviadas ao TCU após a publicação no DOU. 2019. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>. Acesso em 19 ago. 2020.

Indian Census, 2011. Important Facts PDF Download–Census 2011 pdf. <https://www.studyhaba.com/indian-census-2011-important-facts-pdf-download/>. Acesso em 28 jul. 2020.

INFESTA, Luciano. **Gaseificação de Resíduos sólidos urbanos RSU no Vale do Paranapanema – Projeto CIVAP.** 2015. Monografia (Pós-graduação – Programa de Educação Continuada de Engenharia - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

Iniciativas em RSU do Estado de SP. Produção do Comitê de Integração de Resíduos Sólidos – CIRS. São Paulo, 2020. Webinar de 2h12min transmitido ao vivo e gravado. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Q4pPomdgssg>. Acesso em 02 agosto. 2020.

IRENA – International Renewable Energy Agency. Country Rankings – RSU – Urban Solid Waste. 2020. Disponível em: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Country-Rankings>. Acesso em 14 jun. 2020.

IRENA Statistics. Disponível em: <https://public.tableau.com/profile/irena.resource#!/vizhome/IRENAREsourceRenewableEnergyRankings/Rankings>. Acesso em 27 jul. 2020.

Jazib Ali; Tahir Rasheed; Mutayyab Afreen; Muhammad Tauqeer Anwar; Zahid Nawaz; Hafeez Anwar; Komal Rizwan. **Modalities for conversion of waste to energy – Challenges and perspectives.** 2020. *Science of Total Environment*, Elsevier B.V.. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138610>. Acesso em 14 jun. 2020.

LOPES, Evandro José. **Desenvolvimento de sistema de gaseificação via análise de emissões atmosféricas.** 2014. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

Mankiw, N. Gregory. 2009. **Principles of economics.** Cengage Learning, 2009.

MARTINS, Sebastião. 2019. **Gaseificação – Usina de Recuperação Energética (URE – WtE). Geração de energia elétrica a partir do RSU de modelo – Potência de 2,52MW.** Belo Horizonte, MG.

Matriz Energética do Estado de São Paulo – 2035, 2011. Em: https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/sp_matriz.pdf

MICHAELS, Ted; KRISHNAN, Karunnya. 2018. **The List of Waste-to-Energy Facilities in the World.** Energy Recovery Council Disponível em: <http://energyrecoverycouncil.org/wp-content/uploads/2019/10/ERC-2018-directory.pdf>. Acesso em 14 jun. 2020.

Ministry of Science and Technology of Viet Nam, 2019. Producing non-fired bricks from ash and slag makes double benefits. Publicado em 30/12/2019. Disponível em: <https://www.most.gov.vn/en/Pages/Detailnews.aspx?IDNews=731&tieude=producing-non-fired-bricks-from-ash-and-slag-makes-double-benefits.aspx>. Acesso em 30 jul. 2020.

MIRANDA, L. Henrique T. Gonçalvez. **Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos: estudo de caso no município de Itanhaém-SP.** 2015. Monografia (Pós-graduação – Programa de Educação Continuada de Engenharia - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

MOREIRA, Felipe de Freitas. **Heliópolis e as estratégias de enfrentamento da cidade real.** 2017. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

OLADE, 2017. Anuario de 2017. **Estadísticas Energéticas.** OLADE, Quito, Ecuador.

ONG, Hwai Chyuan; Chen, Wei-Hsin; Farooq, Abid; Gan, Yong Yang; Lee, Keat Teong; Ashokkumar, Veeramuthu. 2019. **Catalytic thermochemical conversion of biomass for biofuel production: A comprehensive review.** Em: Renewable and Sustainable Energy Reviews. v.113, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109266>. Acesso em 5 ago. 2020.

ONS – Operador Nacional do Sistema. Balanço de Energia. **Mapa de importação/exportação de energia das regiões do Brasil no SIN.** 2020. Informações em tempo real. Disponível em <http://www.ons.org.br/paginas/energia-agora/balanco-de-energia>. Acesso em 14 jun. 2020.

Plano de resíduos sólidos do estado de São Paulo [recurso eletrônico] / Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, Coordenadoria de Planejamento Ambiental, CETESB; Autores André Luiz Fernandes Simas ... [et al.]; Organizadores André Luiz Fernandes Simas, Zuleica Maria de Lisboa Perez. – 1ª ed. – São Paulo: SMA, 2014. 1 arquivo de texto (350 p.): il. color., PDF; 160 MB

PMI – Project Management Institute, **PMBOK® - Project Management Body of Knowledge Guide**, Sexta edição. Newtown Square, PA, USA. Project Management Institute, 2017.

PMSP – Prefeitura do Município de São Paulo, Subprefeitura do Ipiranga. **Relatório de Gestão da Subprefeitura do Ipiranga, 2017.** Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/ibiranga/noticias/?p=79747>. Acesso em 14 jun. 2020.

Portal de Notícias do Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. **Unidade de Recuperação Energética em Mauá tem parecer favorável para implantação.** Disponível em: <https://www.saopaulo.sp.gov.br/ultimas-noticias/unidade-de-recuperacao-energetica-em-maua-tem-parecer-favoravel-para-implantacao/>. Acesso em 18 ago. 2020.

Projeto Boa Esperança - Usina de Recuperação Energética do Lixo. Vídeo sobre o projeto da Usina Termoquímica de Geração Elétrica a partir de resíduos sólidos urbanos, promovidos em parceria com Carbogas Energia, Furnas e Prefeitura de Boa Esperança, 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ggLNDnhI0dl>. Acesso em 04 agosto.2020.

REN21, 2018. Global Status Report Renewables 2018 Global Status Report. Paris. Em: http://www.ren21.net/gsr-2018/chapters/chapter_03/chapter_03/

RIMA 224/2019 – Relatório de Impacto Ambiental – URE Mauá, 2019. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/eiarima/rima/RIMA_224_2019.pdf. Acesso em 02 agosto. 2020.

S.M. Loureiro, E.L.L. Rovere, C.F. Mahler, 2013. Analysis of potential for reducing emissions of greenhouse gases in municipal solid waste in Brazil, in the state and city of Rio de Janeiro. Em: Science of Total Environment, Elsevier B.V.. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.01.024>. Acesso em 14 jun. 2020.

São Paulo. Decreto Municipal 54991, de 02 de abril de 2014. **PGIRS - Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de São Paulo.**

São Paulo. Lei Estadual nº12.300, de 12 de março de 2006. Política Estadual de Resíduos Sólidos.

São Paulo. Lei Municipal 13478, de 30 de dezembro de 2002. **Sistema de Limpeza Urbana do Município de São Paulo.**

São Paulo. Lei Municipal 16050, de 31 de julho de 2014. **Plano Diretor Estratégico – Política de Desenvolvimento Urbano.**

Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente do Município de São Paulo. Em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/pmma/index.php?p=191882

Silpa Kaza, Lisa Yao, Perinaz Bhada-Tata, and Frank Van Woerden, 2018. What a Waste 2.0 - A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. International Bank for Reconstruction and Development. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317> . Acesso em 27 jul. 2020.

Silpa Kaza, Lisa Yao, Perinaz Bhada-Tata, Frank Van Woerden, 2018. What a Waste 2.0 - A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050, 2018. International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317> . Acesso em 28, jun. 2020.

SOARES, Daniel Henrique. **Gaseificação de biomassa de médio e grande porte para geração de eletricidade: uma análise da situação atual no mundo.** 2012. Monografia (Pós-graduação – Programa de Educação Continuada de Engenharia - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

Solid Waste Management and Recycling Technology of Japan – Toward a Sustainable Society Toward a Sustainable Society, 2012. Ministry of the Environment of Japan. Disponível em: <http://www.env.go.jp/en/recycle/smcs/attach/swmrt.pdf> . Acesso em 31 jul. 2020.

Tarek A.Hamad; Abdulhakim A.Agli; Yousif M.Hamad; John W.Sheffield. Solid waste as renewable source of energy: current and future possibility in Libya. 2014. **Science of Total Environment**, Elsevier B.V.. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2014.09.004> . Acesso em 14 jun. 2020.

The World Bank, 2015. **Anual Report 2015.** Arquivo eletrônico WBAnnualReport2015EN.pdf. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/about/annual-report-2015> . Acesso em 18 ago. 2020.

THE WORLD BANK. Decision Maker's Guide to Municipal Solid Waste Incineration. Washington - DC, 1999.

TSUYAMA, Marco Cardoso. **Regulação em aproveitamento energético de resíduos: proposições para o Brasil com base no estudo de caso sueco.** 2019. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

UNEP (United Nations Environment Programme), 2004. **State of Waste Management in South East Asia.** Disponível em: <http://www.aseansec.org/files.unep.pdf>

United Nations Development Programmè, **Human Development Reports**, Human Development Index (IDH) Disponível em: <http://hdr.undp.org/en/content/human-development-index-hdi>. Acesso em 18 ago. 2020.

WASTE MANAGEMENT IN ASEAN COUNTRIES SUMMARY REPORT, 2017. RRC.AP – Regional Resource Centre for Asia and the Pacific. Disponível em: <http://www.rrcap.ait.asia/Publications/Waste%20Management%20in%20ASEAN%20Countries%20Summary%20Report.pdf> Acesso em 28 jul. 2020.

**ANEXO A Prefeitura de São Paulo – Sistema Eletrônico de Informação ao
Cidadão (e-SIC). Protocolo 043916.**

Sistema Eletrônico de Informação ao Cidadão - e-SIC

Menu

- [Início](#)
- [Registrar Pedido](#)
- [Consultar Pedido](#)
- [Dados Cadastrais](#)
- [Sair](#)

Pedido

Detalhes do pedido

Protocolo:	043916
Interessado:	Durval Maluf Filho
Data de abertura:	20/11/2019
Órgão:	AMLURB - Autoridade Municipal de Limpeza Urbana
Forma de recebimento da resposta:	E-mail
Descrição da solicitação:	Procuro dados da coleta de resíduos sólidos de Heliópolis contendo volumes, tipo de coleta, região abrangente, rotas das coletas, local de destinação, frequência e responsáveis

Resposta do recurso 2ª Instância

Data da Resposta: 20/01/2020

Resposta:

Boa tarde, Prezado Município Em atenção a vossa solicitação informamos: A coleta, transporte, tratamento e destinação dos resíduos: Domiciliares, Resíduos de Saúde e Resíduos Recicláveis são realizados pelas Concessionárias Loga - Logística Ambiental de São Paulo S.A., responsável pela prestação dos serviços divisíveis no agrupamento Noroeste (Centro, Norte e Oeste) e a Concessionária Ecourbis Ambiental S.A., responsável pelo agrupamento Sudeste (Sul e Leste). As coletas são realizadas e contabilizadas no sistema SISCOR da PMSP levando em conta os perímetros estabelecidos por Subprefeituras, neste caso a SubPrefeitura de Ipiranga - IP Frequência de Coleta Domiciliar em Heliópolis: Setor IP01 – Diária Diurna Setores IP 02/03/04/05/06 – Segunda/Quarta/Sexta Diurna Frequência de Coleta Seletiva em Heliópolis: Setores IP02/03 – Terça/Quinta – Diurna Local de Destinação dos Resíduos Domiciliares: Transbordo Vergueiro, depois são destinados ao aterro CTL Local de Destinação dos Resíduos Recicláveis: Cooperativa ou Central Mecanizada de Triagem Carolina Maria de Jesus Responsável: CONCESSIONARIA ECOURBIS AMBIENTAL Att, AMLURB

Anexos

Situação

Situação: Finalizado
 Prazo de atendimento: 10/12/2019

Histórico

Data	Situação	Justificativa	Responsável
20/11/2019	Em tramitação	Pedido Registrado no Sistema	
21/12/2019	Recurso de Ofício	Recurso de Ofício – pedido sem resposta	
21/12/2019	2 ^a instância em tramitação	Recurso de Ofício – 2. Instância - automático	
20/01/2020	2 ^a instância deferida	<p>Boa tarde, Prezado Município Em atenção a vossa solicitação informamos: A coleta, transporte, tratamento e destinação dos resíduos: Domiciliares, Resíduos de Saúde e Resíduos Recicláveis são realizados pelas Concessionárias Loga - Logística Ambiental de São Paulo S.A., responsável pela prestação dos serviços divisíveis no agrupamento Noroeste (Centro, Norte e Oeste) e a Concessionária Ecurbis Ambiental S.A., responsável pelo agrupamento Sudeste (Sul e Leste). As coletas são realizadas e contabilizadas no sistema SISCOR da PMSP levando em conta os perímetros estabelecidos por Subprefeituras, neste caso a SubPrefeitura de Ipiranga - IP</p> <p>Frequência de Coleta Domiciliar em Heliópolis: Setor IP01 – Diária Diurna Setores IP 02/03/04/05/06 – Segunda/Quarta/Sexta Diurna Frequência de Coleta Seletiva em Heliópolis: Setores IP02/03 – Terça/Quinta – Diurna Local de Destinação dos Resíduos Domiciliares: Transbordo Vergueiro, depois são destinados ao aterro CTL Local de Destinação dos Resíduos Recicláveis: Cooperativa ou Central Mecanizada de Triagem Carolina Maria de Jesus Responsável: CONCESSIONARIA ECOURBIS AMBIENTAL Att, AMLURB</p>	David Tegangno
31/01/2020	Finalizado	Finalizado	

[Voltar](#)

**ANEXO B Prefeitura de São Paulo – Sistema Eletrônico de Informação ao
Cidadão (e-SIC). Protocolo 046042.**

Sistema Eletrônico de Informação ao Cidadão - e-SIC

Menu

- [Início](#)
- [Registrar Pedido](#)
- [Consultar Pedido](#)
- [Dados Cadastrais](#)
- [Sair](#)

Pedido

Detalhes do pedido

Protocolo:	046042
Interessado:	Durval Maluf Filho
Data de abertura:	29/02/2020
Órgão:	AMLURB - Autoridade Municipal de Limpeza Urbana
Forma de recebimento da resposta:	E-mail

Em 20/11/19 registrei a seguinte pergunta: Procuro dados da coleta de resíduos sólidos de Heliópolis contendo volumes, tipo de coleta, região abrangente, rotas das coletas, local de destino, frequência e responsáveis. PROTOCOLO: 043916 Obtive a seguinte resposta: Boa tarde, Prezado Município Em atenção a vossa solicitação informamos: A coleta, transporte, tratamento e destinação dos resíduos: Domiciliares, Resíduos de Saúde e Resíduos Recicláveis são realizados pelas Concessionárias Loga - Logística Ambiental de São Paulo S.A., responsável pela prestação dos serviços divisíveis no agrupamento Noroeste (Centro, Norte e Oeste) e a Concessionária Ecourbis Ambiental S.A., responsável pelo agrupamento Sudeste (Sul e Leste). As coletas são realizadas e contabilizadas no sistema SISCOR da PMSP levando em conta os perímetros estabelecidos por Subprefeituras, neste caso a SubPrefeitura de Ipiranga - IP Frequência de Coleta Domiciliar em Heliópolis: Setor IP01 – Diária Diurna Setores IP 02/03/04/05/06 – Segunda/Quarta/Sexta Diurna Frequência de Coleta Seletiva em Heliópolis: Setores IP02/03 – Terça/Quinta – Diurna Local de Destinação dos Resíduos Domiciliares: Transbordo Vergueiro, depois são destinados ao aterro CTL Local de Destinação dos Resíduos Recicláveis: Cooperativa ou Central Mecanizada de Triagem Carolina Maria de Jesus Responsável: CONCESSIONARIA ECOURBIS AMBIENTAL Att, AMLURB Onde estão os dados que eu solicitei?? O tal sistema SISCOR não existe ou não é acessível pelo Município. Quero obter os dados que solicitei, afinal, qual é a transparéncia se o município não consegue conhcece os volumes de cada tipo de resíduo e o tratamento que está sendo dado a cada um, de cada região?

Resposta do recurso 2ª Instância

Data da Resposta:	22/04/2020
-------------------	------------

Resposta:

Prezado(a) Município, Atendendo vossa solicitação e em cumprimento ao Decreto nº 53.623 de 12 de dezembro de 2012, que regulamenta a Lei Federal nº 12.527 de 18 de novembro de 2011, encaminhamos o presente com as respostas aos questionamentos, informados e validados pela área responsável: A Autoridade Municipal de Limpeza Urbana (Amlurb) informa que a região de heliópolis possui dois tipos de coleta domiciliar. Uma delas é realizada por uma equipe com três coletores, um motorista e caminhões compactadores. Essa equipe é dividida por cinco setores que coletam em média 62.600 kg de resíduos domiciliares. Quatro setores possuem frequência de coleta às segundas, quartas e sextas-feiras, no período diurno, enquanto um setor coleta de segunda à sábado, no período diurno. Já a outra coleta é realizada por 44 agentes ambientais que percorrem os locais que não possuem acesso aos veículos coletores. Os agentes equipados com um contêiner de duas rodas com capacidade de 240 litros de capacidade volumétrica fazem a coleta porta a porta e transportam esses resíduos até o local que dá acesso ao caminhão coletor. Em média, cerca de 10.500 kg de resíduos é coletado e encaminhado para o aterro Sanitário CTL. Seguem anexos os arquivos com as rotas de coleta na região.

Atenciosamente, AMLURB

Anexos

Nome Arquivo	Dt. Upload	
46042_MAPA AJUSTADO IP03.PDF	22/04/2020 17:28:14	Visualizar
46042_ROTA AJUSTADA IP01.PDF	22/04/2020 17:29:50	Visualizar
46042_ROTA AJUSTADA IP02.PDF	22/04/2020 17:30:22	Visualizar
46042_ROTA AJUSTADA IP04.PDF	22/04/2020 17:30:44	Visualizar
46042_ROTA AJUSTADA IP05.PDF	22/04/2020 17:31:24	Visualizar

Situação

Situação:	Finalizado
Prazo de atendimento:	20/03/2020

Histórico

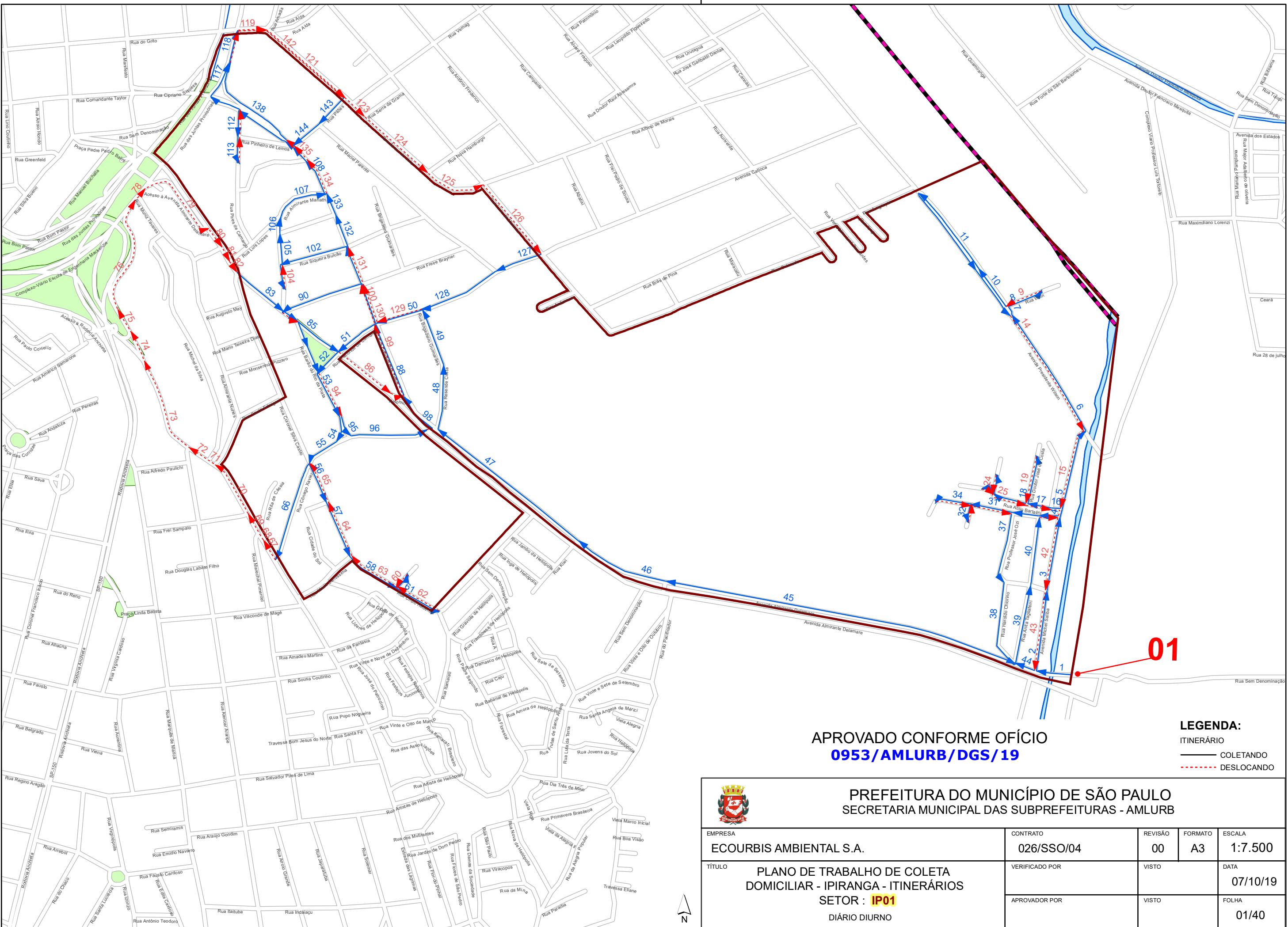
Data	Situação	Justificativa	Responsável
29/02/2020	Em tramitação	Pedido Registrado no Sistema	
20/03/2020	Prazo prorrogado	Boa tarde, Encaminhamos por meio deste, comunicado de prorrogação do prazo para resposta do Pedido nº 46042, registrado junto ao Portal da transparéncia E-Sic, consoante ao Decreto nº. 53.623/12, art. 19, devido a complexidade de levantamento de informações pela área	Kelli Cristina Minguini

técnica, os detentores da informação, para complemento da resposta. Atenciosamente, AMLURB

10/04/2020	Recurso de Ofício	Recurso de Ofício – pedido sem resposta
10/04/2020	2 ^a instância em tramitação	Recurso de Ofício – 2. Instância - automático
22/04/2020	2 ^a instância deferida	<p>Prezado(a) Município, Atendendo vossa solicitação e em cumprimento ao Decreto nº 53.623 de 12 de dezembro de 2012, que regulamenta a Lei Federal nº 12.527 de 18 de novembro de 2011, encaminhamos o presente com as respostas aos questionamentos, informados e validados pela área responsável: A Autoridade Municipal de Limpeza Urbana (Amlurb) informa que a região de héliópolis possui dois tipos de coleta domiciliar. Uma delas é realizada por uma equipe com três coletores, um motorista e caminhões compactadores. Essa equipe é dividida por cinco setores que coletam em média 62.600 kg de resíduos domiciliares. Quatro setores possuem frequência de coleta às segundas, quartas e sextas-feiras, no período diurno, enquanto um setor coleta de segunda à sábado, no período diurno. Já a outra coleta é realizada por 44 agentes ambientais que percorrem os locais que não possuem acesso aos veículos coletores. Os agentes equipados com um contêiner de duas rodas com capacidade de 240 litros de capacidade volumétrica fazem a coleta porta a porta e transportam esses resíduos até o local que dá acesso ao caminhão coletores. Em média, cerca de 10.500 kg de resíduos é coletado e encaminhado para o aterro Sanitário CTL. Seguem anexos os arquivos com as rotas de coleta na região.</p> <p>Atenciosamente, AMLURB</p>
03/05/2020	Finalizado	Finalizado

[Voltar](#)

Copyright | SAC



APROVADO CONFORME OFÍCIO
0953/AMLURB/DGS/19



EMPRESA
ECOURBIS AMBIENTAL S.A.

° PLANO DE TRABALHO DE COLETA
DOMICILIAR - IPIRANGA - ITINERÁRIOS
SETOR : **IP01**
DIÁRIO DIURNO

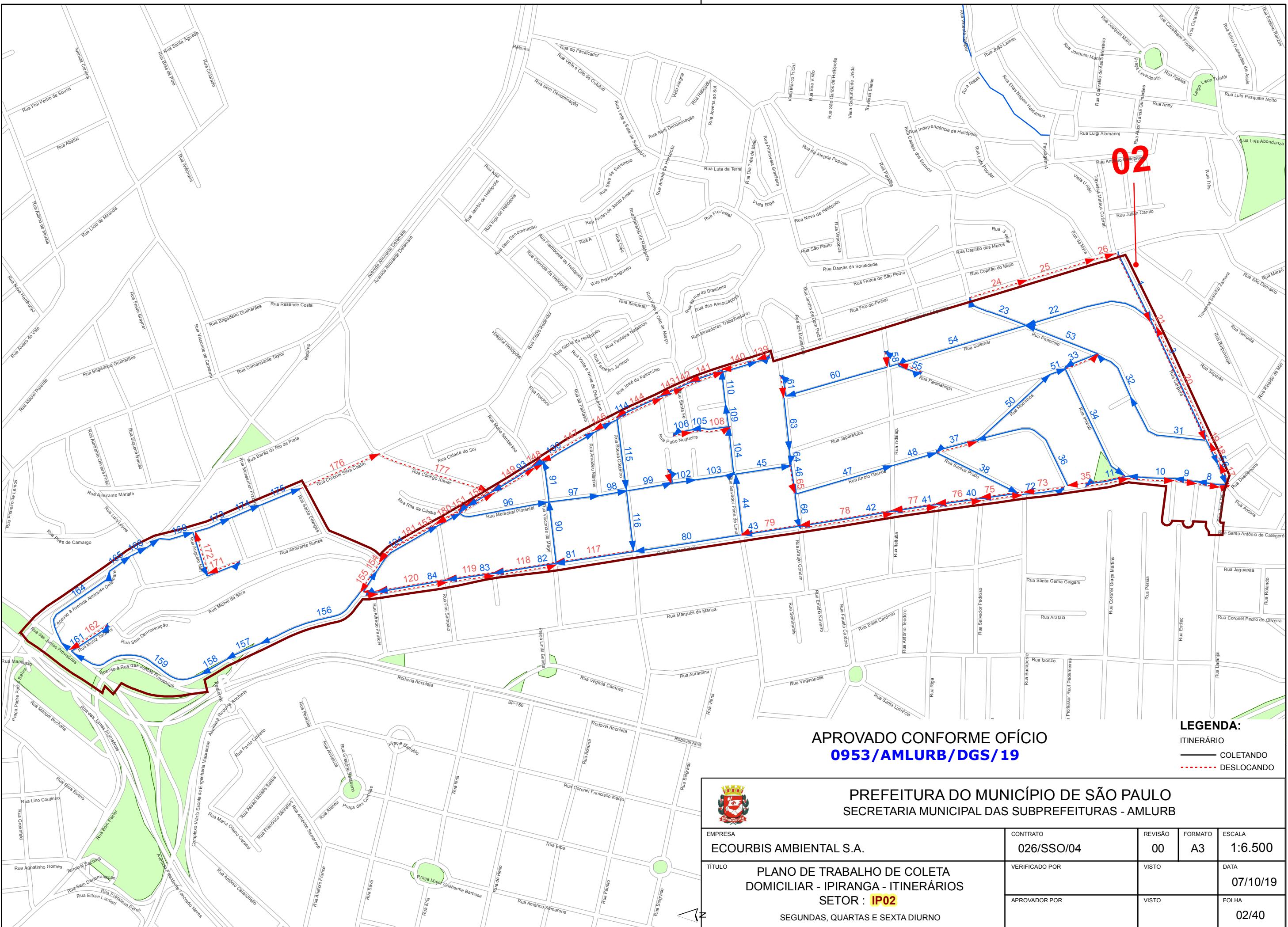
LEGENDA:

ITINERÁRIO

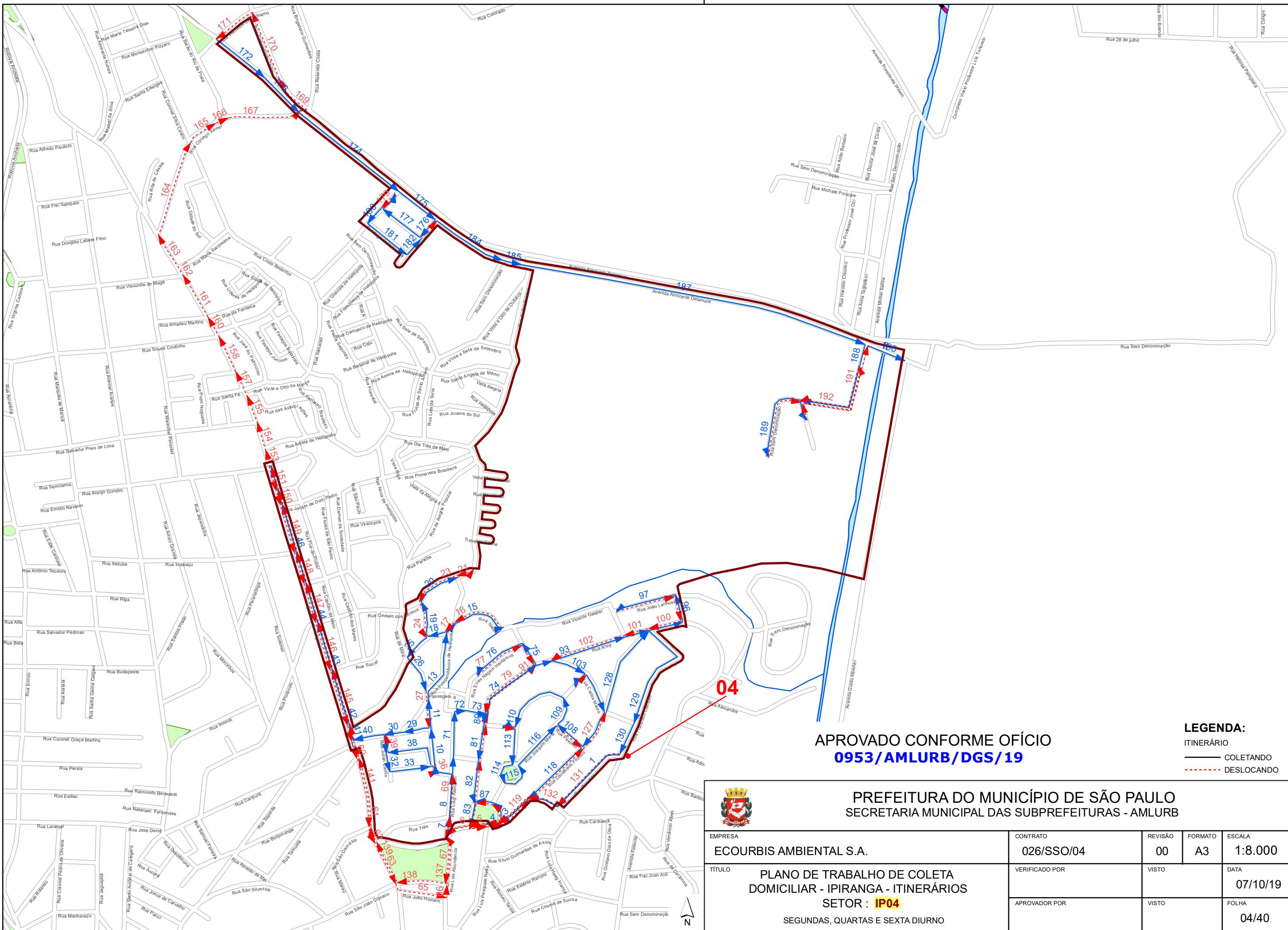
— COLETANDO

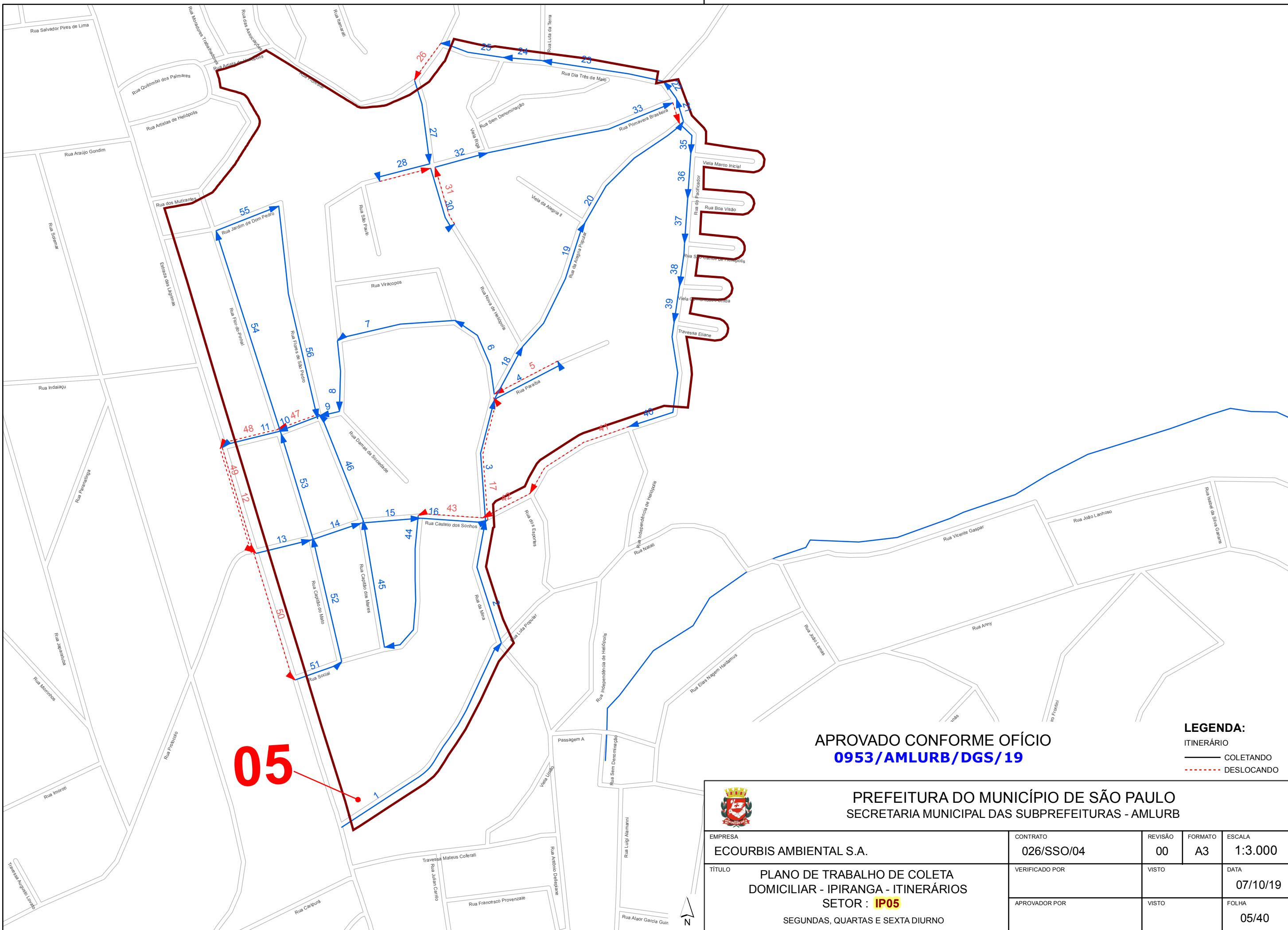
--- DESLOCANDO

EMPRESA ECOURBIS AMBIENTAL S.A.	CONTRATO 026/SSO/04	REVISÃO 00	FORMATO A3	ESCALA 1:7.500
TÍTULO PLANO DE TRABALHO DE COLETA DOMICILIAR - IPIRANGA - ITINERÁRIOS SETOR : IP01 DIÁRIO DIURNO	VERIFICADO POR	VISTO		DATA 07/10/19









**ANEXO C Prefeitura de São Paulo – Sistema Eletrônico de Informação ao
Cidadão (e-SIC). Protocolo 046056**

Sistema Eletrônico de Informação ao Cidadão - e-SIC

Menu

-
- [Início](#)
 - [Registrar Pedido](#)
 - [Consultar Pedido](#)
 - [Dados Cadastrais](#)
 - [Sair](#)

Pedido

Detalhes do pedido

Protocolo:	046056
Interessado:	Durval Maluf Filho
Data de abertura:	01/03/2020
Órgão:	AMLURB - Autoridade Municipal de Limpeza Urbana
Forma de recebimento da resposta:	E-mail
Descrição da solicitação:	SOLICITO ACESSO AOS DADOS DO SISSTEMA SISCOR DA PMSP, EM QUE SÃO REGISTRADOS OS DADOS DE COLETA DIÁRIA DE RESÍDUOS PELAS EMPRESAS CONTRATADAS PELA PREFEITURA.

Abertura de recurso 1^a instância

Abertura de recurso 2^a Instância

Data da solicitação:	11/04/2020
Tipo de recurso:	
Solicitação:	Recurso de Ofício – 2. Instância - automático

Resposta do recurso 2^a Instância

Data da Resposta:	15/04/2020
Resposta:	Prezado(a) Município, Atendendo vossa solicitação e em cumprimento ao Decreto nº 53.623 de 12 de dezembro de 2012, que regulamenta a Lei Federal nº 12.527 de 18 de

novembro de 2011, encaminhamos o presente com as respostas aos questionamentos, informados e validados pela área responsável: A Autoridade Municipal de Limpeza Urbana (Amlurb) informa os quantitativos solicitados em anexo. Atenciosamente, AMLURB

Abertura de recurso 3^a Instância

Data da solicitação:	15/04/2020
Tipo de recurso:	Informação incompleta
Solicitação:	<p>Por gentileza, quando envia a resposta, sempre fazem referência a outra informação que não forneceram, e isso parece não acabar nunca. Neste caso, colocaram algumas observações sobre os dados na planilha que não forneceram antes: 1) *RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6. FAVOR INFORMAR QUAIS SÃO OS SETORES 01 A 06 (SE FOR O CASO, ENVIAR O MAPA COM AS DELIMITAÇÕES) POIS A ESTA INFORMAÇÃO O MUNÍCIPÉ NÃO TEM ACESSO. 2)*RESÍDUOS PG E GG SAÚDE, PROVENIENTES DOS CIRCUITOS 43 E 69. O QUE SÃO RESÍDUOS PG E GG? QUAIS SÃO OS CIRCUITOS 43 E 69? SÃO ROTAS? SÃO LOCAIS? FAVOR INFORMAR, DEFINIR, E SE FOR O CASO ENVIAR MAPA. O MUNÍCIPÉ NECESSITA DAS INFORMAÇÕES DE FORMA TRANSPARENTE, SABENDO O QUE ELAS SIGNIFICAM, E NÃO ATRAVÉS DE CÓDIGOS OU SIFRAS QUE ELE NÃO CONSEGUE ENTENDER. POR FAVOR.</p>

Resposta do Recurso de 3^a Instância indeferido

Data da Resposta:	08/05/2020
Resposta:	<p>Prezado requerente, A Comissão Municipal de Acesso à Informação (CMAI), no exercício da competência prevista pelo art. 53, inciso IV, do Decreto 53.623/12, e em vista da 61^a Reunião, realizada no dia 30/04/2020, comunica a decisão referente ao pedido e-SIC nº 46056, registrado perante a AMLURB - Autoridade Municipal de Limpeza Urbana. Após a análise do presente caso, os membros da CMAI, por unanimidade, deliberaram pelo INDEFERIMENTO do recurso, uma vez que o pedido inicial foi atendido com o envio da planilha "46056_E-SIC_DOMICILIAR_SELETIVA_SAÚDE_2017_2019", tratando-se o recurso de inovação recursal. Assim, deve o requerente ingressar com novo pedido de acesso à informação sobre seus novos questionamentos de maneira clara e objetiva. A Ata da 61^a Reunião pode ser acessada no Portal da Transparéncia municipal por meio do botão de "Acesso à Informação", clicando no tópico lateral das "Atas e Pedidos de 3^a Instância", ou pelo link: http://transparencia.prefeitura.sp.gov.br/acesso-a-informacao/Documents/CMAI/61_Ata_CMAI_30_04_2020_SEI_6067.2020_0009789_7.pdf. Por fim, em caso de dúvidas, o requerente poderá entrar contato diretamente com a Secretaria Executiva da CMAI (COPI/CGM) pelo e-mail cmaicgm@prefeitura.sp.gov.br, ou pelo telefone (11) 3334-7140/7119, para agendar visita ao órgão a fim de esclarecer eventuais dúvidas. Atenciosamente, Secretaria Executiva da Comissão Municipal de Acesso à Informação Prefeitura Municipal de São Paulo.</p>

Anexos

Nome Arquivo	Dt. Upload
46056_E-SIC_DOMICILIAR_SELETIVA_SAÚDE_2017_2019.XLSX	15/04/2020 13:50:18 Visualizar

Situação

Situação: 3^a instância indeferida

Histórico

Data	Situação	Justificativa	Responsável
01/03/2020	Em tramitação	Pedido Registrado no Sistema	
20/03/2020	Prazo prorrogado	Boa tarde, Encaminhamos por meio deste, comunicado de prorrogação do prazo para resposta do Pedido nº 46056, registrado junto ao Portal da transparéncia E-Sic, consoante ao Decreto nº. 53.623/12, art. 19, devido a complexidade de levantamento de informações pela área técnica, os detentores da informação, para complemento da resposta. Atenciosamente, AMLURB	Kelli Cristina Minguini
11/04/2020	Recurso de Ofício	Recurso de Oficio – pedido sem resposta	
11/04/2020	2 ^a Instância em tramitação	Recurso de Oficio – 2. Instância - automático	
15/04/2020	2 ^a instância deferida	Prezado(a) Município, Atendendo vossa solicitação e em cumprimento ao Decreto nº 53.623 de 12 de dezembro de 2012, que regulamenta a Lei Federal nº 12.527 de 18 de novembro de 2011, encaminhamos o presente com as respostas aos questionamentos, informados e validados pela área responsável: A Autoridade Municipal de Limpeza Urbana (Amlurb) informa os quantitativos solicitados em anexo. Atenciosamente, AMLURB	Kelli Cristina Minguini
15/04/2020	3 ^a instância em tramitação	Por gentileza, quando envia a resposta, sempre fazem referência a outra informação que não forneceram, e isso parece não acabar nunca. Neste caso, colocaram algumas observações sobre os dados na planilha que não forneceram antes: 1) *RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6. FAVOR INFORMAR QUAIS SÃO OS SETORES 01 A 06 (SE FOR O CASO, ENVIAR O MAPA COM AS DELIMITAÇÕES) POIS A ESTA INFORMAÇÃO O MUNÍCIPÉ NÃO TEM ACESSO. 2)*RESÍDUOS PG E GG SAÚDE, PROVENIENTES DOS CIRCUITOS 43 E 69. O QUE SÃO RESÍDUOS PG E GG? QUAIS SÃO OS CIRCUITOS 43 E 69? SÃO ROTAS? SÃO LOCAIS? FAVOR INFORMAR, DEFINIR, E SE FOR O CASO ENVIAR MAPA. O MUNÍCIPÉ NECESSITA DAS INFORMAÇÕES DE FORMA TRANSPARENTE, SABENDO O QUE ELAS SIGNIFICAM, E NÃO ATRAVÉS DE CÓFIGOS OU SIFRAS QUE ELE NÃO CONSEGUE ENTENDER. POR FAVOR.	
08/05/2020	3 ^a instância indeferida	Prezado requerente, A Comissão Municipal de Acesso à Informação (CMAI), no exercício da competência prevista pelo art. 53, inciso IV, do Decreto 53.623/12, e em vista da 61 ^a Reunião, realizada no dia 30/04/2020, comunica a decisão referente ao pedido e-SIC nº 46056, registrado perante a AMLURB - Autoridade Municipal de Limpeza Urbana. Após a análise do presente caso, os membros da CMAI, por unanimidade, deliberaram pelo INDEFERIMENTO do recurso, uma vez que o pedido inicial foi atendido com o envio da planilha "46056_E-SIC_DOMICILIAR_SELETIVA_SAÚDE_2017_2019", tratando-se o recurso de inovação	Comissão Municipal de Acesso à Informação - CMAI

recursal. Assim, deve o requerente ingressar com novo pedido de acesso à informação sobre seus novos questionamentos de maneira clara e objetiva. A Ata da 61ª Reunião pode ser acessada no Portal da Transparéncia municipal por meio do botão de “Acesso à Informação”, clicando no tópico lateral das “Atas e Pedidos de 3ª Instância”, ou pelo link: http://transparencia.prefeitura.sp.gov.br/acesso-a-informacao/Documents/CMAI/61_Ata_CMAI_30_04_2020_SEI_6067.2020_0009789_7.pdf. Por fim, em caso de dúvidas, o requerente poderá entrar contato diretamente com a Secretaria Executiva da CMAI (COPI/CGM) pelo e-mail cmaicgm@prefeitura.sp.gov.br, ou pelo telefone (11) 3334-7140/7119, para agendar visita ao órgão a fim de esclarecer eventuais dúvidas. Atenciosamente, Secretaria Executiva da Comissão Municipal de Acesso à Informação | Prefeitura Municipal de São Paulo.

[Voltar](#)

Copyright | SAC

ANO	MÊS	COLETA DOMICILIAR (ton)	COLETA SELETIVA (ton)
2017	JAN	2.375	109
2017	FEV	2.137	81
2017	MAR	2.405	89
2017	ABR	2.056	80
2017	MAI	2.402	96
2017	JUN	2.249	84
2017	JUL	2.218	87
2017	AGO	2.211	94
2017	SET	1.996	84
2017	OUT	2.055	98
2017	NOV	2.015	94
2017	DEZ	2.213	97
SUBTOTAL		26.334	1.094
TOTAL		27.428	
2018	JAN	2.262	113
2018	FEV	1.941	80
2018	MAR	2.133	85
2018	ABR	2.057	82
2018	MAI	1.903	65
2018	JUN	1.872	82
2018	JUL	1.948	90
2018	AGO	1.980	80
2018	SET	1.876	75
2018	OUT	2.187	91
2018	NOV	2.063	82
2018	DEZ	2.308	101
SUBTOTAL		24.530	1.026
TOTAL		25.556	
2019	JAN	2.316	104
2019	FEV	2.246	89
2019	MAR	2.500	88
2019	ABR	2.492	95
2019	MAI	2.450	88
2019	JUN	2.125	78
2019	JUL	2.426	100
2019	AGO	2.228	84
2019	SET	2.357	92
2019	OUT	2.342	98
2019	NOV	2.354	88
2019	DEZ	2.592	123
SUBTOTAL		28.429	1.128
TOTAL		29.557	

TOTAL DE RSU (ton/ano)	
2017	27.428
2018	25.556
2019	29.557
MÉDIA ANUAL	27.513
MÉDIA MENSAL (ton/mês)	2.293
MÉDIA DIÁRIA (ton/dia)	75,38
HABITANTES	180.000
TAXA DE GERAÇÃO DIÁRIA (kg/capita/dia)	0,42

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	JANEIRO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2017	1		DOMINGO		0
	2	192	8	2	201
	3	32	8	3	43
	4	123	4	3	130
	5	29	4	4	37
	6	128	-	4	132
	7	29	-	4	33
	8		DOMINGO		0
	9	199	9	3	211
	10	33	8	5	45
	11	118	4	4	126
	12	27	4	4	35
	13	125	-	4	130
	14	21	-	4	25
	15		DOMINGO		0
	16	193	8	3	203
	17	48	8	6	61
	18	120	4	5	128
	19	24	4	4	32
	20	126	-	4	130
	21	23	-	4	27
	22		DOMINGO		0
	23	201	7	3	210
	24	34	7	4	46
	25	95	3	3	101
	26	39	4	3	46
	27	143	-	4	146
	28	35	-	4	39
	29		DOMINGO		0
	30	201	8	3	212
	31	36	8	4	48
TOTAL RESÍDUO		2.375	109	96	2.581

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	FEVEREIRO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2017	1	112	4	5	121
	2	33	4	4	40
	3	125	-	0,5	126
	4	34	-	8	42
	5		DOMINGO		0
	6	207	8	3	217
	7	34	7	4	45
	8	117	3	4	124
	9	33	3	4	41
	10	121	-	4	125
	11	34	-	4	38
	12		DOMINGO		0
	13	200	7	3	210
	14	40	7	4	51
	15	116	3	1	120
	16	35	3	3	41
	17	122	-	4	126
	18	31	-	3	35
	19		DOMINGO		0
	20	205	8	3	216
	21	22	7	4	33
	22	122	3	5	130
	23	23	3	4	30
	24	124	-	5	129
	25	35	-	3	38
	26		DOMINGO		0
	27	198	6	3	207
	28	13	5	2	20
	-	-	-	-	0
	-	-	-	-	0
	-	-	-	-	0
TOTAL RESÍDUO		2.137	81	86	2.304

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	MARÇO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2017	1	142	3	3	148
	2	14	6	3	24
	3	150	-	5	155
	4	13	-	4	17
	5	DOMINGO			0
	6	223	8	3	235
	7	14	7	5	26
	8	136	4	5	144
	9	15	3	3	22
	10	155	-	4	159
	11	31	-	4	35
	12	DOMINGO			0
	13	200	7	3	210
	14	13	6	4	24
	15	134	3	4	141
	16	9	3	3	15
	17	137	-	4	141
	18	13	-	4	16
	19	DOMINGO			0
	20	194	7	3	204
	21	14	6	4	24
	22	137	3	4	143
	23	13	3	4	20
	24	139	-	6	145
	25	14	-	5	18
	26	DOMINGO			0
	27	197	7	3	208
	28	22	6	4	32
	29	125	3	4	132
	30	13	3	5	21
	31	138	-	4	142
TOTAL RESÍDUO		2.405	89	107	2.601

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	ABRIL	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2017	1	12	-	3	15
	2	DOMINGO			0
	3	184	6	3	193
	4	24	7	4	36
	5		122		129
	6	25	3	4	33
	7	127	-	3	130
	8	23	-	4	27
	9	DOMINGO			0
	10	202	7	4	212
	11	32	7	4	43
	12		116		123
	13	25	3	4	32
	14	86	-	4	90
	15	49	-	3	52
	16	DOMINGO			0
	17	215	7	2	225
	18	24	8	5	37
	19		115		122
	20	26	4	4	34
	21	83	-	4	87
	22	47	-	3	50
	23	DOMINGO			0
	24	219	7	4	229
	25	32	7	4	43
	26		109		116
	27	25	3	5	33
	28	104	-	5	109
	29	30	-	2	32
	30	DOMINGO			0
	-	-	-	-	0
TOTAL RESÍDUO		2.056	80	95	2.231

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	MAIO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2017	1	138	4	3	145
	2	38	7	1	46
	3	147	3	-	150
	4	31	3	-	34
	5	117	-	4	121
	6	22	-	3	25
	7	DOMINGO			0
	8	196	8	3	208
	9	30	7	4	42
	10	122	3	5	129
	11	28	3	5	37
	12	126	-	5	131
	13	23	-	3	27
	14	DOMINGO			0
	15	193	7	3	203
	16	24	7	4	35
	17	123	3	4	130
	18	21	4	4	29
	19	120	-	4	124
	20	24	-	5	28
	21	DOMINGO			0
	22	204	8	4	215
	23	25	7	0,3	32
	24	113	3	3	119
	25	28	3	4	36
	26	134	-	5	139
	27	22	-	3	25
	28	DOMINGO			0
	29	214	7	3	225
	30	27	6	5	38
	31	110	3	4	117
TOTAL RESÍDUO		2.402	96	91	2.589

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	JUNHO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2017	1	32	4	5	40
	2	125	-	4	130
	3	27	-	4	31
	4	DOMINGO			0
	5	207	7	3	217
	6	15	6	5	27
	7	127	2	4	134
	8	25	4	4	33
	9	132	-	4	136
	10	28	-	4	32
	11	DOMINGO			0
	12	195	7	4	205
	13	24	7	4	35
	14	115	3	4	122
	15	16	2	3	21
	16	135	-	3	138
	17	23	-	3	27
	18	DOMINGO			0
	19	210	7	4	221
	20	27	8	4	39
	21	104	3	4	111
	22	31	3	4	39
	23	133	-	5	138
	24	24	-	4	28
	25	DOMINGO			0
	26	197	7	4	208
	27	21	7	4	32
	28	122	3	4	129
	29	22	3	5	30
	30	131	-	5	136
	-	-	-	-	0
TOTAL RESÍDUO		2.249	84	104	2.438

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	JULHO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2017	1	25	-	4	29
	2		DOMINGO		0
	3	189	6	3	198
	4	11	6	3	20
	5	118	3	4	124
	6	21	3	4	29
	7	121	-	5	126
	8	21	-	3	24
	9		DOMINGO		0
	10	194	7	4	205
	11	21	7	5	33
	12	119	3	4	126
	13	18	4	4	26
	14	119	-	4	123
	15	23	-	4	27
	16		DOMINGO		0
	17	199	8	4	210
	18	22	6	5	33
	19	111	3	4	118
	20	24	3	4	30
	21	127	-	4	130
	22	23	-	4	27
	23		DOMINGO		0
	24	191	7	3	202
	25	22	7	4	33
	26	130	3	4	137
	27	25	4	4	33
	28	123	-	4	127
	29	26	-	4	30
	30		DOMINGO		0
	31	195	8	3	205
TOTAL RESÍDUO		2.218	87	100	2.405

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	AGOSTO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2017	1	23	7	4	33
	2	116	3	5	124
	3	26	3	6	35
	4	126	-	5	131
	5	22	-	4	26
	6	DOMINGO		-	0
	7	192	7	-	199
	8	24	6	3	33
	9	123	3	5	130
	10	20	3	4	27
	11	119	-	4	123
	12	28	-	4	31
	13	DOMINGO		-	0
	14	195	8	3	206
	15	24	6	4	35
	16	106	3	5	115
	17	21	3	4	28
	18	126	-	5	130
	19	28	-	4	32
	20	DOMINGO		-	0
	21	186	8	4	197
	22	26	6	4	36
	23	126	3	3	132
	24	23	3	4	31
	25	135	-	4	139
	26	23	-	4	27
	27	DOMINGO		-	0
	28	210	9	3	221
	29	23	6	4	34
	30	117	3	4	124
	31	24	4	4	32
TOTAL RESÍDUO		2.211	94	105	2.410

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	SETEMBRO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2017	1	126	-	7	132
	2	22	-	-	22
	3		DOMINGO		0
	4	173	8	4	185
	5	27	7	4	38
	6	104	3	4	111
	7	16	2	3	21
	8	111	-	3	114
	9	29	-	3	32
	10		DOMINGO		0
	11	177	8	4	189
	12	35	8	4	46
	13	102	3	5	110
	14	34	3	4	42
	15	102	-	5	106
	16	34	-	4	38
	17		DOMINGO		0
	18	166	8	3	178
	19	28	6	4	38
	20	90	3	5	98
	21	32	3	4	39
	22	107	-	5	112
	23	27	-	3	30
	24		DOMINGO		0
	25	163	8	3	174
	26	34	6	4	45
	27	94	3	5	102
	28	30	3	4	37
	29	107	-	5	112
	30	25	-	3	28
	-	-	-	-	0
TOTAL RESÍDUO		1.996	84	99	2.179

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	OUTUBRO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2017	1		DOMINGO		0
	2	183	8	3	194
	3	29	7	4	40
	4	94	3	4	101
	5	30	3	4	37
	6	107	-	4	111
	7	26	-	4	30
	8		DOMINGO		0
	9	170	8	4	183
	10	35	7	4	46
	11	103	3	4	111
	12	17	1	3	22
	13	117	-	3	121
	14	29	-	3	32
	15		DOMINGO		0
	16	172	8	2	182
	17	30	8	4	41
	18	99	3	4	106
	19	29	4	4	37
	20	101	-	4	106
	21	28	-	4	32
	22		DOMINGO		0
	23	164	8	3	175
	24	29	6	-	35
	25	97	3	4	104
	26	33	3	4	40
	27	103	-	5	107
	28	26	-	4	30
	29		DOMINGO		0
	30	173	8	3	183
	31	29	7	5	40
TOTAL RESÍDUO		2.055	98	96	2.249

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	NOVEMBRO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2017	1	95	4	4	104
	2	15	2	3	20
	3	103	-	5	108
	4	31	-	3	34
	5	DOMINGO			0
	6	181	8	4	193
	7	30	8	4	42
	8	96	3	5	104
	9	29	3	4	37
	10	107	-	4	112
	11	28	-	1	29
	12	DOMINGO			0
	13	169	8	6	183
	14	31	7	4	42
	15	57	2	3	62
	16	52	4	4	59
	17	127	-	5	131
	18	30	-	3	33
	19	DOMINGO			0
	20	128	6	3	137
	21	53	7	4	64
	22	133	4	4	141
	23	32	3	5	40
	24	105	-	3	108
	25	31	-	3	34
	26	DOMINGO			0
	27	183	9	4	195
	28	36	7	4	47
	29	100	3	4	107
	30	33	4	4	41
	-	-	-	-	0
TOTAL RESÍDUO		2.015	94	98	2.208

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	DEZEMBRO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2017	1	109	-	5	114
	2	26	-	4	30
	3		DOMINGO		0
	4	187	8	3	199
	5	30	7	4	41
	6	106	3	4	114
	7	33	4	4	41
	8	117	-	4	121
	9	30	-	4	33
	10		DOMINGO		0
	11	188	9	3	201
	12	32	7	4	43
	13	113	4	3	119
	14	29	4	5	38
	15	119	-	4	123
	16	28	-	4	32
	17		DOMINGO		0
	18	195	10	3	209
	19	42	8	4	54
	20	119	4	4	127
	21	31	5	4	39
	22	120	-	4	124
	23	32	1	3	37
	24		DOMINGO		0
	25	80	4	2	86
	26	82	9	2	93
	27	182	4	3	188
	28	34	5	3	42
	29	116	-	5	121
	30	34	1	3	38
	31		DOMINGO		0
TOTAL RESÍDUO		2.213	97	96	2.406

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	JANEIRO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2018	1	67	3	2	72
	2	67	8	2	77
	3	176	3	4	184
	4	32	5	4	40
	5	108	-	4	112
	6	31	-	3	34
	7		DOMINGO		0
	8	172	12	3	187
	9	32	7	4	43
	10	105	4	4	113
	11	34	4	4	42
	12	101	-	5	106
	13	40	-	3	43
	14		DOMINGO		0
	15	176	9	3	188
	16	33	7	4	45
	17	86	4	4	94
	18	50	4	4	58
	19	113	-	5	118
	20	30	-	3	33
	21		DOMINGO		0
	22	182	10	4	196
	23	32	8	4	44
	24	103	4	5	112
	25	21	2	3	26
	26	125	-	3	128
	27	31	-	3	34
	28		DOMINGO		0
	29	179	9	3	191
	30	33	7	5	44
	31	104	3	4	111
	TOTAL RESÍDUO	2.262	113	100	2.476

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	FEVEREIRO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2018	1	36	4	4	44
	2	111	-	5	115
	3	31	-	3	34
	4		DOMINGO		0
	5	174	6	3	182
	6	34	7	5	46
	7	97	3	4	104
	8	29	4	4	36
	9	132	-	4	136
	10	34	-	4	38
	11		DOMINGO		0
	12	168	6	2	176
	13	28	4	3	35
	14	111	3	2	116
	15	33	6	2	41
	16	113	-	4	117
	17	28	-	3	31
	18		DOMINGO		0
	19	179	8	3	190
	20	29	7	5	41
	21	102	3	4	109
	22	31	3	5	39
	23	105	-	4	110
	24	29	-	3	32
	25		DOMINGO		0
	26	181	7	3	192
	27	27	6	4	37
	28	101	3	4	108
	-	-	-	-	0
	-	-	-	-	0
	-	-	-	-	0
	TOTAL	1.941	80	87	2.108

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	MARÇO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2018	1	32	4	4	39
	2	112	-	5	117
	3	29	-	3	32
	4	DOMINGO			0
	5	194	8	3	205
	6	38	7	5	49
	7	103	3	4	109
	8	34	3	4	41
	9	110	-	5	114
	10	23	-	3	26
	11	DOMINGO			0
	12	187	8	3	198
	13	33	6	5	44
	14	100	3	4	106
	15	35	3	4	42
	16	118	-	5	122
	17	26	-	3	29
	18	DOMINGO			0
	19	181	8	4	192
	20	32	6	5	43
	21	99	3	4	106
	22	36	4	4	43
	23	113	-	5	118
	24	36	-	3	39
	25	DOMINGO			0
	26	173	8	3	184
	27	32	6	5	43
	28	102	3	5	110
	29	46	3	4	52
	30	70	-	4	74
	31	44	-	3	46
TOTAL RESÍDUO		2.133	85	106	2.324

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	ABRIL	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2018	1		DOMINGO		0
	2	197	8	3	208
	3	31	7	4	41
	4	97	3	7	107
	5	33	3	4	40
	6	111	-	5	116
	7	29	-	3	31
	8		DOMINGO		0
	9	174	7	4	185
	10	32	6	4	42
	11	98	3	3	104
	12	40	3	3	45
	13	104	-	5	108
	14	29	-	4	32
	15		DOMINGO		0
	16	171	7	4	182
	17	36	6	4	47
	18	91	3	4	98
	19	31	3	4	38
	20	103	-	4	107
	21	22	-	4	26
	22		DOMINGO		0
	23	167	7	3	178
	24	40	6	4	50
	25	90	3	4	97
	26	21	3	4	27
	27	120	-	5	125
	28	35	-	3	38
	29		DOMINGO		0
	30	156	5	4	165
	-	-	-	-	0
TOTAL RESÍDUO		2.057	82	97	2.236

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	MAIO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2018	1	15	3	3	22
	2	121	3	3	127
	3	30	6	4	40
	4	103	-	4	108
	5	29	-	3	32
	6	DOMINGO			0
	7	177	8	4	189
	8	27	6	4	37
	9	90	3	4	96
	10	30	3	4	37
	11	106	-	4	109
	12	26	-	4	30
	13	DOMINGO			0
	14	156	7	3	165
	15	32	5	4	41
	16	106	3	4	113
	17	27	3	4	34
	18	104	-	4	108
	19	26	-	3	30
	20	DOMINGO			0
	21	155	7	4	166
	22	30	6	4	40
	23	90	3	4	97
	24	29	-	5	34
	25	88	-	4	92
	26	24	-	3	27
	27	DOMINGO			0
	28	150	-	3	152
	29	31	-	4	35
	30	87	-	4	90
	31	16	-	3	19
TOTAL RESÍDUO		1.903	65	102	2.069

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	JUNHO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2018	1	103	-	3	106
	2	25	-	3	28
	3		DOMINGO		0
	4	164	11	3	178
	5	25	9	4	38
	6	80	3	4	87
	7	28	3	4	35
	8	100	-	4	105
	9	27	-	3	30
	10		DOMINGO		0
	11	168	7	3	178
	12	30	6	4	40
	13	94	3	5	101
	14	27	3	-	30
	15	96	-	4	99
	16	26	-	4	29
	17		DOMINGO		0
	18	162	7	3	172
	19	30	6	4	40
	20	92	3	4	99
	21	30	3	4	37
	22	85	-	4	88
	23	31	-	4	34
	24		DOMINGO		0
	25	170	8	3	181
	26	28	6	5	38
	27	84	3	4	91
	28	37	3	4	44
	29	107	-	4	112
	30	23	-	4	26
	-	-	-	-	0
TOTAL RESÍDUO		1.872	82	93	2.047

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCOSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	JULHO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2018	1		DOMINGO		0
	2	154	7	3	165
	3	36	6	3	45
	4	90	3	4	97
	5	28	3	4	35
	6	95	-	4	99
	7	34	-	3	38
	8		DOMINGO		0
	9	134	6	2	142
	10	55	6	3	64
	11	91	3	3	97
	12	28	3	4	36
	13	102	-	4	107
	14	27	-	3	30
	15		DOMINGO		0
	16	160	8	3	171
	17	33	6	4	43
	18	89	3	4	95
	19	30	3	7	40
	20	97	-	4	101
	21	31	-	4	35
	22		DOMINGO		0
	23	166	7	3	177
	24	30	5	4	40
	25	87	3	4	94
	26	31	3	4	38
	27	100	-	4	104
	28	28	-	4	32
	29		DOMINGO		0
	30	163	8	3	174
	31	28	6	4	38
TOTAL RESÍDUO		1.948	90	100	2.138

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	AGOSTO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2018	1	83	3	4	90
	2	27	4	4	34
	3	99	-	5	103
	4	30	-	3	33
	5	DOMINGO			0
	6	172	7	3	182
	7	24	6	4	34
	8	87	3	4	93
	9	29	3	4	37
	10	108	-	4	112
	11	25	-	3	28
	12	DOMINGO			0
	13	156	7	3	166
	14	32	7	4	42
	15	96	3	4	103
	16	26	3	4	33
	17	98	-	3	100
	18	29	-	3	31
	19	DOMINGO			0
	20	163	7	3	174
	21	27	6	4	36
	22	94	3	4	100
	23	38	3	4	45
	24	103	-	5	108
	25	21	-	4	25
	26	DOMINGO			0
	27	167	6	5	179
	28	26	6	5	36
	29	96	3	4	103
	30	24	4	4	32
	31	103	-	5	108
TOTAL RESÍDUO		1.980	80	107	2.167

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	SETEMBRO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2018	1	33	-	3	36
	2		DOMINGO		0
	3	168	8	3	179
	4	28	5	5	38
	5	83	2	4	90
	6	29	3	4	36
	7	59	-	3	62
	8	45	-	2	47
	9		DOMINGO		0
	10	202	7	4	213
	11	23	6	5	33
	12	94	2	4	100
	13	33	3	4	40
	14	102	-	4	106
	15	29	-	3	32
	16		DOMINGO		0
	17	170	7	3	180
	18	23	6	5	33
	19	108	3	4	115
	20	27	3	4	33
	21	112	-	4	116
	22	34	-	3	37
	23		DOMINGO		0
	24	182	7	4	193
	25	27	7	4	39
	26	101	3	4	107
	27	29	3	4	36
	28	101	-	4	105
	29	35	-	4	38
	30		DOMINGO		0
	-	-	-	-	0
TOTAL RESÍDUO		1.876	75	96	2.047

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	OUTUBRO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2018	1	179	8	4	191
	2	26	6	3	35
	3	104	3	5	111
	4	45	3	4	52
	5	106	-	5	111
	6	31	-	4	34
	7	DOMINGO			0
	8	154	7	3	165
	9	35	6	5	45
	10	96	3	4	103
	11	26	3	4	33
	12	64	-	4	68
	13	52	-	3	55
	14	DOMINGO			0
	15	187	7	3	197
	16	40	6	5	51
	17	108	3	4	115
	18	27	3	4	34
	19	118	-	4	122
	20	24	-	4	28
	21	DOMINGO			0
	22	177	7	3	188
	23	29	6	4	39
	24	92	3	4	99
	25	24	3	4	32
	26	117	-	5	122
	27	30	-	4	34
	28	DOMINGO			0
	29	169	7	3	179
	30	27	5	4	37
	31	97	3	4	103
TOTAL RESÍDUO		2.187	91	105	2.383

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	NOVEMBRO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2018	1	25	3	4	32
	2	67	-	4	71
	3	56	-	3	58
	4	DOMINGO			0
	5	188	9	3	200
	6	25	6	5	36
	7	101	3	4	107
	8	27	3	4	34
	9	106	-	4	110
	10	33	-	4	37
	11	DOMINGO			0
	12	179	7	3	189
	13	25	6	4	35
	14	109	3	4	115
	15	16	2	3	21
	16	116	-	3	119
	17	39	-	3	41
	18	DOMINGO			0
	19	178	7	3	188
	20	16	4	3	23
	21	115	3	3	122
	22	26	5	4	35
	23	115	-	5	119
	24	37	-	3	39
	25	DOMINGO			0
	26	181	9	3	194
	27	26	6	4	37
	28	105	3	4	112
	29	37	3	4	44
	30	115	-	4	119
	-	-	-		0
TOTAL RESÍDUO		2.063	82	93	2.237

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	DEZEMBRO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2018	1	31	-	3	34
	2		DOMINGO		0
	3	193	8	3	204
	4	42	6	4	51
	5	106	3	4	114
	6	33	3	4	40
	7	121	-	4	125
	8	30	-	3	33
	9		DOMINGO		0
	10	191	8	3	202
	11	28	7	4	39
	12	109	3	4	117
	13	33	4	4	41
	14	130	-	4	134
	15	26	-	3	29
	16		DOMINGO		0
	17	203	10	3	216
	18	26	7	-	33
	19	115	3	4	122
	20	38	5	4	47
	21	128	-	3	131
	22	29	-	4	33
	23		DOMINGO		0
	24	203	10	3	216
	25	19	2	2	23
	26	120	0	2	122
	27	42	13	3	58
	28	122	-	3	126
	29	30	-	2	33
	30		DOMINGO		0
	31	159	8	-	167
TOTAL RESÍDUO		2.308	101	81	2.490

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	JANEIRO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2019	1	15	2	2	19
	2	115	4	2	120
	3	39	7	3	49
	4	110	-	3	113
	5	42	-	3	45
	6	DOMINGO			0
	7	188	12	2	202
	8	34	7	4	45
	9	110	4	4	118
	10	34	4	4	41
	11	120	-	4	124
	12	22	-	3	25
	13	DOMINGO			0
	14	197	9	3	209
	15	25	7	4	36
	16	129	4	4	136
	17	22	3	2	28
	18	150	-	4	154
	19	22	-	3	25
	20	DOMINGO			0
	21	217	9	3	228
	22	20	6	4	31
	23	131	3	4	138
	24	32	4	4	39
	25	107	-	3	110
	26	34	-	3	37
	27	DOMINGO			0
	28	223	8	3	234
	29	27	6	4	38
	30	126	1	4	132
	31	26	4	3	33
TOTAL RESÍDUO		2.316	104	88	2.508

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	FEVEREIRO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
	1	131	-	5	136
	2	24	-	3	27
	3		DOMINGO		0
	4	234	9	3	246
	5	22	7	4	32
	6	122	3	-	125
	7	21	3	4	29
	8	135	-	4	140
	9	23	-	7	30
	10		DOMINGO		0
	11	216	8	3	227
	12	25	7	4	35
	13	130	4	4	138
	14	24	3	4	31
	15	136	-	4	141
	16	31	-	3	34
	17		DOMINGO		0
	18	219	9	3	232
	19	22	6	4	32
	20	137	3	4	144
	21	27	3	4	35
	22	134	-	4	138
	23	34	-	4	38
	24		DOMINGO		0
	25	224	8	3	235
	26	21	6	4	31
	27	126	3	4	134
	28	28	5	4	37
	-	-	-	-	0
	-	-	-	-	0
	-	-	-	-	0
	TOTAL	2.246	89	90	2.425

2019

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	MARÇO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2019	1	133	-	4	137
	2	25	-	3	28
	3		DOMINGO		0
	4	202	6	3	211
	5	24	4	3	31
	6	153	3	2	159
	7	27	6	3	36
	8	156	-	4	161
	9	25	-	6	30
	10		DOMINGO		0
	11	237	10	3	251
	12	31	9	4	44
	13	140	4	4	148
	14	27	4	3	35
	15	160	-	5	165
	16	31	-	3	35
	17		DOMINGO		0
	18	230	8	3	241
	19	26	7	5	38
	20	135	3	4	142
	21	27	3	4	34
	22	128	-	5	133
	23	24	-	3	27
	24		DOMINGO		0
	25	224	8	3	235
	26	26	7	4	37
	27	124	3	4	131
	28	23	3	4	30
	29	136	-	4	140
	30	24	-	3	28
	31		DOMINGO		0
TOTAL RESÍDUO		2.500	88	97	2.684

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	ABRIL	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2019	1	212	7	3	222
	2	34	6	3	44
	3	131	3	5	138
	4	23	4	3	29
	5	129	-	4	133
	6	31	-	3	35
	7	DOMINGO			0
	8	228	8	3	239
	9	25	6	4	35
	10	135	3	4	142
	11	24	3	4	31
	12	142	-	4	146
	13	21	-	3	25
	14	DOMINGO			0
	15	220	7	3	230
	16	24	7	4	36
	17	135	3	4	142
	18	24	4	4	32
	19	94	-	3	97
	20	36	-	2	39
	21	DOMINGO			0
	22	247	7	3	256
	23	29	7	5	41
	24	126	3	4	133
	25	26	3	4	33
	26	133	-	4	138
	27	25	-	3	28
	28	DOMINGO			0
	29	212	8	3	223
	30	26	6	4	37
	-	-	-	-	0
TOTAL RESÍDUO		2.492	95	95	2.683

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	MAIO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2019	1	79	2	3	84
	2	46	4	4	53
	3	172	-	4	175
	4	22	-	4	26
	5	DOMINGO			0
	6	212	8	3	224
	7	24	7	4	35
	8	127	3	4	134
	9	23	3	4	30
	10	147	-	4	151
	11	22	-	3	26
	12	DOMINGO			0
	13	208	8	3	218
	14	26	6	4	36
	15	128	3	2	132
	16	25	4	4	33
	17	125	-	4	129
	18	24	-	3	27
	19	DOMINGO			0
	20	200	8	3	211
	21	25	6	4	35
	22	128	3	4	134
	23	26	3	4	33
	24	132	-	4	136
	25	23	-	3	26
	26	DOMINGO			0
	27	194	8	3	205
	28	24	6	4	34
	29	128	3	4	135
	30	25	3	4	32
	31	138	-	4	142
TOTAL RESÍDUO		2.450	88	99	2.637

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	JUNHO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
1	23	-	3	26	
2		DOMINGO			0
3	205	8	4	216	
4	26	6	3	36	
5	120	2	5	128	
6	25	3	4	32	
7	127	-	4	131	
8	23	-	3	27	
9		DOMINGO			0
10	194	7	4	205	
11	25	6	4	35	
12	121	3	4	128	
13	24	3	4	30	
14	146	-	4	150	
15	23	-	3	26	
16		DOMINGO			0
17	201	8	5	214	
18	23	6	4	33	
19	120	3	4	127	
20	15	2	3	20	
21	135	-	3	138	
22	24	-	3	26	
23		DOMINGO			0
24	212	7	3	222	
25	20	8	3	32	
26	119	3	4	126	
27	23	3	4	31	
28	128	-	5	132	
29	25	-	4	29	
30		DOMINGO			0
-	-	-	-	-	0
TOTAL RESÍDUO	2.125	78	95	2.299	

2019

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	JULHO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2019	1	210	9	3	222
	2	29	7	4	40
	3	121	3	4	128
	4	26	3	4	33
	5	119	-	5	124
	6	27	-	3	30
	7	DOMINGO			0
	8	183	6	3	192
	9	11	4	3	18
	10	137	3	3	144
	11	27	5	6	38
	12	126	-	5	131
	13	25	-	3	28
	14	DOMINGO			0
	15	207	9	4	219
	16	21	7	4	32
	17	107	3	4	114
	18	26	3	4	33
	19	134	-	5	138
	20	25	-	4	28
	21	DOMINGO			0
	22	192	7	3	203
	23	23	6	5	34
	24	129	3	4	136
	25	27	4	4	35
	26	125	-	4	129
	27	25	-	4	29
	28	DOMINGO			0
	29	198	8	4	210
	30	24	7	4	35
	31	121	3	4	128
TOTAL RESÍDUO		2.426	100	105	2.631

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	AGOSTO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2019	1	27	3	4	34
	2	133	-	4	137
	3	25	-	4	29
	4		DOMINGO		0
	5	186	7	3	195
	6	23	7	4	34
	7	118	3	4	124
	8	24	3	4	31
	9	118	-	5	123
	10	24	-	3	28
	11		DOMINGO		0
	12	209	8	3	220
	13	25	7	5	36
	14	109	3	4	116
	15	27	3	4	34
	16	127	-	5	131
	17	25	-	3	28
	18		DOMINGO		0
	19	204	8	4	216
	20	21	6	5	32
	21	114	3	4	121
	22	24	3	4	31
	23	125	-	5	130
	24	22	-	3	25
	25		DOMINGO		0
	26	199	7	3	210
	27	20	7	5	31
	28	121	3	4	128
	29	22	3	4	29
	30	132	-	5	137
	31	24		3	27
TOTAL RESÍDUO		2.228	84	106	2.418

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	SETEMBRO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2019	1		DOMINGO		0
	2	209	8	3	221
	3	23	6	4	33
	4	121	3	5	129
	5	24	3	4	31
	6	125	-	5	130
	7	17	-	3	20
	8		DOMINGO		0
	9	232	9	3	244
	10	20	6	4	31
	11	126	3	4	133
	12	25	3	4	32
	13	150	-	4	154
	14	22	-	3	25
	15		DOMINGO		0
	16	211	8	3	223
	17	25	7	5	36
	18	127	3	3	133
	19	29	4	3	36
	20	135	-	4	140
	21	23	-	3	27
	22		DOMINGO		0
	23	196	8	3	207
	24	19	6	4	30
	25	119	3	4	125
	26	23	3	4	31
	27	130	-	5	134
	28	29	-	4	32
	29		DOMINGO		0
	30	197	8	3	208
	-	-	-	-	0
TOTAL RESÍDUO		2.357	92	97	2.546

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	OUTUBRO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2019	1	20	6	5	30
	2	127	3	3	132
	3	23	4	4	31
	4	138	-	4	143
	5	24	-	3	27
	6	DOMINGO			0
	7	217	9	4	230
	8	19	7	4	30
	9	119	3	4	126
	10	20	3	4	27
	11	144	-	4	148
	12	12	-	3	16
	13	DOMINGO			0
	14	213	8	3	224
	15	21	7	4	32
	16	127	3	3	133
	17	29	4	4	36
	18	134	-	4	139
	19	22	-	3	25
	20	DOMINGO			0
	21	208	8	3	220
	22	23	6	4	33
	23	129	3	-	132
	24	18	3	-	21
	25	140	-	4	145
	26	26	-	3	29
	27	DOMINGO			0
	28	209	8	3	220
	29	18	7	4	28
	30	139	3	4	146
	31	24	4	3	31
TOTAL RESÍDUO		2.342	98	93	2.533

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	NOVEMBRO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2019	1	139	-	4	144
	2	10	-	3	13
	3		DOMINGO		0
	4	226	9	3	238
	5	20	7	4	31
	6	134	3	4	141
	7	21	4	4	29
	8	140	-	4	145
	9	21	-	3	24
	10		DOMINGO		0
	11	213	8	3	224
	12	20	6	4	30
	13	132	3	4	139
	14	22	4	4	30
	15	92	-	3	96
	16	39	-	2	42
	17		DOMINGO		0
	18	249	8	4	262
	19	18	7	4	28
	20	82	3	3	87
	21	35	4	3	43
	22	182	-	4	186
	23	17	-	3	20
	24		DOMINGO		0
	25	208	9	3	220
	26	19	7	4	30
	27	140	3	4	147
	28	19	3	4	27
	29	136	-	4	140
	30	19	-	3	23
	-	-	-	-	0
TOTAL RESÍDUO		2.354	88	97	2.539

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

FONTE: SISCOR

*QUANTITATIVOS EM TONELADAS, DESCONSIDERADOS AQUELES COM STATUS CANCELADO.

*DADOS PROVENIENTES DA EMPRESA ECOURBIS, REGIÃO SUB-IPIRANGA.

ANO	DEZEMBRO	DOMICILIAR	SELETIVO	SAÚDE	TOTAL DIÁRIO
2019	1		DOMINGO		0
	2	222	9	5	236
	3	27	7	4	38
	4	126	3	4	133
	5	20	4	4	28
	6	141	-	4	145
	7	19	-	3	22
	8		DOMINGO		0
	9	223	10	5	237
	10	22	8	4	33
	11	134	3	4	141
	12	21	4	4	29
	13	162	-	4	166
	14	38	-	4	41
	15		DOMINGO		0
	16	231	11	3	244
	17	23	8	4	35
	18	143	4	4	150
	19	26	5	4	35
	20	156	-	4	160
	21	30	-	3	33
	22		DOMINGO		0
	23	227	13	3	243
	24	34	8	3	45
	25	42	2	2	45
	26	80	7	2	89
	27	189	-	3	192
	28	26	-	2	28
	29		DOMINGO		0
	30	214	10	3	228
	31	20	8	2	30
TOTAL RESÍDUO		2.592	123	90	2.805

*RESÍDUOS DOMICILIARES/SELETIVOS, PROVENIENTES DOS SETORES 1 AO 6.

ANEXO D – Cálculo de emissões atmosféricas no processo de coleta e destinação de RSU – Região de Heliópolis

VEÍCULO	CONSUMO MÉDIO (l/km)	DISTÂNCIA MÉDIA PERCORRIDA POR VIAGEM (km)	MASSA COLETADA POR DIA (ton)	QTD. DE VIAGENS POR DIA	VOLUME DE DIESEL CONSUMIDO POR DIA (l)	EMISSÃO DE CO2 POR LITRO DE DIESEL (kg/l) (1)	EMISSÃO DE CO2 ANUAL (ton)
Caminhões Médios: Veículo de coleta com sistema compactador.	7	0,18	25	75	10,71	48,21	2,671
Caminhões Pesados: Carreta carroceria aberta.	35	0,32	105	75	2,14	72,00	2,671
							TOTAL -> 117.199

(1) FONTE: CETESB, Emissões veiculares no estado de São Paulo em 2012, Anexo V. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/emissao_veicular